



**Bioprospección preliminar del potencial bioactivo de plantas presentes en la región de  
Urabá, de importancia para las comunidades asentadas, producto de saberes ancestrales**

Yasser Smith Torres Guzmán

Tesis de grado para optar al título de ingeniero bioquímico

Asesor

Mauricio Jose Sierra Bautista, Msc. I. A

Universidad de Antioquia

Facultad de ingeniería

Ingeniería bioquímica UdeA

Carepa

2024

<b>Cita</b>	(Torres Guzman, 2024)
<b>Referencia</b>	Torres Guzman, Y. S. (2024). <i>Bioprospección preliminar del potencial bioactivo de plantas presentes en la región de Urabá, de importancia para las comunidades asentadas, producto de saberes ancestrales</i> [Tesis].
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	Universidad de Antioquia, Carepa.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Julio César Saldarriaga Molina.

**Jefe departamento:** Farlán Taborda Agudelo.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mi familia, quienes han sido la base de mi fortaleza y perseverancia, por celebrar cada uno de mis logros como si fueran propios, en especial, a mis padres que con su amor y dedicación me inculcaron los valores de la educación y el esfuerzo, por sus sabias palabras y enseñanzas, que han dejado una huella imborrable en mi vida. Su experiencia y consejos me han guiado a lo largo de estos años, enseñándome la importancia de la humildad, la gratitud y el trabajo duro. Su legado vive en mí y en todo lo que hago.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fortaleza y la sabiduría necesaria para completar esta etapa de mi vida. Agradezco a mi familia por su amor incondicional, especialmente a mi madre, Enis Guzman Romaña, por su comprensión y apoyo constante que me permitieron seguir adelante en momentos de dificultad. Gracias por creer en mí y por estar siempre a mi lado.

A mi estimado asesor de tesis, Mauricio José Sierra Bautista por su guía, paciencia y valiosas sugerencias a lo largo de este proceso, en el cual su conocimiento y experiencia fueron indispensables para el desarrollo de este trabajo.

Gracias por creer en mí, por ser fuente de inspiración y motivación para mí. A mis profesores de carrera, Jairo Hernan, Carlos Caicedo, Jerónimo Osorio, Estela Monsalve, Natalia Gómez y a todos los que no mencione por compartir su sabiduría conmigo, grandes momentos que enriquecieron mi formación académica y personal.

A mis compañeros de carrera, por su compañía y apoyo inquebrantable, por los momentos de distracción y alegría que me ayudaron a mantener el equilibrio durante estos años de estudio, particularmente a mi cohorte (2018-1),

Michel Salas, Christian Jaraba y Juan Cantillo, que fueron un pilar fundamental durante este proceso. A la laboratorista del campus Carepa, Carolina Galvis y la auxiliar Faleidy Echavarría, sus enseñanzas y recomendaciones fueron una pieza sustancial en el desarrollo de mis experimentos.

A mis amigos cercanos, quienes me apoyaron y me animaron incansablemente, sobre todo a Heler Paez, Orlan Raigoza, Hector Angulo, Tania Tatis y Natalia Carrascal. Gracias por motivarme constantemente. Por último, quiero agradecer a todas las personas que no mencione en este finito espacio, que de alguna manera contribuyeron al desarrollo de este proyecto.

Este logro es gracias a todos ustedes.

## Tabla de contenido

Resumen	10
Abstract	11
1 Introducción	13
2 Planteamiento del Problema	16
3 Objetivos	19
3.1 Objetivo General	19
3.2 Objetivos Específicos	19
4 Marco Teórico	20
4.1 Etnobotánica	20
4.2 Plantas Medicinales	20
4.2.1 Moringa	21
4.2.2 Achiote	22
4.2.3 Matarratón	23
4.2.4 Orégano	24
4.2.5 Altamisa	25
4.2.6 Anamú	26
4.3 Bioactividad	26
4.3.1 Actividad antioxidante	27
4.3.2 Actividad antiinflamatoria	27
4.3.3 Actividad antimicrobiana	27
4.3.4 Actividad antiplasmodial	28
4.4 Identificación Cromatográfica	29
5 Metodología	32
5.1 Establecimiento de Inventario de Plantas	32

	5
5.2 Obtención de Extractos de especies vegetales	33
5.2.1 Preparación del material vegetal	33
5.2.2 Diseño de la extracción de compuestos bioactivos	33
5.3 Determinación de Bioactividad	34
5.3.1 Contenido de fenoles totales	34
5.3.2 Actividad antimicrobiana	34
5.3.3 Actividad antioxidante	35
6 Resultados y Discusión	37
6.1 Plantas con Potencial Bioactivo	37
6.1.1 Partes u órganos usados de las plantas	37
6.1.2 Motivo de uso de las plantas	38
6.2. Extracción de Compuestos Bioactivos	39
6.2.1 Contenido de fenoles totales (CFT)	39
6.2.2 Actividad antimicrobiana	43
6.2.3 Actividad antioxidante	52
7 Conclusiones	63
8 Recomendaciones	64
Referencias	65
Anexos	77
Anexo 1. Evaluación de condiciones para montaje del método ABTS	77

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Análisis de Varianza para CFT</i>	41
<b>Tabla 2</b> <i>Análisis de Varianza para Halos de Inhibición</i>	47
<b>Tabla 3</b> <i>Análisis de Varianza para % Inhibición del radical ABTS<sup>o+</sup></i>	55
<b>Tabla 4</b> <i>Análisis de Varianza para mM Trolox/g</i>	59

**Lista de figuras**

<b>Figura 1</b> <i>Fotografía de Moringa</i>	21
<b>Figura 2</b> <i>Fotografía de Achiote</i>	22
<b>Figura 3</b> <i>Fotografía de Matarratón</i>	23
<b>Figura 4</b> <i>Fotografía de Orégano</i>	24
<b>Figura 5</b> <i>Fotografía de Altamisa</i>	25
<b>Figura 6</b> <i>Fotografía de Anamú</i>	26
<b>Figura 7</b> <i>Proceso de Separación por Cromatografía</i>	29
<b>Figura 8</b> <i>Diagrama de Cromatógrafo de Gases</i>	30
<b>Figura 9</b> <i>Diagrama de Espectrómetro de Masas</i>	31
<b>Figura 10</b> <i>Disposición de Discos para Prueba Antimicrobiana</i>	35
<b>Figura 11</b> <i>Parte Usada de Cada Planta</i>	37
<b>Figura 12</b> <i>Motivo de Uso de Cada Planta</i>	38
<b>Figura 13</b> <i>Contenido de Fenoles Totales</i>	40
<b>Figura 14</b> <i>Gráfico de Interacciones para CFT en Achiote</i>	42
<b>Figura 15</b> <i>Prueba Turkey para Fenoles Totales en Achiote</i>	43
<b>Figura 16</b> <i>Halos de Inhibición con Achiote</i>	44
<b>Figura 17</b> <i>Relación entre Halo de Inhibición y Fenoles Totales con Achiote</i>	46
<b>Figura 18</b> <i>Gráfico de Interacciones para Halos de Inhibición con Achiote</i>	49
<b>Figura 19</b> <i>Prueba Turkey para Halos de Inhibición con Achiote</i>	51
<b>Figura 20</b> <i>% Inhibición del Radical ABTS<sup>o+</sup></i>	53
<b>Figura 21</b> <i>Relación entre % Inhibición y Fenoles Totales en Achiote</i>	54
<b>Figura 22</b> <i>Gráfico de Interacciones para % Inhibición del radical ABTS<sup>o+</sup> con Achiote</i>	56

<b>Figura 23</b> <i>Prueba Turkey para % Inhibición del radical ABTS<sup>o+</sup> con Achiote</i>	57
<b>Figura 24</b> <i>mM Trolox/g</i>	58
<b>Figura 25</b> <i>Relación entre mM Trolox/g y Fenoles Totales con Achiote</i>	59
<b>Figura 26</b> <i>Gráfico de Interacciones para mM Trolox/g con Achiote</i>	61
<b>Figura 27</b> <i>Prueba Turkey para mM Trolox/g con Achiote</i>	62
<b>Figura 28:</b> <i>Cinética de degradación de ABTS.</i>	77

### **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

<b>RSL</b>	Relación sólido:líquido
<b>RSL1</b>	RSL 1:6
<b>RSL2</b>	RSL 1:8
<b>RSL3</b>	RSL 1:10
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>EMA</b>	Agencia Sanitaria Europea
<b>ONIC</b>	Organización Nacional Indígena de Colombia
<b>CFT</b>	Contenido de Fenoles Totales
<b>ANOVA</b>	Análisis de varianza
<b>EUCAST</b>	European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing
<b>STE</b>	Solvente

### Resumen

La investigación aborda la bioprospección preliminar del potencial bioactivo de plantas presentes en la región de Urabá, con énfasis en su relevancia para la comunidad, a partir de saberes ancestrales. El estudio evalúa el potencial bioactivo de especies vegetales presentes en la región de Urabá. Se obtuvieron extractos de nueve especies mediante extracción sólido:líquido en etanol, metanol y acetona, empleando tres relaciones sólido-líquido (RSL). Se determinó el contenido de fenoles totales (CFT) usando el método Folin-Ciocalteu, la actividad antimicrobiana mediante halos de inhibición frente a *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans* y la actividad antioxidante mediante los métodos ABTS y FRAP. Se desarrolló el análisis de varianza a una confianza del 95% y se evaluaron las medias de tratamiento con la prueba de Turkey. Las mayores bioactividades fueron halladas en los extractos con acetona en RSL2, para CFT, actividad antimicrobiana y antioxidante, a su vez, se destaca el achiote para cada bioactividad estudiada. Estos hallazgos destacan el potencial de las plantas de la región de Urabá, sobre todo el achiote como promisorio para el desarrollo de productos farmacéuticos y biotecnológicos, lo cual promueve la integración de conocimientos ancestrales y científicos como un aporte al aprovechamiento sostenible de la biodiversidad local.

*Palabras clave:* bioprospección, bioactividad, plantas medicinales.

### Abstract

This research explores the preliminary bioprospecting of the bioactive potential of plant species found in the Urabá region, emphasizing their relevance to the local community through ancestral knowledge. The study evaluates the bioactive potential of nine plant species through solid-liquid extraction using ethanol, methanol, and acetone, with three different solid-liquid ratios (SLR). Total phenolic content (TPC) was determined using the Folin-Ciocalteu method, antimicrobial activity was assessed through inhibition zones against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Candida albicans*, and antioxidant activity was evaluated using the ABTS and FRAP methods. An analysis of variance was conducted with a 95% confidence level, and treatment means were compared using Tukey's test. The highest bioactivities were found in acetone extracts with SLR2 for TPC, antimicrobial activity, and antioxidant activity. Additionally, annatto (*Bixa orellana*) stood out in all the bioactivities studied. These findings highlight the potential of the plant species in the Urabá region, particularly annatto, as a promising candidate for the development of pharmaceutical and biotechnological products. This study promotes the integration of ancestral and scientific knowledge as a contribution to the sustainable utilization of local biodiversity.

*Keywords:* bioprospecting, bioactivity, medicinal plants.



## 1 Introducción

Las plantas representan una fuente prometedora de compuestos bioactivos con la capacidad latente de impulsar el desarrollo de nuevos medicamentos o actuar de forma sinérgica con estos para fortalecer los procesos terapéuticos, entre las cuales se destacan con actividad antiviral (Remali & Aizat, 2021), antiplasmodial (López Barrios et al., 2018), espasmolítica (Radice et al., 2020), antioxidante, antidiabética y anticancerígena (Santos et al., 2023), antiinflamatoria y antimicrobiana (Salvatori et al., 2023). La integración de estos conocimientos ancestrales y científicos puede contribuir significativamente a la búsqueda de soluciones naturales y oportunas para afecciones a la salud.

La aceptación por parte del Invima de más de 360 plantas medicinales con fines terapéuticos refleja un avance significativo en el reconocimiento de la medicina natural en Colombia. Este proceso se basa en una evaluación rigurosa de la seguridad y eficacia de las preparaciones, utilizando monografías de la OMS, la EMA y el Vademécum Colombiano de Plantas Medicinales. La clasificación en preparaciones farmacéuticas con base en plantas medicinales para el desarrollo de productos fitoterapéuticos usados tradicionalmente proporcionan un marco claro para su regulación (Hincapié, 2019).

La biodiversidad de plantas medicinales en Colombia representa un tesoro natural invaluable, con el 15% de las especies terapéuticas registradas a nivel mundial (Bernal & Sánchez, 2022), 58mil especies registradas ubica a Colombia como el segundo país de mayor biodiversidad en el mundo, lo que representa una gran oportunidad relacionada a la bioeconomía en el país (Lizarazo L. et al., 2023). De aquí, que estudiar el potencial bioactivo de las plantas en la región de Urabá emerge como una necesidad imperante de rescatar saberes ancestrales en el contexto actual, apoyado en lo establecido en la constitución política de Colombia como la ley

---

1751 de 2015 que habla sobre la coexistencia entre el la medicina moderna y la medicina tradicional (MINSALUD, 2013).

Además, la riqueza biológica de la región de Urabá alberga una variedad única de flora, incluyendo especies vegetales con propiedades medicinales, transmitidas por generaciones entre las distintas comunidades para salvaguardar este conocimiento. Estas plantas han sido históricamente utilizadas como remedios tradicionales para tratar una amplia gama de afecciones a la salud (Mena et al., 2018). Su estudio proporciona una oportunidad invaluable para comprender sus propiedades bioactivas, contribuir al avance científico y desarrollo de soluciones innovadoras en el campo de la salud (Jurado N. & Ortega T., 2024).

Además, en un contexto global donde la resistencia a los antibióticos y la necesidad de tratamientos médicos alternativos es un desafío urgente, este estudio ofrece una prometedora fuente de compuestos bioactivos que podrían utilizarse como coadyuvantes o fitofármacos naturales para mejorar la salud en la región (Perdomo, 2023). De este modo, el proyecto se alinea como solución al desarrollo sostenible, salud y bienestar, puesto que al investigar plantas medicinales, se carece de inventarios sobre especies vegetales que podrían conducir al desarrollo de tratamientos efectivos y asequibles que aporten al avance farmacológico (Heredia H., 2023). Así mismo, valoriza a la región de Urabá ya que el conocimiento generado podría impulsar el desarrollo de productos naturales y procesos biotecnológicos para el beneficio de la población y el medio ambiente como hábitat de las especies promisoras.

Por otro lado, esto puede representar un punto de partida para desarrollar metodologías de obtención de compuestos con un importante potencial bioactivo, lo cual beneficia significativamente a la sociedad, principalmente a las comunidades ancestrales dado que el

reconocimiento de sus saberes podría avivar el interés de las nuevas generaciones por preservar este conocimiento, lo cual es su principal preocupación en la subsistencia cultural (Justiniano Salazar, 2023).

## 2 Planteamiento del Problema

La gobernación de Antioquia describe a la región del Urabá Antioqueño como una de las nueve en que se divide Antioquia, con una extensión de 11.664 km<sup>2</sup> y 508.802 habitantes, a su vez, divide en once municipios: Apartadó, Arboletes, Carepa, Chigorodó, Murindo, Mutata, Necoclí, San Juan de Urabá, San Pedro de Urabá, Turbo y Vigía del fuerte. Adicionalmente, posee una posición geográfica de suma importancia para el departamento y el país: el Golfo de Urabá, que está ubicado sobre el Mar Caribe y tiene una extensión de 1.500 m<sup>2</sup> (Gobernación de Antioquia, n.d.). Además, es un territorio con asentamientos de pueblos indígenas, Embera, Senú y Kuna Tulé principalmente, alrededor de 12.542 indígenas, que han atendido sus necesidades de salud y alimentarias con plantas en la región gracias a sus conocimientos (Echeverri et al., n.d.). Estas comunidades basan su economía en la producción agrícola, como el cultivo de café, cacao, maíz, caña de azúcar, frijol, entre otros; la caza, pesca y recolección son de gran importancia para la subsistencia; la artesanía, que abarca la extracción de fibras, el trenzado y costura, siendo la artesanía la actividad de mayor valor por su enfoque en preservar la identidad cultural mediante sus característicos diseños geométricos y simbólicos (ONIC, 2024).

