



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

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

**MODALIDAD:**  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TEMA:**  
EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLAS DE MARACUYÁ  
(*Passiflora edulis*) Y SU INCIDENCIA EN LA INHIBICIÓN  
DE *Staphylococcus aureus*

**AUTORAS:**  
BRAVO VERA JANETH CRISTINA  
NEVÁREZ DELGADO MARÍA JOSÉ

**DIRECTOR DE TESIS:**  
GERARDO CUENCA-NEVÁREZ, MSc.

**CHONE – MANABÍ – ECUADOR**

AGOSTO, 2022

## **DEDICATORIA**

Esta investigación se la dedico a Dios el Universo por permitir culminar este momento muy importante en mi viaje de la vida. A mi persona por no decaer en ningún momento y seguir adelante porque nunca me limito a nada. A mi madre porque confió en mí y siempre me motivo para seguir adelante sin que ninguna adversidad me detenga para seguir mis sueños. A mi abuela Mariana la persona que me dio su bendición cada día antes de irme a mis clases. Las quiero esta investigación es para ustedes con mucho cariño.

***Janeth Cristina Bravo Vera***

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por su infinita bondad, y por haber estado conmigo en los momentos que más lo necesitaba, por darme salud, fortaleza, responsabilidad y sabiduría, por haberme permitido culminar una de mis metas, y porque tengo la certeza y el gozo de que siempre va a estar conmigo.

A mi madre, por ser la mejor, por haber estado conmigo apoyándome en los momentos difíciles, por dedicar tiempo y esfuerzo para ser una persona de bien, y darme excelentes consejos en mi caminar diario, que con su ejemplo y dedicación me ha instruido para seguir adelante en mi vida profesional.

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que forman parte de la Universidad Técnica de Manabí, por confiar en mí, abrirme las puertas y por darme la oportunidad de estudiar y ser una profesional. Finalmente a mi tutor de tesis, Biólogo Gerardo Cuenca por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito. También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

***Janeth Cristina Bravo Vera***

## DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico a Dios que siempre estuvo ahí para darme fuerza y sabiduría para seguir avanzando; a mis padres, especialmente a mi madre que siempre estuvo ahí, a mis hermanos; y también me la dedico a mi porque fue mi esfuerzo y mis ganas de seguir avanzando.

***María José Nevárez Delgado***

## **AGRADECIMIENTO**

Mi primer agradecimiento es a Dios porque gracias a él estoy llegando hasta esta meta y a mis padres, gracias a mi madre María Delgado por enseñarnos e impulsarnos a salir adelante, gracias a mi hermana Priscilla Nevárez que siempre ha estado ahí ayudando y guiándome en mis pasos, gracias también a mi mejor amiga Jessica Navarrete que siempre estuvo conmigo en mis momentos buenos y también malos. Gracias nuestro tutor de tesis el Blgo. Gerardo Cuenca Nevárez por enseñarnos y tener esa paciencia que tiene un buen docente.

En general gracias a cada persona que estuvo en el paso de mi vida apoyándome de una u otra forma.

***María José Nevárez Delgado***

## CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Gerardo Cuenca-Nevárez, MSc. catedrático de la Facultad de Ciencias Zootécnicas, extensión Chone de la Universidad Técnica de Manabí CERTIFICO, que el presente trabajo de titulación: “**EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLAS DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*) Y SU INCIDENCIA EN LA INHIBICIÓN DE *Staphylococcus aureus***”, ha sido realizada por la egresada: Lara Mera María Monserrate; bajo la dirección del suscrito habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Chone, agosto de 2022

---

Gerardo Cuenca-Nevárez, MSc.  
**DIRECTOR DE TESIS**

# CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN

## TESIS DE GRADO

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

## INGENIERO EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS

TEMA:

**“EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLAS DE  
MARACUYÁ (*Passiflora edulis*) Y SU INCIDENCIA EN LA INHIBICIÓN DE  
*Staphylococcus aureus*”**

REVISADA Y APROBADA POR:

Dr. Mario Bonilla Loor  
REVISOR DE TESIS

\_\_\_\_\_

Ing. \_\_\_\_\_  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

\_\_\_\_\_

Ing. \_\_\_\_\_  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. \_\_\_\_\_  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

\_\_\_\_\_

## **DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DE LOS AUTORES**

BRAVO VERA JANETH CRISTINA y NEVÁREZ DELGADO MARÍA JOSÉ, declaran bajo juramento que el presente proyecto de investigación es absolutamente original y de mi autoría, siendo el más fiel reflejo de los conocimientos adquiridos en mi formación académica superior, me permito manifestar que las referencias bibliográficas han sido consultadas y son de mi absoluta responsabilidad.