El empleo de plantas medicinales con propósitos curativos ha sido una práctica arraigada en la humanidad desde tiempos inmemoriales, siendo el recurso primordial e incluso, el único del que disponían en la antigüedad (Cupido et al., 2023). Estos conocimientos han sido transmitidos de generación en generación de forma oral, conformando una tradición imprescindible para la preservación de la salud y el bienestar en comunidades indígenas y afrodescendientes (Sanchez R. & Torres M., 2020), lo cual por falta de conocimientos no asentaron en papel sus saberes, y hasta ahora se están dejando manuscritos referentes a sus prácticas milenarias (Puyo, 2018). Sin embargo, la pérdida de conocimiento médico, cultural y agrícola de nuestros ancestros,

---

principalmente desde la botánica, debido al paso del tiempo sin documentarlo, causo pérdidas significativas en la diversidad biológica, lo cual es un problema que exige acciones prematuras para contrarrestarlo (Werner, 2024).

No obstante, el interés y la habilidad en el uso de las especies vegetales es heredado por líneas familiares, con el acercamiento desde temprana edad a las plantas y la propensión a colaborar en la preparación de remedios, pero esta práctica se vio alterada por factores como el crecimiento poblacional; el modernismo que ha permeado a las comunidades ancestrales está reduciendo el deseo de sus miembros por los saberes ancestrales, seguir las tradiciones o mantenerlas, conservar y aprovechar especies vegetales funcionales para el sustento y tratamiento a afecciones de salud, esta alteración afecto principalmente en las nuevas generaciones, encargadas de continuar la transmisión del conocimiento (Sanchez R. & Torres M., 2020). El crecimiento poblacional obliga a las ciudades a ocupar tierras fértiles usadas inicialmente para el cultivo y producción alimentaria, la conexión terrenal con otras sociedades, la música, la televisión, la ropa y el alcoholismo (Mendoza S., 2023), así mismo, influyen las afectaciones a la naturaleza ocasionadas por el cambio climático global, la deforestación, entre otras situaciones que desfavorecen la supervivencia de las especies vegetales (Limón, 2021). De la misma manera, la medicina moderna provoco una disminución del interés en los conocimientos ancestrales relacionados con la salud y el bienestar debido a que la creciente prevalencia de medicamentos industrializados fue incorporada a la vida cotidiana, incluso de las comunidades arcaicas, desplazando en cierta medida las prácticas tradicionales (Ríos Z., 2023).

En virtud de lo anterior, resulta necesario describir las especies vegetales para mitigar el desconocimiento sobre el uso medicinal de las plantas en la región de Urabá, llevando a cabo estudios científicos sobre sus propiedades, con el fin de recuperar y aprovechar este

conocimiento en disponer de fuentes alternas de tratamiento, bajo una reconocida importancia farmacológica. Se plantea estudiar el potencial bioactivo de plantas presentes en Urabá, empleadas por las comunidades ancestrales y compartir los resultados de esta investigación con la comunidad común, y científica, para que puedan usarse en estudios posteriores que sigan promoviendo el bienestar de la región de Urabá, principalmente en lugares menos beneficiados por el sistema de salud actual.

### **3 Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Evaluar el potencial bioactivo de plantas presentes en la región de Urabá, de importancia para las comunidades asentadas, producto de saberes ancestrales.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Establecer inventario de plantas presentes en la región de Urabá, de importancia farmacológica y/o alimentaria para la comunidad
- Identificar plantas con mayor bioactividad.
- Evaluar la capacidad antioxidante y antimicrobiana de los extractos vegetales.

## **4 Marco Teórico**

### **4.1 Etnobotánica**

Para los procesos que involucran la medicina tradicional es fundamental garantizar la comprensión adecuada de los conocimientos y practicas ancestrales respecto al uso de las plantas. Entre los enfoques metodológicos empleados para ello se destacan los principios de la etnobotánica, definida como una disciplina interdisciplinaria que combina elementos de las ciencias naturales y sociales que estudia la relación existente entre las plantas y el hombre, en especial lo que concierne al hombre primitivo y a especies agrícolas (Mendoza S., 2023), y la etnofarmacología, definida como el estudio de preparados tradicionales utilizados en sistemas de salud y enfermedad que incluyen plantas individuales o conjunto de estas, animales, hongos o minerales (Baratto, 2023).

### **4.2 Plantas Medicinales**

Existen muchas plantas en la flora mundial, las plantas medicinales son una categoría diversa de especies vegetales reconocidas por sus propiedades curativas, empleadas a lo largo de la historia humana para el tratamiento de afecciones a la salud, en múltiples presentaciones, como infusiones, ungüentos, decocciones, extractos acuosos, entre otros (Mendoza H. et al., 2021). En general, las plantas medicinales son definidas como aquellas plantas que contienen en uno o más de sus órganos, sustancias o compuestos químicos que en suficiente dosis causan un efecto curativo en animales o humanos, o sirven como materia prima para la producción de fármacos (Mosquera Mena et al., 2019).

Tanto la parte de la planta a usar, como las distintas formas de uso pueden variar. Esto depende también en gran medida que la morfología del espécimen y la afección a tratar, siendo

la hoja, la parte más usada (Valoyes & Palacios P., 2020) debido a la gran cantidad de compuestos químicos que en ellas se encuentran, los cuales le confieren esa virtud medicinal (Ramirez R., 2020).

#### ***4.2.1 Moringa***

##### **Figura 1**

*Fotografía de Moringa*



**Nombre común:** Moringa

**Nombre científico:** Moringa oleífera

**Descripción:** Moringa es una planta nativa de la India, también conocida como árbol de moringa o árbol de la vida. Tiene hojas ovaladas y pinadas, con un fruto característico por su forma de cilindro alargado de color verde claro. Esta planta ha sido foco de diversos estudios para la obtención de extractos que han mostrado una prometedora actividad antioxidante y antimicrobiana (Segwatibe et al., 2023).

### 4.2.2 *Achiote*

#### **Figura 2**

##### *Fotografía de Achiote*



**Nombre común:** Achiote

**Nombre científico:** *Bixa Orellana* L.

**Descripción:** *Bixa* es un arbusto nativo de las áreas tropicales de América, también conocido como achote, bijo, anate, aroto, entre otros. Cuenta con hojas redondeadas con forma de corazón con el extremo alargado, una característica peculiar de este arbusto es su notable fruto, con un color característico rojo y de forma ovalada (Cairampoma P. & Martínez E., 2024). Esta planta ha sido foco de diversos estudios para la obtención de extractos que han mostrado una prometedora actividad antioxidante y antimicrobiana (Franklin et al., 2023).

### 4.2.3 Matarratón

#### Figura 3

*Fotografía de Matarratón*



**Nombre común:** Matarratón

**Nombre científico:** *Gliricidia sepium*

**Descripción:** El matarratón es una leguminosa arbórea originaria de América central, también conocido como palo de sol, balo o madre de cacao. Sus hojas son de forma elíptica y su característica distintiva es la flor, que se forma de pétalos rosados con blanco. Esta planta ha sido objeto de estudio en la generación de extractos que presentan actividad antioxidante y antimicrobiana (Ayantola K. J. et al., 2023).

#### 4.2.4 Orégano

##### Figura 4

##### Fotografía de Orégano



**Nombre común:** Orégano

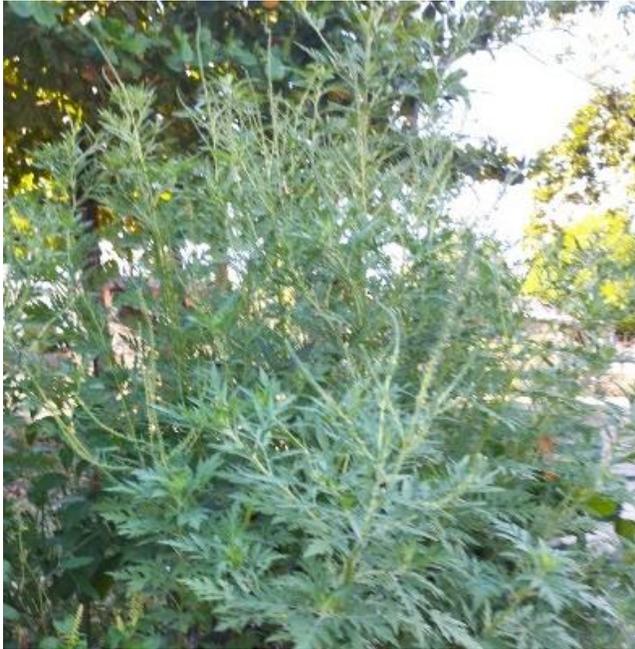
**Nombre científico:** *Origanum vulgare*

**Descripción:** El orégano es de origen europeo, también conocido como hierba dulce, fluriéngano o canelilla. Tiene hojas ovaladas y un peculiar aroma mentolado, muy característico de esta planta. Esta planta aromática es una fuente importante de compuestos bioactivos con actividad antioxidante y antimicrobiana (Walasek-Janusz et al., 2024).

#### 4.2.5 *Altamisa*

##### **Figura 5**

##### *Fotografía de Altamisa*



**Nombre común:** Altamisa

**Nombre científico:** *Ambrosia artemisiifolia* L.

**Descripción:** La altamisa es una planta aromática originaria de África, también conocida como tomatillo, artemisa, entre otros. Tiene sus hojas con formas triangulares puntiagudas, dispuestas en espiral alrededor de las ramas. Esta planta posee actividad antioxidante y antimicrobiana (Kovács et al., 2024).

#### 4.2.6 Anamú

##### Figura 6

*Fotografía de Anamú*



**Nombre común:** Anamú

**Nombre científico:** Petiveria alliacea

**Descripción:** El anamú es una planta de origen americano, también conocida como mapurite, apacin, o zorrillo. Tiene hojas ovaladas en forma de lanza con venas muy notorias, y un aroma distintivo, fuerte. Esta planta aromática posee actividad antioxidante y antimicrobiana (Olomiejia et al., 2021).

#### 4.3 Bioactividad

La bioactividad se refiere a las acciones que tienen ciertas sustancias o compuestos de organismos vivos, ya sea en términos de promover la salud, prevenir enfermedades o incluso, causar efectos adversos, entre las bioactividades se encuentran la actividad antioxidante, antiinflamatoria, antimicrobiana, antiplasmodial, entre otras.

#### ***4.3.1 Actividad antioxidante***

La actividad antioxidante se refiere a la capacidad de ciertas sustancias para neutralizar los radicales libres generados naturalmente o por factores externos como la exposición a luz UV, que son moléculas altamente reactivas que pueden conducir al daño celular, así mismo como el desarrollo de diversas enfermedades crónicas como la diabetes mellitus, cardiovasculares, cáncer, y neurodegenerativas (Juárez et al., 2022). Estas sustancias son conocidas como antioxidantes, entre los cuales se encuentran alcaloides, carotenoides y flavonoides, que tienen diferentes mecanismos de acción, los cuales están mediados por reacciones de óxido-reducción o por captación de radicales libres para proteger las células del estrés oxidativo, lo cual resulta en el daño celular (Hernández-Moreno et al., 2022).

#### ***4.3.2 Actividad antiinflamatoria***

La actividad antiinflamatoria se refiere a la capacidad de una sustancia para reducir y/o prevenir la inflamación en el organismo. La inflamación es una respuesta del sistema inmunológico a una lesión, infección o irritación, entre otras, aun así, la inflamación crónica puede ser perjudicial y contribuir al desarrollo de diversas enfermedades que comprometen la salud de forma crítica (Ramírez R., 2020).

#### ***4.3.3 Actividad antimicrobiana***

La actividad antimicrobiana es de suma importancia en la medicina, donde se utilizan sustancias para el tratamiento y prevención de infecciones, en agricultura, para proteger los cultivos contra enfermedades, que pueden reducir su rendimiento o calidad, así como en la

industria alimentaria y otras áreas donde la presencia de microorganismos puede representar un riesgo para la salud humana, animal o vegetal (Salomone, 2020).

La actividad antimicrobiana se refiere a la capacidad de una sustancia para inhibir la proliferación de microorganismos como bacterias (antibióticos), virus (antivíricos), hongos (antifúngicos) y parásitos (antiparasitarios) en humanos, animales o plantas, esta sustancia puede ser de origen biológico o sintético (OMS, 2023). Esta sustancia puede clasificarse como bactericida o fungicida si tiene la capacidad de matar la bacteria o el hongo respectivamente; bacteriostático o fungistático si tiene la capacidad de inhibir el crecimiento y reproducción. Es importante destacar que la efectividad del agente antimicrobiano depende de factores como la concentración, el tiempo de exposición, el tipo de microorganismo, condiciones ambientales, entre otros (Ayala E. et al., 2023).

#### ***4.3.4 Actividad antiplasmodial***

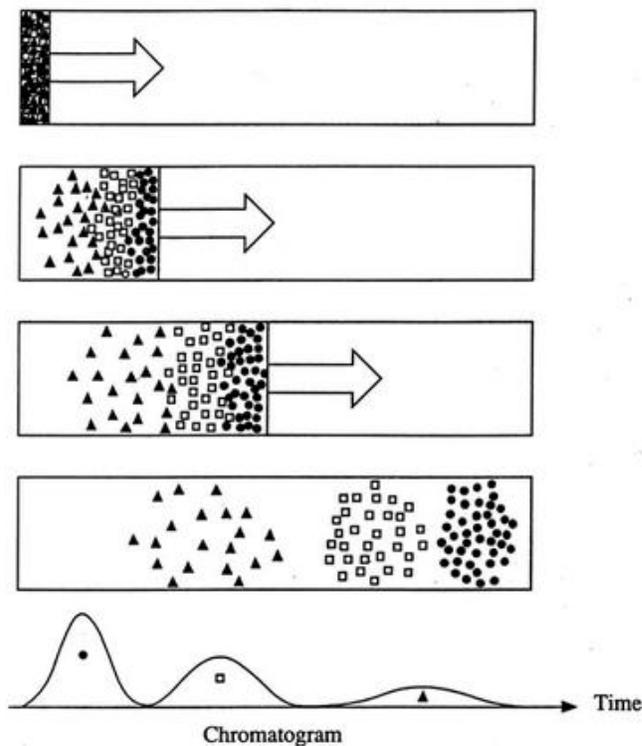
La actividad antiplasmodial se refiere a la capacidad de una sustancia para prevenir o combatir los parásitos del género Plasmodium, que son los causantes de la malaria en los seres humanos, la cual es una enfermedad potencialmente mortal. Una sustancia plasmoidal puede prevenir la infección, inhibir la replicación del parásito o incluso la destrucción de este, reduciendo significativamente la carga parasitaria en el cuerpo, aliviando así la sintomatología (Hernandez C., 2022).

#### 4.4 Identificación Cromatográfica

La cromatografía es un método analítico empleado en diversas disciplinas científicas, el cual se basa en la separación, identificación y determinación de componentes químicos presentes en mezclas complejas. Esta técnica se basa en las propiedades físicas de los materiales y su interacción con una fase móvil y una fase estacionaria. Durante el proceso cromatográfico, los componentes de la mezcla se desplazan a diferentes velocidades a través de la fase estacionaria, bajo el principio de retención selectiva, lo que permite su separación efectiva (Sierra, 2023). En la figura 7, se presenta el esquema del proceso de separación de analitos en una mezcla.

**Figura 7**

*Proceso de Separación por Cromatografía*

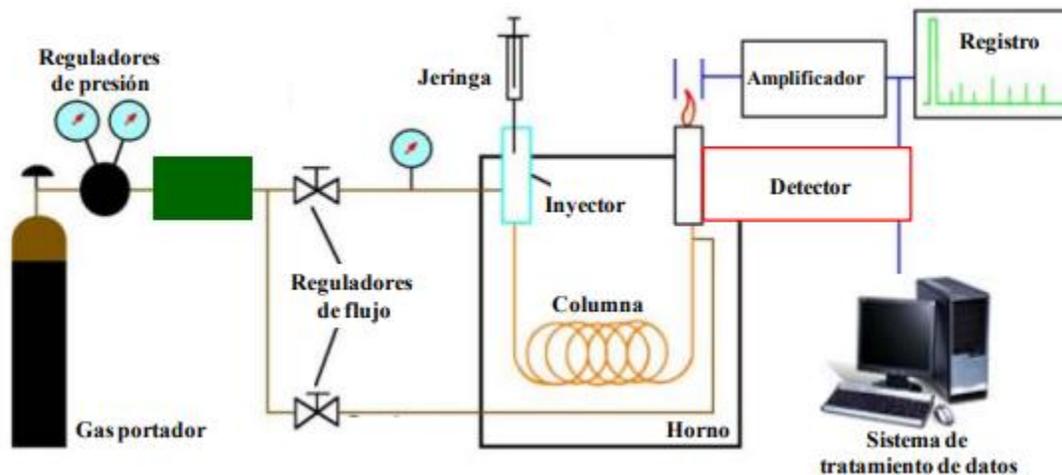


*Nota.* Tomado de (Pinkerton et al., 2016)

La cromatografía de gases es una de las técnicas más utilizadas para la determinación de compuestos bioactivos presentes en extractos vegetales. En este caso, la muestra se volatiliza e inyecta en la cabeza de la columna cromatográfica, la cual contiene la fase estacionaria, la elución de los compuestos separados se da en base a su grado de volatilidad y son conducidos hacia el detector por un gas inerte que actúa como fase móvil (Sierra, 2023). En la figura 8, se presenta el diagrama de un cromatógrafo de gases.