**BRAVO VERA JANETH CRISTINA**

**NEVÁREZ DELGADO MARÍA JOSÉ**



# ÍNDICE

<i>DEDICATORIA</i> .....	<i>II</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	<i>III</i>
<i>DEDICATORIA</i> .....	<i>IV</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	<i>V</i>
<i>CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS</i> .....	<i>VI</i>
<i>CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN</i> .....	<i>VII</i>
<i>DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DE LOS AUTORES</i> .....	<i>II</i>
<i>ÍNDICE</i> .....	<i>III</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i> .....	<i>VI</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i> .....	<i>VII</i>
<i>RESUMEN</i> .....	<i>VIII</i>
<i>ABSTRACT</i> .....	<i>IX</i>
<i>1. INTRODUCCIÓN</i> .....	<i>1</i>
1.1. Planteamiento del Problema .....	<i>3</i>
<i>2. JUSTIFICACIÓN</i> .....	<i>3</i>
<i>3. OBJETIVOS</i> .....	<i>4</i>
3.1 Objetivo General.....	<i>4</i>
3.2 Objetivos Específicos .....	<i>4</i>
<i>4. HIPÓTESIS</i> .....	<i>5</i>
<i>5. MARCO REFERENCIAL</i> .....	<i>5</i>
5.1. El maracuyá.....	<i>5</i>
5.1.1. Las hojas .....	<i>5</i>

5.1.2.	Las flores .....	6
5.1.3.	La baya o semilla .....	6
5.1.4.	El fruto .....	7
5.2.	Variedades.....	8
5.2.1.	Maracuyá Tropifrutas ( <i>Pasiflora edulis</i> variedad <i>flavicarpa</i> ). .....	9
5.2.2.	Maracuyá INIAP 2009 ( <i>Pasiflora edulis</i> variedad <i>purpura sims</i> )......	10
5.3.	Características botánicas.....	11
5.4.	Composición bromatológica del maracuyá .....	11
5.5.	Producción de maracuyá .....	12
5.6.	Extractos a partir del maracuyá.....	13
5.6.1.	Hidrolatos. ....	13
5.7.	Métodos de extracción .....	14
5.7.1.	Trampa clevenger.....	14
5.7.2.	Destilación con agua o hidrodestilación .....	15
5.7.3.	Destilación por arrastre con vapor de agua. ....	15
6.	<i>MATERIALES Y MÉTODOS</i> .....	16
6.1.	LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	16
6.2.	EXTRACCIÓN DEL ACEITE .....	16
6.2.1.	Rendimiento del aceite.....	18
6.3.	ANÁLISIS DE LABORATORIO .....	18
6.3.1.	Análisis fisicoquímico .....	18
6.3.2.	Análisis antimicrobiano .....	21
6.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	22
7.	<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i> .....	23
7.1.	ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE DE SEMILLA DEMARACUYÁ EXTRAÍDO .....	23
7.2.	ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LOS ACEITES .....	24

7.3. ANÁLISIS ANTIMICROBIANO.....	28
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	29
8.1. CONCLUSIONES .....	29
8.2. RECOMENDACIONES.....	29
9. BIBLIOGRAFÍA.....	29
10. ANEXOS.....	1

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición química de las semillas de maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> ) .....	6
<b>Tabla 2.</b> Maracuyá cultivado en diferentes países .....	11
<b>Tabla 3.</b> Composición bromatológica del maracuyá por 100 g de fruta .....	12
<b>Tabla 4.</b> Superficie sembrada de maracuyá por provincia.....	12
<b>Tabla 5.</b> Diseño experimental usado para la presente investigación .....	16
<b>Tabla 6.</b> Análisis del flujo de rendimiento de la extracción de aceite de maracuyá ...	17
<b>Tabla 7.</b> Coeficientes en términos de factores codificados.....	24
<b>Tabla 8.</b> Propiedades fisicoquímicas del aceite extraído de semillas de maracuyá...	24
<b>Tabla 9.</b> Actividad antioxidante del aceite extraído de semillas de maracuyá. .....	27
<b>Tabla 10.</b> Valores promedio y de desviación estándar de los halos de inhibición antibacteriana del aceite de semilla de maracuyá probado sobre <i>S. aureus</i> . ....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fruto del maracuyá variedad flavicarpa .....	9
<b>Figura 2.</b> Fruto del maracuyá variedad purpura sims.....	10
<b>Figura 3.</b> Diagrama de la sección de preparación de la materia prima previo al proceso de extracción del aceite .....	17
<b>Figura 4.</b> Diagrama de bloque del proceso de extracción de aceite de semillas de maracuyá por el método de Soxhlet.....	18
<b>Figura 5.</b> Análisis de rendimiento de aceite de maracuyá mediante el análisis de superficie de respuesta .....	23
<b>Figura 6.</b> Curva de calibración TROLOX-Método DPPH para analizar la actividad antioxidante del aceite semillas de maracuyá .....	27