### Figura 8

*Diagrama de Cromatógrafo de Gases*



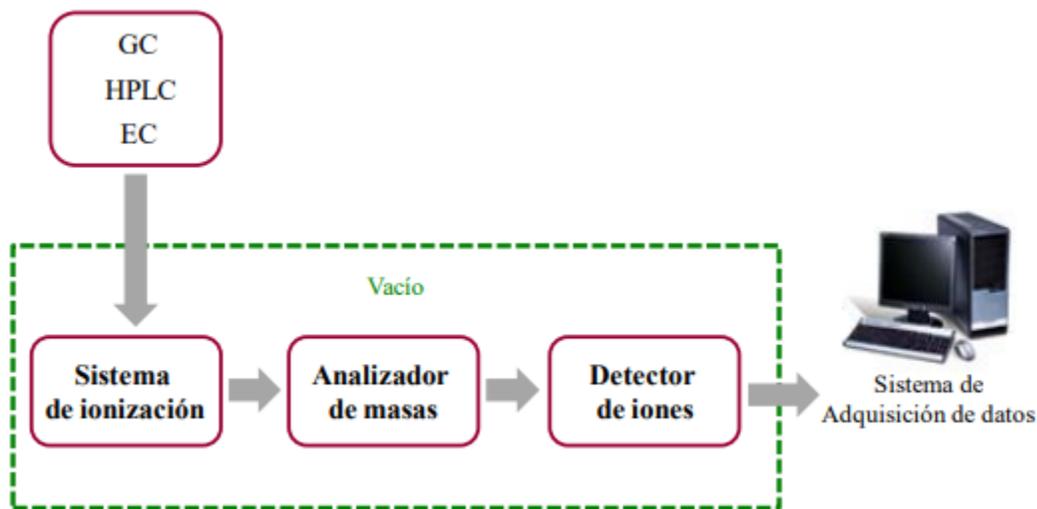
*Nota.* Tomado de (García S., 2016)

Los detectores que se acoplan a un cromatógrafo son dispositivos esenciales para detectar y cuantificar los componentes separados, y de esta manera, obtener información directa sobre la identidad y cantidad de aquello que constituye al compuesto. Existen diversos detectores con sus propias ventajas y aplicaciones específicas, tal como el detector de masas que permite identificar los compuestos basado en la relación masa-carga de estos; el detector de espectroscopia UV-Vis,

que utiliza el fenómeno de absorción de luz ultravioleta-visible por parte de los compuestos para detectar su presencia; el detector de conductividad, que mide la conductividad de las moléculas a medida que salen del cromatógrafo, entre otros. El detector de masas es altamente sensible, ofrece una gran selectividad e información precisa sobre la masa y estructura de los compuestos, por esto, es una técnica de detección sobresaliente (Sierra, 2023). En la figura 9, se presenta el diagrama de un espectrómetro de masas (detector de masas).

### Figura 9

*Diagrama de Espectrómetro de Masas*



*Nota.* Tomado de (García S., 2016)

## **5 Metodología**

En esta investigación, se llevó a cabo un estudio de dos etapas principales. Primero, se desarrolló una encuesta estructurada para recolectar información sobre el uso tradicional de plantas medicinales en la región de Urabá. Posteriormente, se determinó el CFT y se evaluó las propiedades bioactivas de los extractos obtenidos a partir de cada planta. Para ello, se aplicó un diseño factorial  $3^2$ , en el cual se analizó el efecto del solvente y la RSL sobre el CFT, la actividad antimicrobiana y antioxidante mediante el software Statgraphics Centurion version 19.6.04 para interpretar los resultados, y bajo un nivel de confianza del 95%, se empleó un ANOVA para identificar la significancia de los efectos de cada factor e interacción de estos, se procede con una gráfica de interacciones para conocer la interacción más significativa y una prueba turkey para identificar los grupos que presentan diferencias estadísticamente significativas en sus medias. Así mismo, se aplicó una correlación de Pearson entre el CFT y las bioactividades para estudiar su correspondencia con la magnitud bioactiva de los extractos vegetales. Estas pruebas se presentan para la planta con mayor concentración de fenoles dado que la presencia de estos compuestos se asocia con efectos tales como antioxidantes y antimicrobianos (Zhang et al., 2022).

### **5.1 Establecimiento de Inventario de Plantas**

Para la selección de las plantas a estudiar, se eligieron nueve especies que cumplen con criterios específicos en la investigación. Los criterios para la selección fueron la disponibilidad, facilidad de recolección en su entorno natural y su uso tradicional, así como el interés por estudiar especies menos conocidas o documentadas, lo cual ofrece una oportunidad de contribuir al conocimiento científico y cultural sobre especies subutilizadas. Las plantas seleccionadas

fueron orégano, riñonera, moringa, altamisa, matarratón, sauco, árnica, achiote y anamú. Esta combinación de especies conocidas y poco conocidas garantiza una investigación con impacto tanto científico como social. Por último, se desarrolló una encuesta estructurada dirigida a conocedores de los saberes ancestrales para obtener información sobre sus prácticas de uso en la región.

## **5.2 Obtención de Extractos de especies vegetales**

### ***5.2.1 Preparación del material vegetal***

El material vegetal de partida para la generación de extractos fue las hojas de las plantas seleccionadas. En primer lugar, cada planta se lavó con agua destilada y se desinfectó superficialmente con alcohol para retirar posibles impurezas como tierra y seguir procesos de inocuidad, respectivamente. En segunda instancia, se cortó en trozos y se secó en horno a 50°C por 48h, después de esto, se trituro en pica todo para su reducción de tamaño.

### ***5.2.2 Diseño de la extracción de compuestos bioactivos***

La etapa de extracción de compuestos bioactivos fue desarrollada siguiendo el procedimiento de (Chaudhry et al., 2022), con algunas modificaciones. Las hojas preprocesadas se llevaron a extracción sólido-líquido con etanol, metanol y acetona al 50% en agua destilada, en las distintas relaciones: RSL1, RSL2 y RSL3. La extracción se llevó a cabo a temperatura ambiente durante 24 h, pasado este tiempo, se centrifugo y separó el líquido del sólido. Finalmente, los extractos se guardaron en oscuridad a una temperatura menor a 4 °C para conservarlos hasta su uso (Malpica-Acosta et al., 2024).

## 5.3 Determinación de Bioactividad

### 5.3.1 Contenido de fenoles totales (CFT)

El CFT se determinó mediante el método Folin-Ciocalteu, siguiendo el procedimiento descrito por (Chaves et al., 2020), con algunas modificaciones. En un tubo eppendorf se adiciono 20 uL de extracto, 1580 uL de agua y 100 uL de reactivo Folin-Ciocalteu, se agito suavemente y se dejó reaccionar durante 1 min. Posteriormente se adicionaron 300 uL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 20 % y se dejó reaccionar 2 horas a temperatura ambiente, en oscuridad. Por último, se leyó la absorbancia a 760 nm en espectro UV/VIS. Se construyo una curva patrón con ácido gálico.

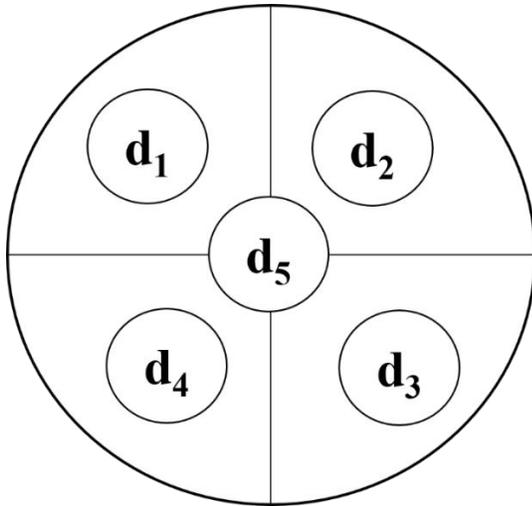
El CFT se expresó como el equivalente a ug de ácido gálico por cada 100g de material seco.

### 5.3.2 Actividad antimicrobiana

La actividad antimicrobiana se evaluó frente a *E.coli*, *S. aureus* y *C. albicans*, empleando la prueba de Kirby-Bauer, conocida también como el método disco-placa, siguiendo el procedimiento descrito por (Verdezoto Bósquez et al., 2023), con algunas modificaciones ajustadas al procedimiento del EUCAST. En primer lugar, se preparó inóculo en solución salina al 9% a escala 0.5 McFarland, a partir de un cultivo fresco en Agar nutritivo. Se inoculó el microorganismo en agar mueller hinton por el método placa vertida, en caja Petri. Luego de solidificado el agar, se colocaron 5 discos de papel filtro sobre la superficie del agar, uno impregnado con solvente (d1), 3 impregnados con extracto (d2, d3, d4) y uno seco (d5), tal y como se observa en la figura 10. seguidamente, se incubó a 37°C durante 24 h. Por último, se verifica, se fotografía y mide el halo de inhibición en milímetros (mm).

**Figura 10**

*Disposición de Discos para Prueba Antimicrobiana*

**5.3.3 Actividad antioxidante**

Para tener una evaluación de dos mecanismos, se llevó a cabo el método ABTS y FRAP.

**Método ABTS**

El método ABTS se desarrolló siguiendo el procedimiento descrito por (Fedko et al., 2024), con algunas modificaciones. Para la implementación del método se requiere preparar el radical  $ABTS^{\circ+}$ : en primer lugar, se prepararon 10 ml de ABTS a 7mM, seguidamente, se adiciono 6.6 mg persulfato de potasio y se dejó reaccionar por 16 h a 4°C en oscuridad para obtener el  $ABTS^{\circ+}$ , después de esto, se diluyo 1 ml del radical en buffer fosfato salino a pH=5.5 hasta que la absorbancia en espectrofotómetro UV/VIS fue de  $0.7 \pm 0.03$  a 734 nm (solución de trabajo).

Ahora bien, para efectuar el método se mezcló 10 uL de extracto con 1000 uL de la solución de trabajo en un tubo eppendorf y se dejó reaccionar durante 7 minutos a temperatura

ambiente, en oscuridad. Por último, se leyó la absorbancia a 734 nm. Se construyó una curva patrón con Trolox.

La actividad antioxidante por el método ABTS se expresa como el porcentaje de inhibición del radical con la ecuación 1, donde  $A_r$  es la absorbancia del radical y  $A_m$  es la absorbancia de la muestra.

$$\% \text{ Inhibición} = \left( \frac{A_r - A_m}{A_r} \right) * 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

### **Método FRAP**

El método FRAP se desarrolló siguiendo el procedimiento descrito por (Ross, 2023), con algunas modificaciones. Para la implementación del método se requiere preparar el reactivo FRAP, que consiste en una mezcla de tres soluciones: A, B y C, en las proporciones 1:1:10 ml respectivamente y en el orden mencionado, donde A es una solución de TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazina) a una concentración de 10  $\mu\text{M}$  en HCl 40 mM, B es una solución de  $\text{FeCl}_3$  a 20 mM y C es una solución de buffer acetato 0,3 M a un pH de 3.6.

Ahora bien, para efectuar el método se adicionó 900  $\mu\text{L}$  del reactivo FRAP, 120  $\mu\text{L}$  de agua destilada y 30  $\mu\text{L}$  de extracto en un tubo eppendorf y se dejó reaccionar durante 6 minutos a 37  $^\circ\text{C}$  en baño maría. Por último, se leyó la absorbancia a 593 nm en espectro UV/VIS. Se construyó una curva patrón con Trolox.

La actividad antioxidante por el método FRAP se expresa como el equivalente a mM de Trolox por cada g de material seco.

## 6 Resultados y Discusión

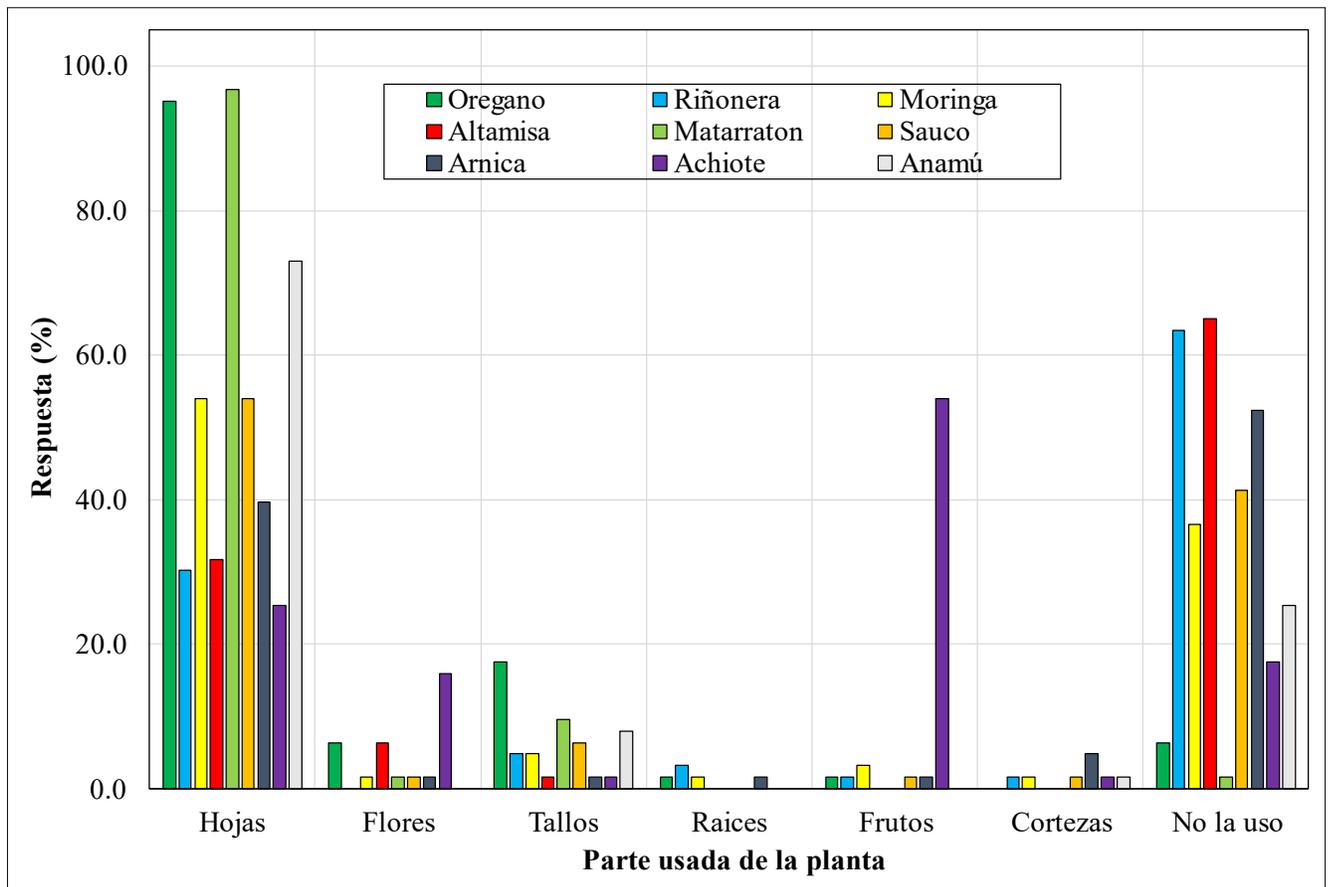
### 6.1 Plantas con Potencial Bioactivo

#### 6.1.1 Partes u órganos usados de las plantas

En la figura 11, se observan las partes usadas de cada planta. Se aprecia una tendencia clara hacia el uso predominante de las hojas en la mayoría de las plantas estudiadas. El matarratón, el orégano destacan con un 96.8, 95.2 % respectivamente.