## RESUMEN

Los aceites son extraídos principalmente de la cáscara de la fruta y sus semillas se constituyen en residuos agroindustriales que a partir de un adecuado tratamiento fisicoquímico se vuelven en una actividad económicamente sostenible, debido a sus intereses como agentes antimicrobianos y conservantes. Es por esto, que el objetivo principal de la presente investigación fue extraer aceite de semilla de maracuyá (*Passiflora edulis*) para inhibir la presencia de *Staphylococcus aureus*. Por lo que se extrajo aceite de semillas de maracuyá por el método de Soxhlet, obteniendo un rendimiento de 25.33%. A continuación se procedió a realizar la caracterización fisicoquímica del aceite obteniendo valores promedio para el índice de saponificación de 165.31mg KOH g de aceite<sup>-1</sup>, índice de peróxido 9.81meq O<sub>2</sub> kg de aceite<sup>-1</sup>, índice de acidez 2.35mg g de aceite<sup>-1</sup>, acidez 1.18% de ácido oleico, densidad 0.92g mL<sup>-1</sup>, pH 3.27, índice de refracción 1.44 e índice de yodo 115.33g I<sub>2</sub>100g<sup>-1</sup>. En lo que se refiere a la actividad antioxidante esta se evidencio con un valor promedio de 17.41μmol Equivalente a TROLOX g de aceite<sup>-1</sup> y el análisis antimicrobiano se pronunció con un halo de inhibición promedio de 22mm, a una concentración de 0.7ugml<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** antimicrobiano, antioxidante, extracción Soxhlet, halo de inhibición, semillas de maracuyá.

## ABSTRACT

Oils are extracted mainly from the peel of the fruit and its seeds are agro- industrial residues that after an adequate physicochemical treatment become an economically sustainable activity, due to their interest as antimicrobial and preservative agents. Therefore, the main objective of this research was to extract oil from passion fruit (*Passiflora edulis*) seeds to inhibit the presence of *Staphylococcus aureus*. Therefore, passion fruit seed oil was extracted by the Soxhlet method, obtaining a yield of 25.33%. Next, the physicochemical characterization of the oil was carried out, obtaining average values for the saponification index of 165.31 mg KOH g oil<sup>-1</sup>, peroxide index 9.81 meq O<sub>2</sub> kg oil<sup>-1</sup>, acidity index 2.35 mg g oil<sup>-1</sup>, acidity 1.18% oleic acid, density 0.92 g mL<sup>-1</sup>, pH 3.27, refractive index 1.44 and iodine index 115.33 g I<sub>2</sub> 100g<sup>-1</sup>. Regarding the antioxidant activity this was evidenced with an average value of 17.41 μmol TROLOX Equivalent g of oil<sup>-1</sup> and the antimicrobial analysis was pronounced with an average inhibition halo of 22mm, at a concentration of 0.7 μg ml<sup>-1</sup>.