**Figura 11**

*Parte Usada de Cada Planta*



Los resultados de esta investigación son consistentes con los hallazgos de (Jiménez González et al., 2021) y (Gallegos-Zurita et al., 2021), quienes al indagar sobre la parte más

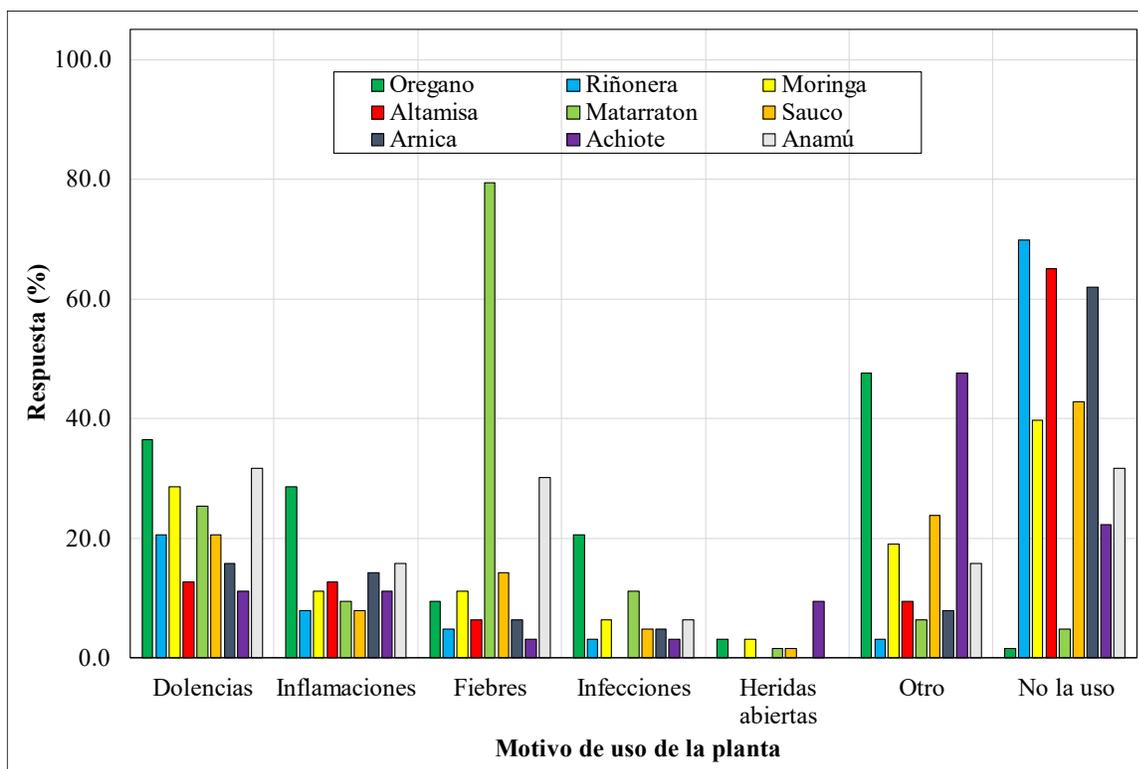
usada de las plantas de uso medicinal en diversas localidades de Ecuador, obtuvieron que es la hoja. Este patrón puede atribuirse a la disponibilidad y facilidad de obtención y procesamiento de las hojas, lo que favorece su mayor exploración y conocimiento y, en consecuencia, su mayor utilización en la medicina tradicional.

**6.1.2 Motivo de uso de las plantas**

En la figura 12, se observan los motivos de uso de cada planta. Se aprecia una fuerte inclinación hacia el alivio de la fiebre y dolencias, las cuales clasifican entre malestar general. Para la fiebre resalta el matarratón con un porcentaje de 79.4 % y para las dolencias sobresalen el orégano y el anamú con un 36.5 % y 31.7 % respectivamente.

**Figura 12**

*Motivo de Uso de Cada Planta*



Al comparar estos resultados obtenidos con los de (Elena et al., 2021), se observa que en una localidad de Perú, el motivo de uso más frecuente fue también el malestar general. Esta coincidencia podría deberse a que son problemas de salud muy cotidianos, lo que establece la necesidad de opciones de tratamiento rápido, accesibles y de bajo costo.

## **6.2. Extracción de Compuestos Bioactivos**

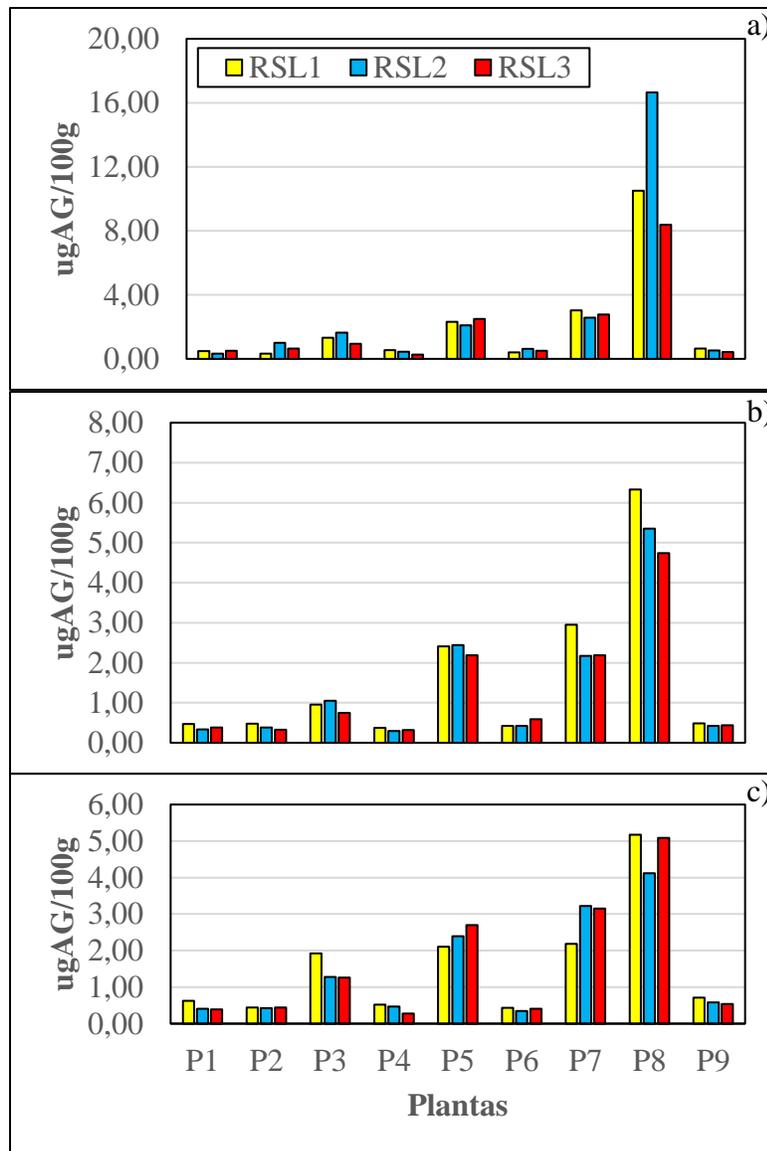
### **6.2.1 Contenido de fenoles totales (CFT)**

En la figura 13, se observan los  $\mu\text{g}$  de A. gálico por cada 100 g de material seco ( $\mu\text{gAG}/100\text{g}$ ), presentes en cada extracto obtenido, ordenado en grupos por solvente y subgrupos por planta. El achiote sobresale en los tres solventes y relaciones, resaltando la acetona como mejor solvente para extraer CFT, en RSL2, con un valor de 16.65  $\mu\text{gAG}/100\text{g}$ . Comparado con la investigación de (Escobar J. et al., 2021) que obtuvieron 1.47  $\mu\text{gAG}/100\text{g}$ , fue mayor.

Este resultado coincide con lo reportado por (Moncayo L. et al., 2023), quienes evaluaron la extracción a partir de la planta albahaca usando metanol, etanol y acetona, y obtuvieron diferencias significativas entre la capacidad extractora de cada solvente, siendo en acetona, el extracto de mayor CFT, Esto puede asociarse a su polaridad intermedia, que le permite solubilizar compuestos fenólicos de carácter polar y no apolar.

**Figura 13**

*Contenido de Fenoles Totales*



*Nota.* Fenoles totales para los extractos de cada planta. a) extractos acetónicos, b) extractos metanólicos, C) extractos etanólicos. P1: Orégano, P2: Riñonera, P3: Moringa, P4: Altamisa, P5: Matarratón, P6: Saucó, P7: Árnica, P8: Achiote, P9: Anamú.

En este sentido, los resultados sugieren que tanto el solvente como la RSL influyen sobre la extracción, lo cual se valida mediante el ANOVA para cada planta. Se observa en la tabla 1, que tanto los factores como la interacción de estos tiene un efecto significativo para la gran mayoría de plantas, a excepción del árnica que presentaron un valor  $p > 0.05$  para la relación respectivamente.

**Tabla 1**

*Análisis de Varianza para CFT*

ANOVA	Orégano	Riñonera	Moringa	Altamisa	Matarratón	Sauco	Árnica	Achiote	Anamú
STE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RSL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00
STE* RSL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Error	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.00
R <sup>2</sup>	0.88	0.99	0.97	0.99	0.97	0.94	0.93	0.99	0.96

*Nota.* STE: Solvente

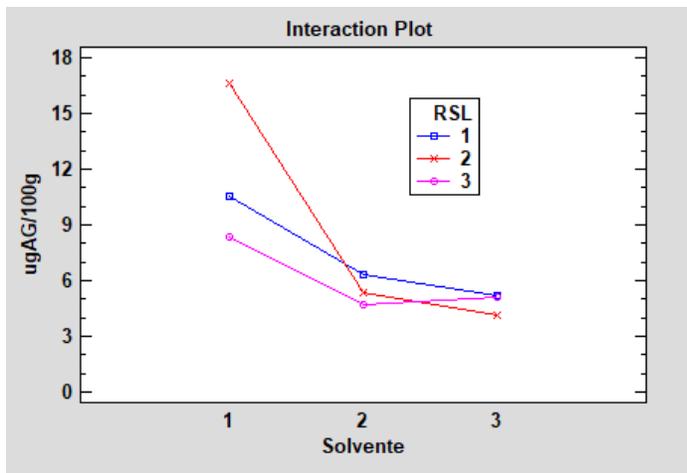
Estos resultados convergen con lo reportado por (Ortiz A., 2022), quien también evaluó la influencia del solvente y la RSL sobre la concentración de fenoles totales en extractos vegetales y determino que tanto sus efectos individuales como la interacción de estos es significativo. Esto se debe a que la RSL limita el punto de saturación del solvente, a su vez, cada solvente tiene características propias que le permiten extraer cierto tipo de compuestos fenólicos, según su polaridad, grupos funcionales, estructura, etc.

Considerando que el ANOVA reveló que existen diferencias significativas, es fundamental examinar con mayor detalle las interacciones entre los factores y profundizar en las

comparaciones específicas entre niveles. Lo cual es presentado para el achiote, puesto que fue el de mayor contenido de CFT. Para ello, se presenta en la figura 14 el gráfico de interacciones, que permite visualizar el comportamiento conjunto de los factores evaluados, donde se aprecia que efectivamente la mayor extracción fue en acetona RSL2.

**Figura 14**

*Gráfico de Interacciones para CFT en Achiote*

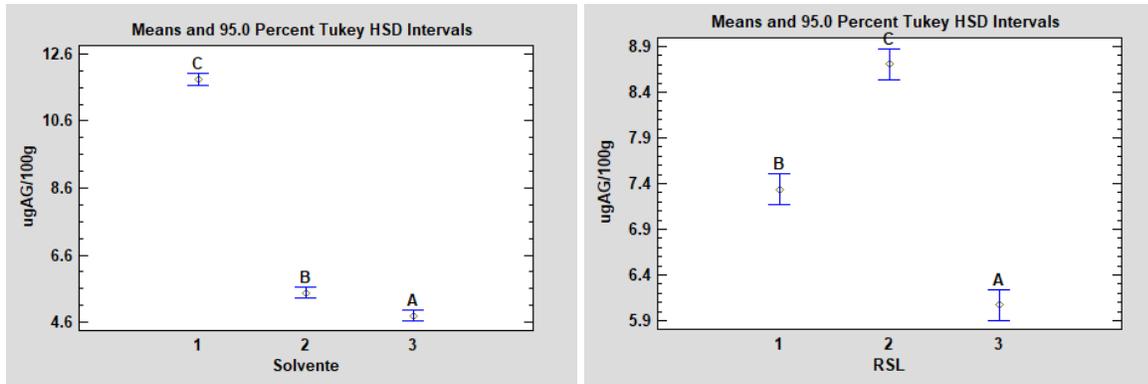


*Nota.* solvente 1: acetona, solvente 2: metanol, solvente 3: etanol

Adicionalmente, la prueba de Tukey presentada en la figura 15, para identificar las diferencias significativas entre pares de niveles, proporciona gran detalle de las comparaciones múltiples y una amplia interpretación de las variaciones observadas en el diseño experimental. Se identificaron tres grupos de medias para cada solvente y relación, lo que sugiere que los niveles de cada factor ejercen una fuerte influencia sobre el CFT en el extracto.

**Figura 15**

*Prueba Turkey para Fenoles Totales en Achioté*



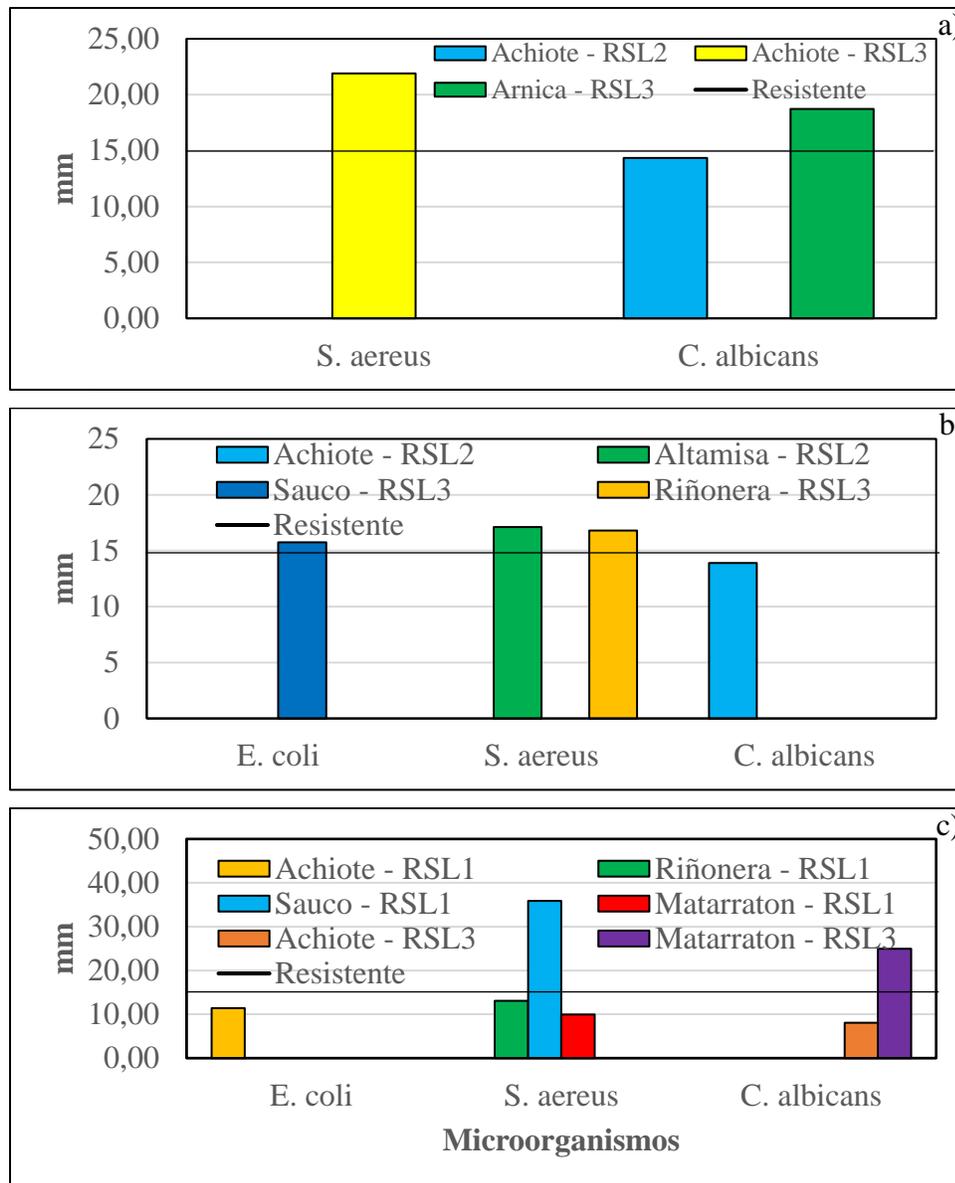
Nota. solvente 1: acetona, solvente 2: metanol, solvente 3: etanol

### 6.2.2 Actividad antimicrobiana

En la figura 16, se observan los halos de inhibición de cada extracto que presento restricción al crecimiento de *E. coli*, *S. aureus* y *C. albicans*, ordenado en grupos por solvente y subgrupos por cada microorganismo. El achioté presento inhibición ante al menos un microorganismo en todos los solventes, sin embargo, el halo mayor se halló para el extracto etanólico de sauco en RSL1, frente a *S. aureus*, con 35.88 mm, seguido del matarratón en etanol RSL3 con 25 mm para *C. albicans* y para *E. coli* 15.75 mm por parte del extracto metanólico de sauco RSL3.

**Figura 16**

*Halos de Inhibición con Achiote*



*Nota.* a) extractos acetónicos, b) extractos metanólicos, C) extractos etanólicos.

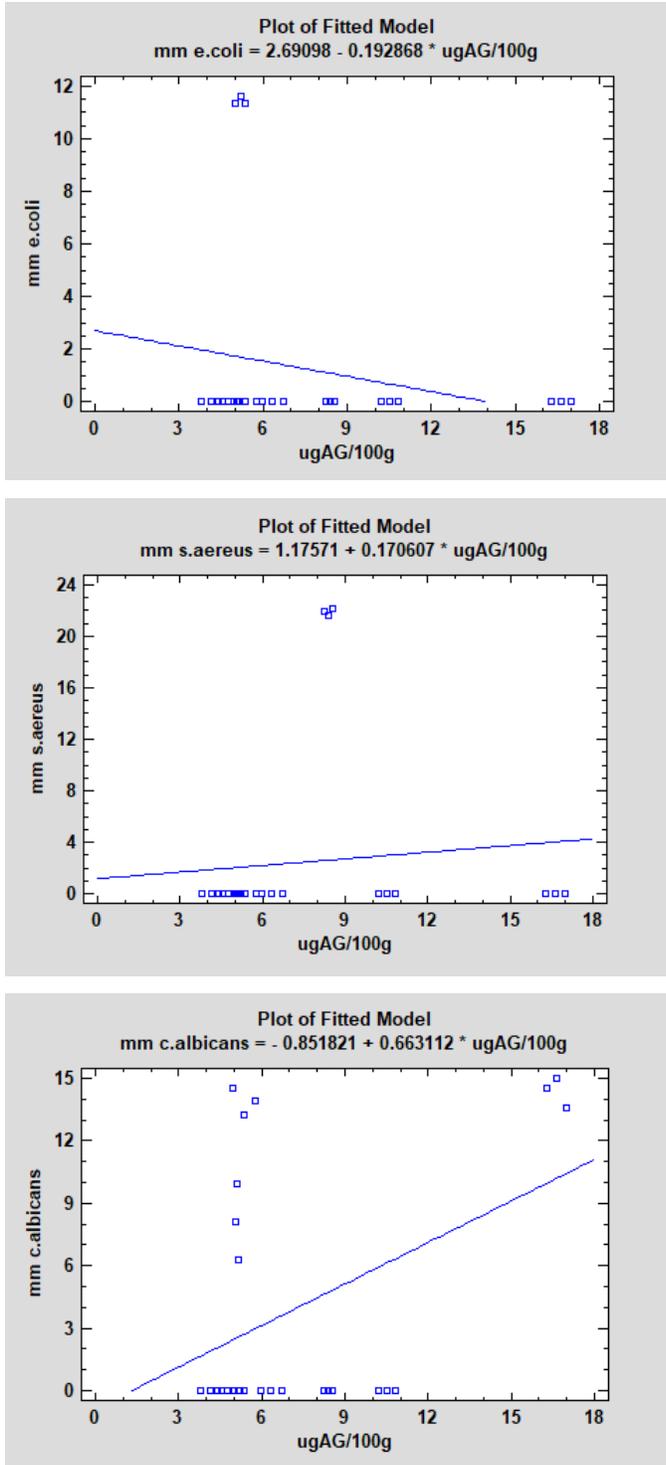
---

Este resultado presenta discrepancias con lo reportado por (Jhoalmis et al., 2020), quienes evaluaron la actividad antimicrobiana de distintos extractos a partir de la planta persea americana usando diversos solventes. En su estudio, se observó resistencia frente a los extractos metanólicos, por parte de *E. coli* y *S. aureus*. Sin embargo, otros estudios demuestran la promisorio capacidad de extraer compuestos antimicrobianos empleando este solvente, así mismo, usando acetona y etanol (Olomieja et al., 2021). Por otro lado, en la investigación de (Gutiérrez & Nadiezhda, 2021), se reporta que no hay inhibición del crecimiento frente a *C. albicans* y (Pereira Da Silva Junior et al., 2023) obtuvieron que tampoco hubo inhibición apreciable frente a *S. aureus* ni *E. coli*, a diferencia de lo hallado en este trabajo, se encontró halo de inhibición frente a los 3 microorganismos.

Es importante resaltar que la calidad y eficacia de un extracto depende de múltiples variables que afectan significativamente el perfil de metabolitos y disponibilidad del compuesto bioactivo en una planta, la parte de la planta usada (Cerón-Ramírez et al., 2022), la genética de la misma, condiciones de cultivo y crecimiento (Segwatibe et al., 2023), el tipo de solvente y su concentración, la RSL (Orellana M., 2019) la temperatura, el método de extracción (Macías G. et al., 2023). Esto sugiere una relación que no es directamente proporcional entre CFT y la capacidad antimicrobiana. Lo cual se confirma por la paupérrima linealidad existente entre estos, presentada para cada microorganismo en la figura 17.

**Figura 17**

*Relación entre Halo de Inhibición y Fenoles Totales con Achiote*



Aun así, se observan diferencias importantes entre el solvente y la RSL usada. Los resultados sugieren que tanto el solvente como RSL influyen sobre la extracción de estos bioactivos, lo cual se valida mediante el ANOVA para cada planta. Se observa en la tabla 2 que tanto los factores como la interacción de estos tiene un efecto significativo para todas las plantas, puesto que presentan un valor  $p < 0.05$  para el solvente, la relación e interacción entre estos.

**Tabla 2**

*Análisis de Varianza para Halos de Inhibición*

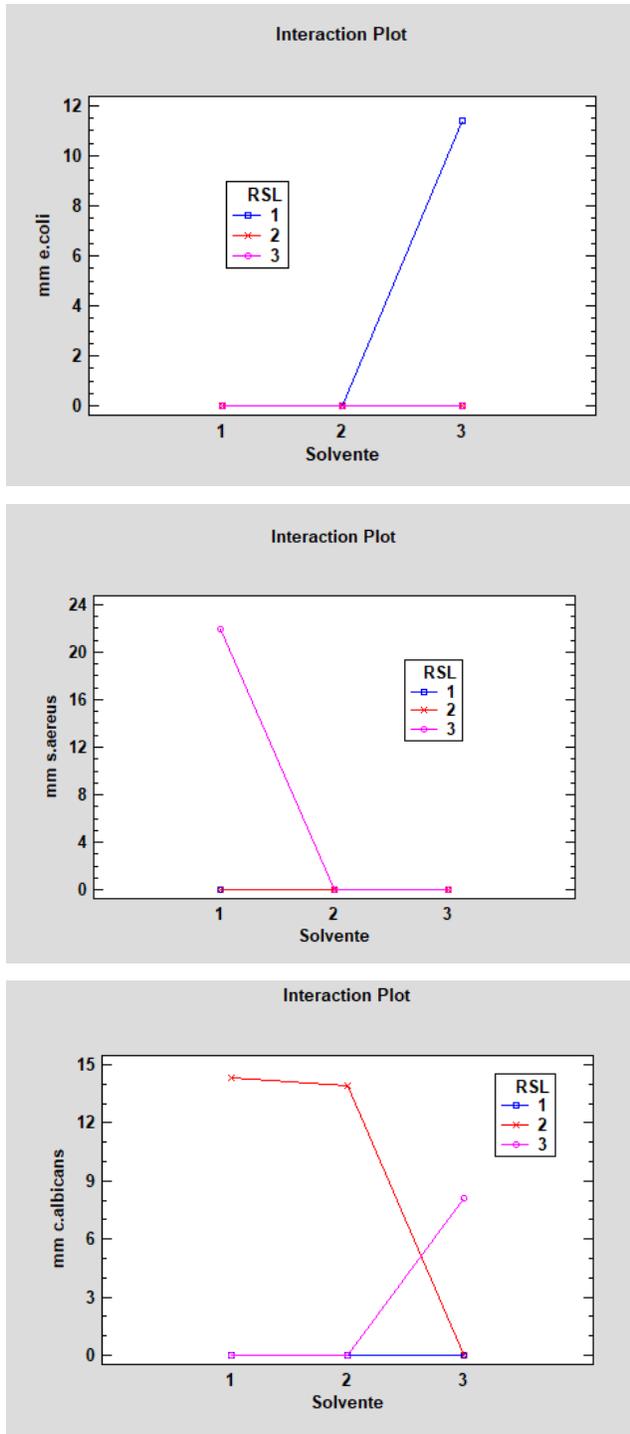
ANOVA	E. coli				S.aereus			Candida		
	Sauco	Achiote	Riñonera	Altamisa	Matarratón	Sauco	Achiote	Matarratón	Árnica	Achiote
STE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RSL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
STE*RSL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Error	0.02	0.00	0.45	2.55	0.01	0.08	0.01	0.24	0.53	0.46
R <sup>2</sup>	0.99	0.99	0.99	0.94	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99

Estos resultados convergen con lo reportado por (Escobar P. & Poaquiza C., 2022), quienes evaluaron la influencia del método de extracción y la RSL sobre la extracción de compuestos antimicrobianos con actividad inhibitoria frente a distintos microorganismos. Hallaron que el efecto, tanto de los factores como de su interacción es significativo. Al igual que (Chamaya et al., 2021), encontraron que tanto el solvente como la concentración de estos tienen gran importancia para la obtención de extractos ricos en compuestos antimicrobianos. Lo cual podría deberse a la capacidad del solvente para extraer compuestos bioactivos específicos, y como la relación afecta el punto de saturación para solubilizar analitos del material vegetal.

Considerando que el ANOVA reveló que existen diferencias significativas, es fundamental examinar con mayor detalle las interacciones entre los factores y profundizar en las comparaciones específicas entre niveles. Lo cual es presentado a continuación, para el achiote. Para ello, se presenta en la figura 18, el gráfico de interacciones, que permite visualizar la relación y el comportamiento conjunto de los factores evaluados, donde se aprecia que la mayor extracción de compuestos con actividad antimicrobiana frente a *E. coli* fue en etanol RSL1, acetona RSL2 y RSL3 para *C. albicans* y *S. aureus* respectivamente.

**Figura 18**

*Gráfico de Interacciones para Halos de Inhibición con Achiote*

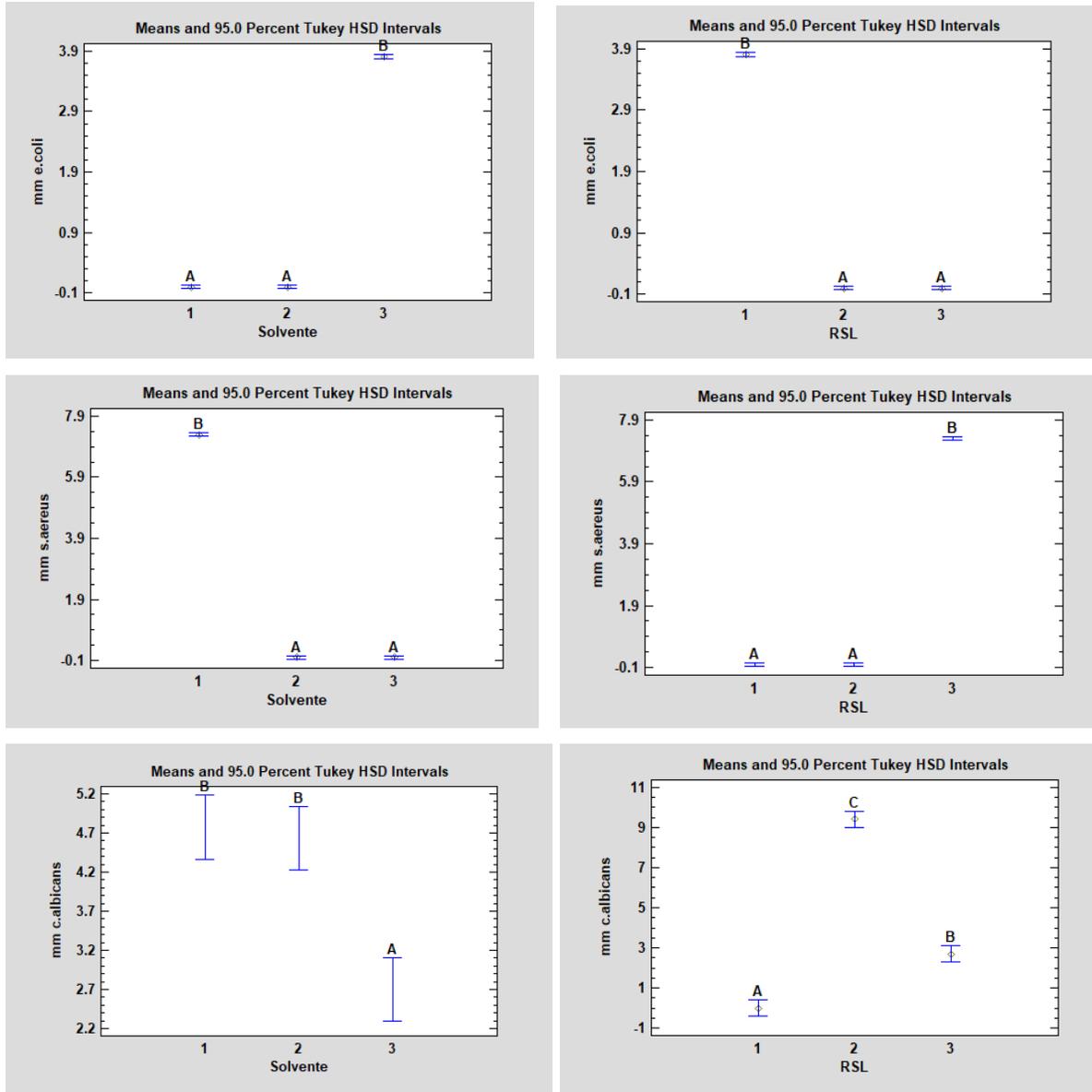


*Nota.* solvente 1: acetona, solvente 2: metanol, solvente 3: etanol

Adicionalmente, la prueba de Turkey presentada en la figura 19, para identificar las diferencias significativas entre pares de niveles, proporciona gran detalle de las comparaciones múltiples y una amplia interpretación de las variaciones observadas en el diseño experimental. Para *E. coli*, se identificaron dos grupos de medias para el solvente y la relación, ya que entre las medias de acetona y metanol no se encontraron diferencias significativas, tal como tampoco, se encontró entre RSL2 y RSL3, lo que sugiere que ambos solventes y ambas relaciones poseen una capacidad equiparable para inhibir el crecimiento microbiano frente a este microorganismo; para *S. aureus* se identificaron dos grupos de medias para cada solvente y relación, ya que entre las medias de metanol y etanol no se encontraron diferencias significativas, tal como tampoco, se encontró entre RSL1 y RSL2, lo que sugiere que ambos solventes y ambas relaciones poseen una capacidad equiparable para inhibir el crecimiento microbiano frente a este microorganismo; para *C. albicans* se identificaron dos grupos de medias para el solvente y 3 para la relación, ya que entre las medias de acetona y metanol no se encontraron diferencias significativas, mientras que entre las tres relaciones si, lo que sugiere que ambos solventes poseen una capacidad equiparable para inhibir el crecimiento microbiano frente a este microorganismo, pero las relaciones si tienen un valor diferenciador en este.