**Key words:** antimicrobial, antioxidant, Soxhlet extraction, inhibition halo, passion fruit seeds.





## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas de salud pública más relevantes alrededor del mundo, lo constituyen la prevalencia de las enfermedades infecciosas en los alimentos, las mismas que se hallan causadas por bacterias patógeno-resistentes y que a la vez se hallan implicadas dentro del grupo de enfermedades transmitidas por alimentos ETA's; las cuales pertenecen al grupo de las enterotoxigénicas, llamadas staphyloenterotoxiosis o staphyloenterotoxemia, en la mayoría de los casos, producidas por la manipulación de alimentos por parte de portadores asintomáticos de este microorganismo, como consecuencia de una carencia de buenas prácticas de higiene, control y prevención (Salame et al., 2018)

Las cepas patógenas resistentes han surgido principalmente en la mala manipulación a consecuencia de varios factores como son el amplio uso de antibióticos, las dosis utilizadas, el tiempo de tratamiento, y la eliminación de la mitad de la droga que no se alcanza a metabolizar en su totalidad, otros elementos que influyen son las altas posibilidades de transmisión o contagio y el estado inmunocomprometido de los pacientes que los hace susceptibles a infecciones con patógenos oportunistas (Fernández-Alonso et al., 2018)

Según Lirola-Andreu et al. (2022), los principales factores que favorecen el surgimiento de la resistencia bacteriana son: el movimiento de pacientes dentro y entre instituciones médicas; la apropiación de prescripción y uso de antibióticos (automedicación); las medidas excesivas de control de las infecciones; los viajes y otros factores socioeconómicos diversos.

Además, existen otros elementos que favorecen este proceso que son: la selección bacteriana por sustancias no antibióticas; los residuos de antibióticos en el medio ambiente; las dosis y duración del tratamiento, el grado de resistencia en las bacterias; la transferencia de genes y la dispersión de clones bacterianos (Huanca, 2022). El fenómeno de la resistencia se puede entender en base a dos factores: los antibióticos

que actúan como un agente selectivo, que favorece la supervivencia y propagación de microorganismos que tienen el segundo factor: los genes de resistencia (Bravo, 2021). Un aspecto importante que contribuye a la diseminación de la resistencia es la capacidad de los genes de resistencia para moverse hacia otras bacterias por varios mecanismos de intercambio genético (Sánchez, 2021)

Específicamente los estafilococos como resultado de su adaptación a tejidos, se encuentran dentro de los patógenos causantes de varios cuadros patológicos como son las ulceraciones en la piel y la recurrente infección de heridas; por otra parte, también se hallan enfermedades como neumonía, osteomielitis, bacteriemia, endocarditis, meningitis y envenenamiento por alimentos (Garófalo, 2022).

Dicho sea de paso, como las cepas de *S. aureus* colonizan constantemente la epidermis humana, estas están expuestas a una gran variedad de antibióticos, por lo que inmediatamente surgen microorganismos resistentes a los medicamentos tradicionales, estas cepas pueden propagarse rápidamente a través del contacto humano, tal es el caso de los *S. aureus* resistentes a la meticilina (MRSA), a la ampicilina, la penicilina y a la vancomicina (VRSA) (Calderón-Parra, de la Fuente, y de Santiago, 2022).

Para Stable-García et al. (2021), debido a la composición de grasas como el ácido linoleico, ácido oleico y ácido palmítico, el perfil lipídico del aceite de semilla de maracuyá lo clasifica como de alto valor nutricional. Así mismo, (Santivañez y Pauca, 2021); el aceite tiene las propiedades de los ácidos grasos en su mayoría insaturados y el ácido linoleico, un ácido graso para el cuerpo humano. Además, se destacan las propiedades antioxidantes descritas en el estudio de Aranda-Ventura et al. (2019) y también son consideradas como una fuente promisoría para su uso en los campos alimentario, farmacéutico y cosmético (Cruz, Chave y Fernández- Jerry, 2021).

Varios estudios han concluido que las semillas de maracuyá contienen una cantidad importante de aceite, que oscila entre el 16.7 y el 33.5%, según el método de extracción, el tipo de disolvente utilizado, las condiciones de operación y la zona geográfica donde se cultiva la fruta (Artica Mallqui et al., 2021)

### **1.1. Planteamiento del Problema**

Las opciones de agentes antimicrobianos utilizadas en las terapias para el tratamiento de las enfermedades infecciosas causadas por las bacterias con resistencia múltiple están seriamente limitadas. La actividad antimicrobiana de los aceites se encuentra relacionada con la composición química, por ejemplo, frutos cítricos cuentan con un promedio de 40 compuestos, los cuales se ven influenciados por métodos específicos de cultivo, extracción y separación. De acuerdo a criterios de Artica-Mallqui et al. (2021); los aceites de cítricos se encuentran principalmente en la cáscara de la fruta, su extracción es económicamente sostenible, ya que la cáscara constituye una pérdida para la industria de jugos de frutas; en consecuencia, el interés de estos como agentes antimicrobianos y conservantes en los alimentos abre una posible alternativa para sustituir los conservantes y antibióticos convencionales.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Con el fin de garantizar la seguridad alimentaria, existe la necesidad de generar medidas de control eficaces con conservantes antimicrobianos, que garanticen la inactivación bacteriana y que a su vez no generen efectos secundarios por su consumo; los métodos de conservación de alimentos que estén exentos de productos químicos pero que presenten compuestos antimicrobianos seguros y eficaces abren paso a numerosos estudios con productos naturales, como es el caso de los aceites de plantas, ya que los conservantes químicos, aunque controlan el desarrollo microbiano, generan gran debate por los efectos secundarios en la salud humana.