**Figura 19**

*Prueba Turkey para Halos de Inhibición con Achiote*



Nota. solvente 1: acetona, solvente 2: metanol, solvente 3: etanol

### 6.2.3 Actividad antioxidante

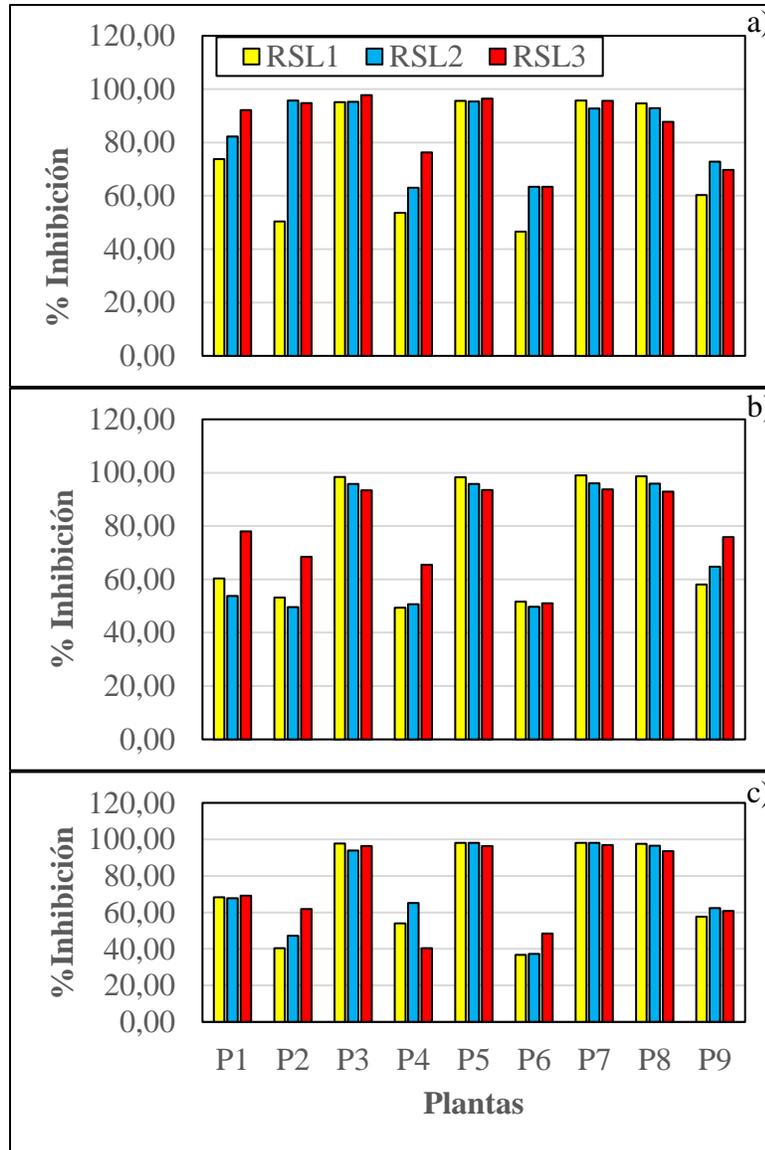
#### Método ABTS

En la figura 20, se observan los porcentajes de inhibición del radical  $ABTS^{\circ+}$  de cada extracto obtenido, ordenado en grupos por solvente y subgrupos por planta. La moringa, el matarratón, el árnica y el achiote sobresalen en los tres solventes y relaciones, resaltando la acetona como mejor solvente para extraer compuestos capaces de capturar radicales libres, puesto que, se encontró que las plantas tienen dicha bioactividad, por encima del 60%. Sin embargo, el punto máximo fue hallado para el extracto metanólico de árnica en RSL1, el cual presentó un porcentaje de inhibición del 98.98%, cabe mencionar que para etanol también se obtuvieron inhibiciones por encima del 98%, que comparado con la investigación de (Ordoñez et al., 2020) que obtuvieron un 80% de inhibición del radical  $ABTS^{\circ+}$ , fue mayor.

Este resultado coincide parcialmente con lo reportado por (Salas-Pérez et al., 2022), quienes evaluaron la extracción a partir de la planta albahaca usando diversos solventes. En su estudio, se observó una mayor capacidad de inhibición del radical en el extracto metanólico y etanólico, siendo el primero apenas superado por el segundo en un 2.5%. Esto sugiere la presencia de compuestos no fenólicos en los extractos, que también contribuyen de manera significativa a la capacidad antioxidante observada. Lo cual se confirma por la paupérrima linealidad existente entre estos, presentada en la figura 21, donde se obtuvo un valor  $p > 0.05$  para el modelo lineal, esto indica que no hay una relación significativamente estadística entre el porcentaje de inhibición del radical  $ABTS$  y el CFT.

**Figura 20**

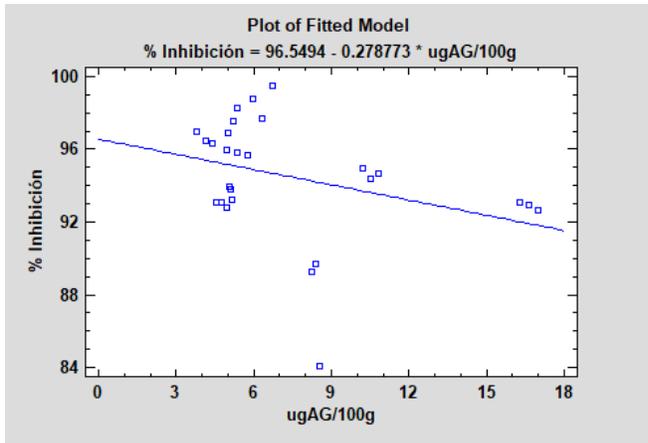
*% Inhibición del Radical ABTS<sup>o+</sup>*



*Nota.* % de inhibición para los extractos de cada planta. a) extractos acetónicos, b) extractos metanólicos, C) extractos etanólicos. P1: Orégano, P2: Riñonera, P3: Moringa, P4: Altamisa, P5: Matarratón, P6: Sauco, P7: Árnica, P8: Achiote, P9: Anamú.

**Figura 21**

*Relación entre % Inhibición y CFT en Achiote*



En este sentido, los resultados sugieren que tanto el solvente como la RSL influyen sobre la extracción de estos bioactivos, lo cual se valida mediante el ANOVA para cada planta. Se observa en la tabla 2, que tanto los factores como la interacción de estos tiene un efecto significativo para la gran mayoría de plantas, a excepción de la moringa y el árnica que presentaron un valor  $p > 0.05$  para el solvente y la relación, así mismo, este último y el achiote, para la interacción entre los factores.

**Tabla 3***Análisis de Varianza para % Inhibición del radical ABTS<sup>o+</sup>*

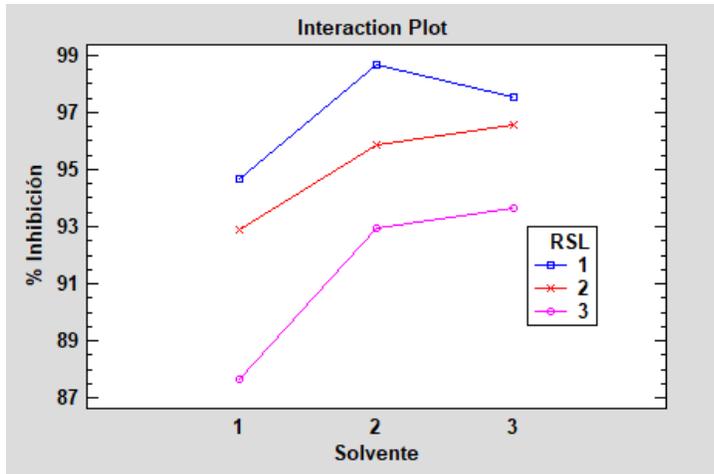
ANOVA	Orégano	Riñonera	Moringa	Altamisa	Matarratón	Sauco	Árnica	Achiote	Anamú
STE	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
RSL	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00
STE * RSL	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.27	0.14	0.00
Error	40.89	6.22	3.93	8.78	0.52	5.27	6.27	1.26	7.43
R2	0.86	0.99	0.51	0.97	0.87	0.96	0.47	0.92	0.89

Estos resultados convergen con lo reportado por (Magangana et al., 2021), quienes evaluaron la influencia del solvente y concentración sobre la actividad antioxidante por el método ABTS en extractos vegetales y hallaron que el efecto, tanto de los factores como de su interacción son significativos. Lo cual podría deberse a la capacidad del solvente para extraer compuestos bioactivos específicos y que la concentración de estos influye en la selectividad de extracción según características propias del solvente a dicha proporción.

Considerando que el ANOVA reveló que existen diferencias significativas, es fundamental examinar con mayor detalle las interacciones entre los factores y profundizar en las comparaciones específicas entre niveles. Lo cual es presentado a continuación para el achiote. Para ello, se presenta en la figura 22, el gráfico de interacciones, que permite visualizar la relación y el comportamiento conjunto de los factores evaluados, donde se aprecia que efectivamente la mayor extracción de compuestos con actividad antioxidante ABTS fue en metanol, en RSL1

**Figura 22**

*Gráfico de Interacciones para % Inhibición del radical ABTS<sup>o</sup>+ con Achiote*

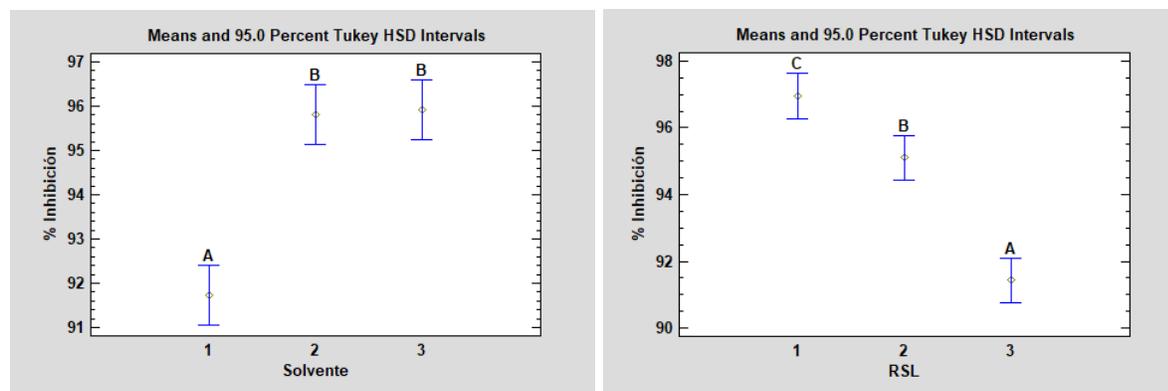


*Nota.* solvente 1: acetona, solvente 2: metanol, solvente 3: etanol

Adicionalmente, la prueba de Tukey presentada en la figura 23, para identificar las diferencias significativas entre pares de niveles, proporciona gran detalle de las comparaciones múltiples y una amplia interpretación de las variaciones observadas en el diseño experimental. Se identificaron tres grupos de medias para cada relación, pero solo dos para los solventes, ya que entre las medias de etanol y metanol no se encontraron diferencias significativas, lo que sugiere que ambos solventes poseen una capacidad equiparable para extraer compuestos con actividad antioxidante frente a radicales libres.

**Figura 23**

*Prueba Turkey para % Inhibición del radical ABTS<sup>o</sup>+ con Achiote*



*Nota.* solvente 1: acetona, solvente 2: metanol, solvente 3: etanol

**Método FRAP**

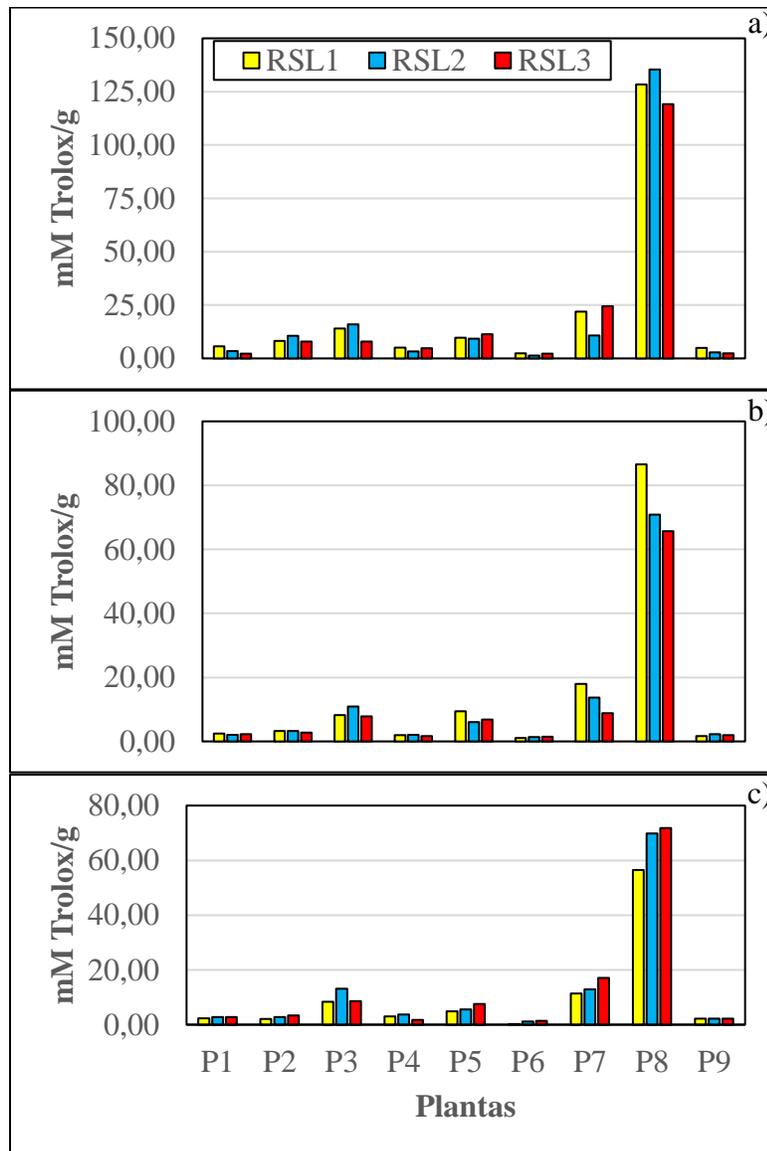
En la figura 24, se observan los mM Trolox Equivalente por cada 1 g de material seco (mM Trolox/g), presentes en cada extracto obtenido, ordenado en grupos por solvente y subgrupos por planta. El achiote sobresale en los tres solventes y relaciones, resaltando la acetona como mejor solvente para extraer compuestos con la capacidad de reducir  $Fe^{+3} \rightarrow Fe^{+2}$  en RSL2, con un valor de 135 mM Trolox/g. Comparado con la investigación de (Zapata et al., 2022), que obtuvieron 4.8 mM Trolox/g, fue mayor.

Este resultado coincide con lo reportado por (Robles-Botero et al., 2020), quienes evaluaron la extracción a partir del tejocote usando diversos solventes. En su estudio, se observó una mayor capacidad de reducción de hierro en el extracto acetónico. De aquí se desprende que los compuestos fenólicos desempeñan un papel clave en la actividad antioxidante observada, al actuar como principales agentes reductores. Lo cual se confirma por la fuerte linealidad existente

entre estos, presentada en la figura 25, donde se obtuvo un valor  $p < 0.05$  para el modelo lineal, esto indica que hay una relación significativamente estadística entre la actividad FRAP y el CFT

**Figura 24**

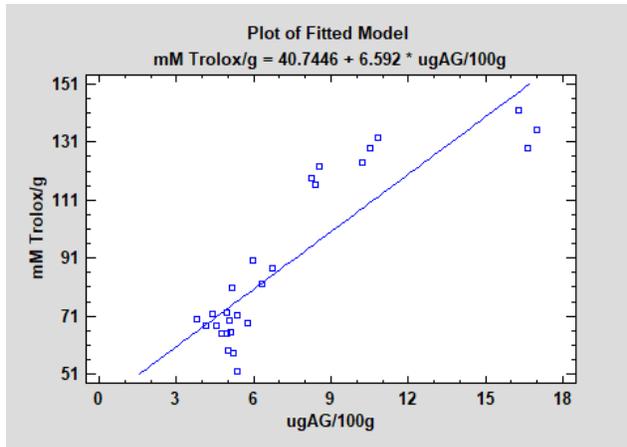
*mM Trolox/g*



*Nota.* mM Trolox/g para los extractos de cada planta. a) extractos acetonicos, b) extractos metanólicos, C) extractos etanólicos. P1: Orégano, P2: Riñonera, P3: Moringa, P4: Altamisa, P5: Matarratón, P6: Sauco, P7: Árnica, P8: Achiote, P9: Anamú.

**Figura 25**

*Relación entre mM Trolox/g y CFT con Achiote*



En este sentido, los resultados sugieren que tanto el solvente, como la RSL influyen sobre la extracción de estos bioactivos, lo cual se valida mediante el ANOVA para cada planta. Se observa en la tabla 4, que tanto los factores como la interacción de estos tiene un efecto significativo para todas las plantas, puesto que presentaron un valor  $p < 0.05$ .

**Tabla 4**

*Análisis de Varianza para mM Trolox/g*

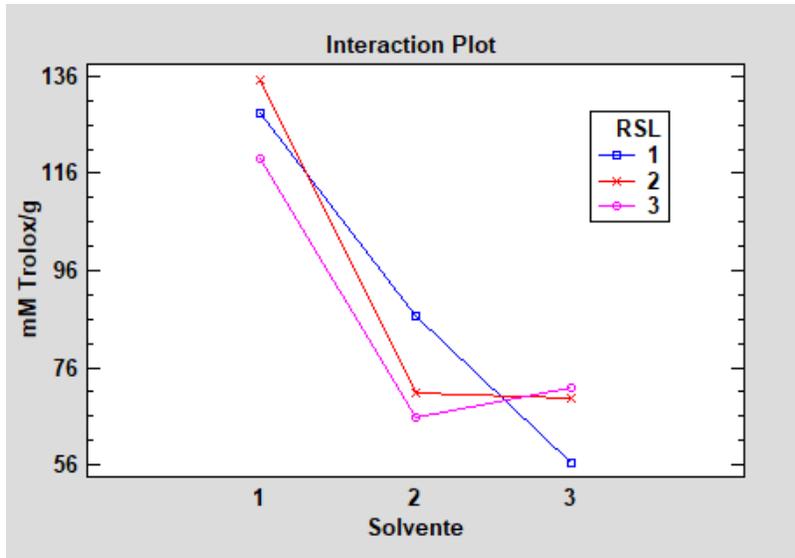
ANOVA	Orégano	Riñonera	Moringa	Altamisa	Matarratón	Sauco	Árnica	Achiote	Anamú
STE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RSL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
STE*RSL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Error	179.95	0.19	0.24	0.06	0.16	0.03	0.03	20.07	0.41
R <sup>2</sup>	0.83	0.98	0.98	0.99	0.99	0.95	0.97	0.98	0.99

Estos resultados convergen con lo reportado por (Alicívar Cedeño et al., 2021), quienes evaluaron la influencia del solvente y la RSL sobre la actividad antioxidante por el método FRAP en extractos vegetales, hallaron que tanto el efecto de los factores como de su interacción son significativos. Lo cual, así como para el método ABTS podría deberse a la capacidad del solvente para extraer compuestos bioactivos específicos y a la interacción entre estos compuestos en distintas concentraciones.

Considerando que el ANOVA reveló que existen diferencias significativas, es fundamental examinar con mayor detalle las interacciones entre los factores y profundizar en las comparaciones específicas entre niveles. Lo cual es presentado a continuación, para el achiote. Para ello, se presenta en la figura 26, el gráfico de interacciones, que permite visualizar la relación y el comportamiento conjunto de los factores evaluados, donde se aprecia que efectivamente la mayor extracción de compuestos con actividad antioxidante FRAP fue en acetona, en RSL2.

**Figura 26**

*Gráfico de Interacciones para mM Trolox/g con Achiote*

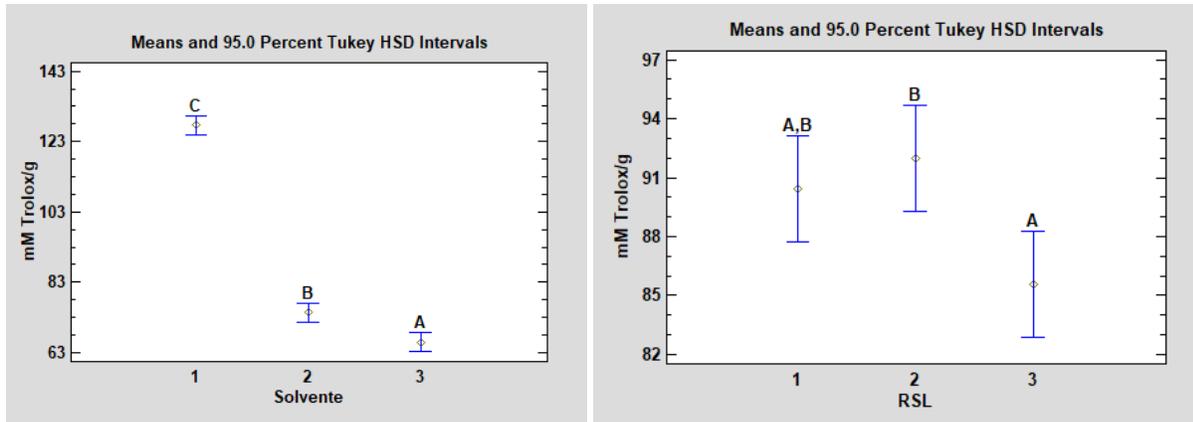


*Nota.* solvente 1: acetona, solvente 2: metanol, solvente 3: etanol

Adicionalmente, la prueba de Turkey presentada en la figura 27, para identificar las diferencias significativas entre pares de niveles, proporciona gran detalle de las comparaciones múltiples y una amplia interpretación de las variaciones observadas en el diseño experimental. Se identificaron tres grupos de medias para cada solvente, pero solo dos para las relaciones, ya que se encontraron diferencias significativas entre las medias de RSL2 y RSL3, pero la RSL1 está entre estas, lo que sugiere que posee una capacidad para extraer compuestos con actividad antioxidante frente a radicales libres, equiparable a las relaciones anteriores.

**Figura 27**

*Prueba Turkey para mM Trolox/g con Achiote*



*Nota.* solvente 1: acetona, solvente 2: metanol, solvente 3: etanol

## 7 Conclusiones

- La metodología combinada de revisión bibliográfica, consulta previa, encuesta y screening preliminar en laboratorio, permitió identificar la presencia de plantas con importante potencial bioactivo en la Región de Urabá, entre las cuales, se destacan achiote, árnica, matarratón, moringa y sauco.
- El achiote es una fuente prometedores de diversos compuestos bioactivos de interés farmacológico y/o alimentario, puesto que mostro una alta capacidad reductora en el método FRAP e inhibidora en el método ABTS, así mismo, actividad antimicrobiana frente a los 3 microorganismos evaluados.
- El solvente y la relación sólido-líquido son factores significativamente influyentes en el proceso de extracción de compuestos bioactivos. Destacando como mayores bioactivos los extractos en acetona, especialmente en la relación 1:8.

## 8 Recomendaciones

- Ampliar el estudio para el achiote, con el objetivo de optimizar condiciones de extracción, evaluando otros factores importantes como temperatura y sistemas de extracción.
- Realizar análisis más detallados, para identificar compuestos específicos responsables de estas propiedades y evaluar la estabilidad del extracto.
- Desarrollar metodologías estandarizadas para la extracción, evaluación e identificación de compuestos bioactivos específicos.
- Explorar aplicaciones industriales de los extractos estudiados, priorizando su uso en la industria farmacéutica, cosmética o alimentaria, para promover el desarrollo sostenible en la región.

### Referencias

- Alcívar Cedeño, U., Burgos Briones, G., Daza López, A., & Lucas Bailón, M. V. (2021). EFECTO DEL ULTRASONIDO EN EL RENDIMIENTO Y COMPOSICIÓN FITOQUÍMICA DE LOS EXTRACTOS DE LIPPIA ALBA (MILL.) N.E. BROWN. *Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 8(1), 47–59. <https://doi.org/10.48204/j.colonciencias.v8n1a4>
- Ayala E., V. A., Villacres F., F. A., Cruz V., J. A., & Espin E., G. D. (2023). *Agentes quimioterápicos antimicrobianos* [Dataset]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9234471>
- Ayantola K. J., Bello O. R., Olugbuyi A. E., Awoyinka T. B., Adeniran T. M., & Fasakin K. F. (2023). Antibacterial, Phytochemical and Antioxidant Activity of *Gliricidia sepium* Crude Extract against Human Pathogenic Bacteria. *Asian Journal of Biotechnology and Bioresource Technology*, 9(4), Article 4. <https://doi.org/10.9734/ajb2t/2023/v9i4192>
- Baratto, L. C. (2023). O conhecimento tradicional associado à biodiversidade amazônica eo potencial bioeconômico da floresta. In *Manual fitoterápico amazônico com foco na atenção Básica sob a ótica da interdisciplinaridade*. [https://www.researchgate.net/profile/Leopoldo-Baratto/publication/377333137\\_O\\_conhecimento\\_tradicional\\_associado\\_a\\_biodiversidad\\_e\\_amazonica\\_e\\_o\\_potencial\\_bioeconomico\\_da\\_floresta/links/65a0b0e540ce1c5902d7c4a0/O-conhecimento-tradicional-associado-a-biodiversidade-amazonica-e-o-potencial-bioeconomico-da-floresta.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Leopoldo-Baratto/publication/377333137_O_conhecimento_tradicional_associado_a_biodiversidad_e_amazonica_e_o_potencial_bioeconomico_da_floresta/links/65a0b0e540ce1c5902d7c4a0/O-conhecimento-tradicional-associado-a-biodiversidade-amazonica-e-o-potencial-bioeconomico-da-floresta.pdf)
- Bernal, H. Y., & Sánchez, C. M. (2022). *Plantas medicinales endémicas de Colombia* (Version 2.6, p. 204 records) [Data as a Darwin Core Archive file, Metadata as an EML file, Metadata as an RTF file]. [object Object]. <https://doi.org/10.15472/DAYDGM>

- 
- Cairampoma P., D., & Martinez E., B. E. (2024). *Poder bactericida del aceite esencial de Bixa orellana L. (achiote)*.
  - Cerón-Ramírez, L. B., Talamantes-Gómez, J. M., Corona Gochi, L., & Márquez-Mota, C. C. (2022). Efecto del solvente de extracción sobre el contenido compuestos fenólicos de hojas, tallo y planta completa de *Tithonia diversifolia*. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 25(3), 134–135. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.21.25.27>
  - Chamaya, B. D., Nataly, M., Heredia, B. V., Paolo, J., Cabrera, M., & Janett, A. (2021). *PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE QUÍMICO FARMACÉUTICO*. <http://50.18.8.108/bitstream/handle/20.500.14140/446/TESIS%20%20Diaz%20-%20Vidarte.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  - Chaudhry, F., Ahmad, M. L., Hayat, Z., Ranjha, M. M. A. N., Chaudhry, K., Elboughdiri, N., Asmari, M., & Uddin, J. (2022). Extraction and Evaluation of the Antimicrobial Activity of Polyphenols from Banana Peels Employing Different Extraction Techniques. *Separations*, 9(7), 165. <https://doi.org/10.3390/separations9070165>
  - Chaves, N., Santiago, A., & Alías, J. C. (2020). Quantification of the Antioxidant Activity of Plant Extracts: Analysis of Sensitivity and Hierarchization Based on the Method Used. *Antioxidants*, 9(1), 76. <https://doi.org/10.3390/antiox9010076>
  - Cupido, M., De-Nova, J. A., & Cilia-López, V. G. (2023). Aproximaciones evolutivas en etnobotánica de plantas medicinales y bioprospección. *Botanical Sciences*, 102(1), Article 1. <https://doi.org/10.17129/botsci.3325>
  - Echeverri, A., Ramírez, J. G., & Duque C., J. C. (n.d.). *Urabá: Un mar de oportunidades*. <https://www.eafit.edu.co/investigacion/revistacientifica/edicion-162/Paginas/uraba-un-mar-de-oportunidades.aspx>

- 
- Elena, C. S. K., Osorio, L., & Briggithe, S. (2021). *Uso de plantas medicinales en usuarios de los mercados de abastos del distrito de la victoria. Lima 2021.* [https://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13053/5840/T061\\_47917880\\_45531329\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13053/5840/T061_47917880_45531329_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  - Escobar J., L. J., Gomajoa E., H. A., Malte O., A. D., Ordoñez O., L. A., & Unigarro, D. F. (2021). *Evaluación de la capacidad antioxidante de los compuestos bioactivos de Luma Apiculata, Juglans neotropica Diels, Cymbopogon citratus (DC.) Stapf y Bixa orellana L. obtenidos por maceración.* <https://revistas.umariana.edu.co/index.php/BoletinInformativoCEI/article/view/2576/2841>
  - Escobar P., J. E., & Poaquiza C., K. G. (2022). *DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ANTIOXIDANTES, ANTIMICROBIANAS Y CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES EN DOS VARIEDADES DE MALANGA (Xanthosoma sagittifolium L. Schott) MALANGA BLANCA (Xanthosoma sagittifolium) MALANGA MORADA (Xanthosoma violaceum), EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR.* <https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b78f4184-d433-47ac-b262-6ed43db881a3/content>
  - Fedko, M., Siger, A., Szydłowska-Czerniak, A., Rabiej-Kozioł, D., Tymczewska, A., Włodarczyk, K., & Kmiecik, D. (2024). The Effect of High-Temperature Heating on Amounts of Bioactive Compounds and Antiradical Properties of Refined Rapeseed Oil Blended with Rapeseed, Coriander and Apricot Cold-Pressed Oils. *Foods*, 13(15), 2336. <https://doi.org/10.3390/foods13152336>
  - Franklin, V. A., Bach Hi, E. M., Wadt, N. S. Y., & Bach, E. E. (2023). Aqueous extract from urucum (*Bixa orellana* L.): Antimicrobial, antioxidant, and healing activity. *Porto Biomedical Journal*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.1097/j.pbj.0000000000000183>

- 
- Gallegos-Zurita, M., Castro-Posligua, A., Maité Mazacon-Mora, Salazar-Carranza, L., & Bacusoy, M. Z.-. (2021). *Plantas medicinales, su uso en afecciones respiratorias en comunidades rurales, provincia Los Ríos – Ecuador*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.5507565>
  - Garcia S., P. (2016). *Técnicas analíticas avanzadas para la determinación de compuestos bioactivos en muestras vegetales* [Universidad de Granada]. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/43689/26119225.pdf;sequence=6>
  - Gobernación de Antioquia. (n.d.). *Urabá*. <https://www.antioquia.gov.co/uraba/#:~:text=Ocupa%20una%20extensi%C3%B3n%20de%2011.664%20km2%2C%20tiene%20una,Carepa%2C%20Chigorod%C3%B3%2CMutat%C3%A1%2C%20Turbo%2C%20Murind%C3%B3%20y%20Vig%20del%20Fuerte>.
  - Gutiérrez, M., & Nadiezhda, J. (2021). *EFECTO ANTIMICROBIANO DE EXTRACTO DE HOJA DE BIXA ORELLANA L. FRENTE A MICROORGANISMOS CAUSANTES DE INFECCIONES VAGINALES*. [http://190.12.84.13:8080/bitstream/handle/20.500.13084/6184/UNFV\\_FCNM\\_Marcas\\_Jenny\\_Titulo\\_profesional\\_2021.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://190.12.84.13:8080/bitstream/handle/20.500.13084/6184/UNFV_FCNM_Marcas_Jenny_Titulo_profesional_2021.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
  - Heredia H., J. A. (2023). *Uso tradicional de las plantas medicinales en los pobladores del distrito de Puente Piedra—Lima de febrero-mayo 2023*. <https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/6cfa9d52-a738-4322-a17a-2cf4cc2ac193/content>
  - Hernandez C., J. E. (2022). *Contribución a la estandarización de un extracto de plantas con antecedentes etnofarmacológicos de actividad antimalárica, por medio de evaluación fitoquímica y actividad biológica*.

- 
- Hernández-Moreno, L. V., Salazar, J. R., Pabón, L. C., & Hernández-Rodríguez, P. (2022). Actividad antioxidante y cuantificación de fenoles y flavonoides de plantas colombianas empleadas en infecciones urinarias. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 25(1), Article 1. <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n1.2022.1690>
  - Hincapié, M. Á. (2019, May 2). *Invima aceptó más de 360 plantas medicinales con fines terapéuticos*. <https://www.elmundo.com/noticia/Invima-acepto-mas-de-360-plantasmedicinales-con-fines-terapeuticos/376453>
  - Jhoalmis, S.-Castrillo., Gómez-Rave, L. J., Muñoz, A. X., Ramírez-Hoyos, F., Patiño-Rojas, I., Zapata-Baron, S., León-Rojas, D., & Bermúdez-Pirela, V. (2020). *Evaluación de la actividad antimicrobiana in vitro de extractos de Persea americana (Aguacate) variedad Choquette sobre el crecimiento de Staphylococcus aureus y Escherichia coli*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4064181>
  - Jiménez González, A., Mora Zamora, K. J., Rosete Blandariz, S., & Cabrera Verdesoto, C. A. (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>
  - Juárez, L. M. V., Pérez, D. G. H., Sazada, D. K. W., & Gómez, X. S. R. (2022). *Estimación de la actividad antioxidante de extractos vegetales* (No. 1). *II*(1), Article 1.
  - Jurado N., F. de M., & Ortega T., F. (2024). *Estudio etnofarmacológico de las plantas medicinales con mayor uso para el tratamiento de la gastritis en el distrito de Pachiza, Mariscal Cáceres, noviembre 2023* [Universidad María Auxiliadora]. <https://repositorio.uma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12970/2014/TESIS%20JURADO-ORTEGA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  - Justiniano Salazar. (2023). *Aportes del diplomado. Etnoeducación, interculturalidad y diversidad ofrecido por la Universidad de La Guajira a docentes de Mitú, Vaupés*,

*Colombia. Los conocimientos ancestrales se han perdido.*  
<https://doi.org/10.5281/ZENODO.7883793>

- Kovács, B., Szemerédi, N., Csikós, O., Kiss, T., Veres, K., Spengler, G., Csupor-Löffler, B., & Csupor, D. (2024). Chemical composition, antimicrobial and antiproliferative activity of the essential oil from *Ambrosia artemisiifolia* L. *Journal of Essential Oil Research*, 36(1), Article 1. <https://doi.org/10.1080/10412905.2024.2303449>
- Limón, R. (2021, June 10). *El conocimiento medicinal indígena se extingue sin dejar rastro.* <https://elpais.com/ciencia/2021-06-11/el-conocimiento-medicinal-indigena-se-extingue-sin-dejar-rastro.html>
- Lizarazo L., C. A., Hoyos V., C. O., & Pinilla H., J. D. (2023). *Bioeconomía para la cosmética: Etnobotánica, sostenibilidad y bienestar. Una Consultoría en innovación para BELCORP.*  
<https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/12647/PinillaJuan2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López Barrios, E. P., Pabón Vidal, A. L., Morales Morales, P. A., Blair Trujillo, S., Peláez Jaramillo, C. A., & Araque Marín, P. (2018). Actividad antiplasmodial in vitro de metabolitos secundarios de *Solanum nudum* provenientes de dos regiones de Colombia. *Revista EIA*, 15(30), Article 30. <https://doi.org/10.24050/reia.v15i30.1033>
- Macías G., E., García M., J., Cisneros P., I., & García M., S. (2023). *Evaluación de los métodos de extracción de curcumina de la cúrcuma (Curcuma longa).* 6. <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/136/202>
- Magangana, T. P., Makunga, N. P., Amos Fawole, O., & Opara, U. L. (2021). Effect of Solvent Extraction and Blanching Pre-Treatment on Phytochemical, Antioxidant

Properties, Enzyme Inactivation and Antibacterial Activities of ‘Wonderful’ Pomegranate Peel Extracts. *Processes*, 9(6), 1012. <https://doi.org/10.3390/pr9061012>

- Malpica-Acosta, S. B., Acosta-Osorio, A. A., Benedito-Fort, J. J., & Castillo-Zamudio, R. I. (2024). Efecto de tres métodos de extracción en el rendimiento, actividad antioxidante, fenoles totales y estabilidad de extractos de hojas de *Plectranthus amboinicus*. *CienciaUAT*, 91–106. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v18i2.1797>
- Mena, R. A. M., Cadavid, M. E. C., Pulido, S. Y. P., Gómez, S. P. M., Guzmán, M. C. V., Boldini, J. M., & Berdugo, S. E. B. (2018). *Recursos medicinales: La etnobotánica de plantas medicinales como alternativa de estudio de los servicios ecosistémicos en el occidente de Colombia*.
- Mendoza H., A. H., Niño Hernandez, M. A., Chaloupkova, P., & Fernandez-Cusimamani, E. (2021). Ethnobotanical study of the use of medicinal plants in the indigenous Pijao community in Natagaima, Colombia. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas*, 20(5), Article 5. <https://doi.org/10.37360/blacpma.21.20.5.35>
- Mendoza S., N. R. (2023). *Fortalecimiento de la medicina ancestral desde las plantas Ulimorrial y Matarratón en la comunidad indígena Senú Los Almendros – Municipio El Bagre, Departamento de Antioquia* [Universidad de Antioquia]. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/36063/1/MendozaNelis\\_2023\\_20FortalecimientomedicinaAncestral.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/36063/1/MendozaNelis_2023_20FortalecimientomedicinaAncestral.pdf)
- MINSALUD. (2013, November 14). *Glosario de terminos—Todos los elementos*. <https://www.minsalud.gov.co/Lists/Glosario/AllItems.aspx?Paged=TRUE&PagedPrev=TRUE&p%255FOrigen=Sismed&p%255FTitle=IPS&p%255FID=97&PageFirstRow=21&SortField=Origen&SortDir=Asc&View=%7B227CA092%2DA1CA%2D46FB%2DAF6%2D2B5986093D90%7D>

- 
- Moncayo L., M. del R., Ramírez A., M. G., Ortíz E., T. B., Guzmán S., T. L., & Segura C., M. A. (2023). *Influencia de sustratos de arena y soluciones orgánicas en la concentración de compuestos fenólicos de albahaca (Ocimum basilicum L.) extraídos con solventes orgánicos*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9181721>
  - Mosquera Mena, R. A., Carmona Cadavid, M. E., Pulido Pulido, S. Y., Vinasco Guzmán, M. C., Moraes Boldini, J., Barrera Berdugo, S. E., & Montenegro Gómez, S. P. (2019). Recursos Medicinales. In *Servicios ecosistémicos: Un enfoque introductorio con experiencias del occidente Colombiano* (pp. 70–88). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD. <https://doi.org/10.22490/9789586516358.04>
  - Olomieja, A. O., Olanrewaju, I. O., Ayo-Ajayi, J. I., Jolayemi, G. E., Daniel, U. O., & Mordi, R. C. (2021). Antimicrobial and Antioxidant properties of *Petiveria alliacea*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 655(1), Article 1. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/655/1/012015>
  - OMS. (2023). *Antimicrobial resistance*. <https://www.who.int/health-topics/antimicrobial-resistance>
  - ONIC. (2024). *Pueblos Indígenas de Colombia*. <https://onic.org.co/pueblos>
  - Ordoñez, E., López, A., & Reátegui, D. (2020). *Infusiones de plantas medicinales: Actividad antioxidante y fenoles totales*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8085663>
  - Orellana M., M. M. (2019). *Extracción de compuestos fenólicos a partir del Achachairú*. <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/34637/PG-7384.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- 
- Ortiz A., C. A. (2022). *Desarrollo de una bebida a base de frutas tropicales y verduras e inclusión de un extracto de capuchina (Tropaeolum majus)*. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/82100/1013654273.2022.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
  - Perdomo, R. M. G. (2023). *La Gestión Del Conocimiento Como Estrategia Para La Sostenibilidad De Las*. <https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/13280/GuegiaRudth2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  - Pereira Da Silva Junior, J. P., Da Costa Nogueira, J., Rocha Gomes, W., & Freitas, A. D. G. D. (2023). Avaliação In Vitro do Potencial Antimicrobiano de Extratos do Urucum (*Bixa orellana* L.). *UNICIÊNCIAS*, 27(2), 130–133. <https://doi.org/10.17921/1415-5141.2023v27n2p130-133>
  - Pinkerton, N., Schmidt, K., Xamplas, J., Fulk, E., Zuehlke, E., Dombrowski, J., Sleyster, B., Cignoni, R., & Jamil, O. (2016). *Separation processes*. [https://processdesign.mccormick.northwestern.edu/index.php/Separation\\_processes](https://processdesign.mccormick.northwestern.edu/index.php/Separation_processes)
  - Puyo, C. (2018). *LA ETNOBOTÁNICA UN LEGADO ANCESTRAL, QUE DEBE SER RECUPERADA EN BENEFICIO DE LAS NUEVAS GENERACIONES*. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17810/PuyoAnaconaClaudiaMilena2018.pdf?sequence=2>
  - Radice, M., Scalvenzi, L., & Gutierrez Del Pozo, D. (2020). Etnofarmacología, bioactividad y fitoquímica de *Maxillaria densa* Lindl. Revisión científica y biocomercio en el neotrópico. *Colombia forestal*, 23(2), Article 2. <https://doi.org/10.14483/2256201X.15924>

- 
- Ramirez R., M. I. (2020). *Actividad antiinflamatoria de plantas medicinales*. [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Leon-41/publication/344025357\\_Actividad\\_antiinflamatoria\\_de\\_plantas\\_medicinales\\_-\\_Anti-inflammatory\\_activity\\_of\\_medicinal\\_plants\\_Review/links/5f4e51be458515e96d1f227e/Actividad-antiinflamatoria-de-plantas-medicinales-Anti-inflammatory-activity-of-medicinal-plants-Review.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Leon-41/publication/344025357_Actividad_antiinflamatoria_de_plantas_medicinales_-_Anti-inflammatory_activity_of_medicinal_plants_Review/links/5f4e51be458515e96d1f227e/Actividad-antiinflamatoria-de-plantas-medicinales-Anti-inflammatory-activity-of-medicinal-plants-Review.pdf)
  - Remali, J., & Aizat, W. M. (2021). A Review on Plant Bioactive Compounds and Their Modes of Action Against Coronavirus Infection. *Frontiers in Pharmacology*, *11*, 589044. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.589044>
  - Ríos Z., Y. M. (2023). *Fortalecimiento ancestral de plantas medicinales con jóvenes de la Asociación de negritudes de Zaragoza (ANEZA), en el municipio de Remedios-Antioquia*. <https://repository.libertadores.edu.co/server/api/core/bitstreams/fcc10312-dbf8-4c7c-a269-1dea1dd2972a/content>
  - Robles-Botero, M. V., Ronquillo-de Jesús, E., Quiroz-Reyes, C. N., & Aguilar-Méndez, M. A. (2020). Caracterización e identificación de compuestos bioactivos con actividad antioxidante de la cáscara, pulpa y semilla del fruto de tejocote (*Crataegus mexicana*). *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, *23*. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.233>
  - Ross, L. (2023). *An evaluation of the antioxidant and antimicrobial properties of bee products commercially available in the UK* [University of Chester]. <http://hdl.handle.net/10034/94567>
  - Salas-Pérez, L., Moncayo-Lujan, M. D. R., Borroel-García, V. J., Guzmán-Silos, T. L., & Ramírez-Aragón, M. G. (2022). Composición fitoquímica y actividad antioxidante en tres variedades de albahaca por efecto de distintos solventes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *28*, 113–123. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3267>

- 
- Salomone, A. (2020). Actividad antimicrobiana de diferentes extractos obtenidos a partir de la vieira patagónica (*Zygochlamys patagonica*). *Marine and Fishery Sciences (MAFIS)*, 33(2), Article 2. <https://doi.org/10.47193/mafis.3322020301102>
  - Salvatori, E. S., Morgan, L. V., Ferrarini, S., Zilli, G. A. L., Rosina, A., Almeida, M. O. P., Hackbart, H. C. S., Rezende, R. S., Albeny-Simões, D., Oliveira, J. V., Gasparetto, A., Müller, L. G., & Dal Magro, J. (2023). Anti-Inflammatory and Antimicrobial Effects of Eucalyptus spp. Essential Oils: A Potential Valuable Use for an Industry Byproduct. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2023, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2023/2582698>
  - Sanchez R., J. M., & Torres M., L. (2020). *Educación, etnobotánica y rescate de saberes ancestrales en el Ecuador*. <https://ww.revistaespacios.com/a20v41n23/a20v41n23p14.pdf>
  - Santos, T. G. D., Amaral, R. R. D., Vieitas, D. R. I., & Monteiro Neto, M. D. A. B. (2023). ANÁLISIS ETNOFARMACOLÓGICO DE LAS PLANTAS MEDICINALES EN UNA COMUNIDAD QUILOMBOLA: ÉNFASIS EN LAS ENFERMEDADES CRÓNICAS\*. *Cogitare Enfermagem*, 28, e88742. <https://doi.org/10.1590/ce.v28i0.93159>
  - Segwatibe, M. K., Cosa, S., & Bassey, K. (2023). Antioxidant and Antimicrobial Evaluations of Moringa oleifera Lam Leaves Extract and Isolated Compounds. *Molecules*, 28(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/molecules28020899>
  - Sierra, S. I. (2023). *Análisis de compuestos bioactivos y tóxicos naturales en alimentos de origen vegetal. Avances en la aplicación de técnicas miniaturizadas en preparación de muestra*. <https://burjcdigital.urjc.es/handle/10115/22309>
  - Valoyes, D. C., & Palacios P., L. (2020). Patrones de uso de las plantas medicinales en el Chocó y Cauca (Colombia). *Ciencia en Desarrollo*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.19053/01217488.v11.n2.2020.10583>

- 
- Verdezoto Bósquez, A., Bayas-Morejón, F., Monter, D., Cuenca García, Y., & Lema Osorio, P. (2023). Analisis de la actividad antioxidante y antimicrobiana del propóleo en la provincia Bolívar, Ecuador. *Bionatura*, 8(4), 1–13. <https://doi.org/10.21931/RB/2023.08.04.8>
  - Walasek-Janusz, M., Grzegorzcyk, A., Malm, A., Nurzyńska-Wierdak, R., & Zalewski, D. (2024). Chemical Composition, and Antioxidant and Antimicrobial Activity of Oregano Essential Oil. *Molecules*, 29(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/molecules29020435>
  - Werner, M. (2024). *Biodiversidades situadas y mundos múltiples: La defensa de los conocimientos tradicionales desde la Red de Mujeres Indígenas sobre Biodiversidad en Colombia*. [https://kups.ub.uni-koeln.de/71892/1/Dissertation\\_Meike\\_Werner.pdf](https://kups.ub.uni-koeln.de/71892/1/Dissertation_Meike_Werner.pdf)
  - Zapata, J. E., Sepúlveda, C. T., & Álvarez, A. C. (2022). Kinetics of the thermal degradation of phenolic compounds from achiote leaves (*Bixa orellana* L.) and its effect on the antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 42, e30920. <https://doi.org/10.1590/fst.30920>
  - Zhang, Y., Cai, P., Cheng, G., & Zhang, Y. (2022). A Brief Review of Phenolic Compounds Identified from Plants: Their Extraction, Analysis, and Biological Activity. *Natural Product Communications*, 17(1), 1934578X211069721. <https://doi.org/10.1177/1934578X211069721>

Anexos

Anexo 1. Evaluación de condiciones para montaje del método ABTS

Figura 28:

Cinética de degradación de ABTS.