En este contexto, en los últimos años los naturales se han convertido en un tema de investigación en beneficio de la industria alimentaria puesto que han demostrado una importante actividad bacteriana frente a microorganismos Gram positivos y Gram negativos. Los aceites son líquidos aceitosos aromáticos que se obtienen por diferentes métodos de extracción, a partir de material vegetal (flores, tallos, raíces, hojas, frutos, y semillas), algunos de ellos indican actividad antibacteriana y antifúngica, evaluadas como una fuente potencial para la preservación de alimentos. El maracuyá es una fuente rica en antioxidantes, este fruto presenta un importante contenido en fenoles y flavonoides totales, compuestos bioactivos fundamentalmente responsables, de las propiedades antioxidantes y antibacterianas (Acosta, Pérez, y Vaillant, 2009).

Partiendo de la base de que a estos compuestos en pasifloras se les han encontrado múltiples funcionalidades biológicas Sabogal-Palma et al. (2016); consideran que este género posee propiedades antibacteriales, insecticidas, sedativas, anti envejecimiento y antiespasmódicas (Távora y Vasquez, 2017), que posibilitan su aplicación en la industria cosmética, alimenticia o farmacológica (Sempértegui, 2019)

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

Extraer aceite de semilla de Maracuyá (*Passiflora edulis*) para inhibir la presencia de *Staphylococcus aureus*.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Describir el proceso de extracción de aceite de semillas de maracuyá (*Passiflora edulis*) así como su eficiencia en cuanto al rendimiento.
- Realizar un análisis de las propiedades antimicrobianas del aceite extraído de la semilla de maracuyá (*Passiflora edulis*) de acuerdo con el método de Kumar y Begum.

- Analizar las mínimas proporciones de aceite de semillas de maracuyá (*Passiflora edulis*) que se necesitan para que exista inhibición de la bacteria *Staphylococcus aureus*.

#### **4. HIPÓTESIS**

El extracto de aceite de semilla de maracuyá inhibirán la presencia de *Staphylococcus aureus*.

#### **5. MARCO REFERENCIAL**

##### **5.1. El maracuyá**

El maracuyá es una fruta aromática con una piel exterior dura y lisa que se vuelve áspera a medida que madura. Los frutos son de forma redonda u ovalada y están llenos de una pulpa amarilla pegajosa con muchas semillas negras pequeñas. Es dulce y ligeramente ácido. Su diámetro es de 4 a 10cm., presenta tallos verdes, acanalados y glabros, presentan zarcillos axilares que se enrollan en forma de espiral y son más largos que las hojas (Miranda et al., 2009). El nombre (maracuyá) se originó por los indígenas de Brasil, la llamaron fruta “maraú-ya” que significa fruto que se comede un sorbo, los colonizadores degeneraron este nombre para llamarla maracuyá.

##### **5.1.1. Las hojas**

Las hojas del maracuyá amarillo como el púrpura son trilobuladas de 10-18 cm de longitud con márgenes finamente serrados. Para Cleves, Jarma, y Fonseca (2009), las hojas son solitarias, alternas, generalmente trilobuladas o digitiformes con bordes dentados de entre 7 a 20 cm de largo, de color verde oscuro, lustroso en el haz y claros en el envés. Las hojas por lo general tienen 3 lóbulos, de 3 a 6 cm de largo, son palmeadas y sin vellosidades, de color verde oscuro por el haz y más claro por el envés y con tonalidades moradas, su base es cordiforme y el pecíolo tiene glándulas filamentosas y sus bordes finamente dentados (Ramírez et al., 2017).

### 5.1.2. La flor

Las flores son de carácter hermafrodita perfectas, además son bien desarrolladas, de locación solitaria en una axila y sostenidas por 3 grandes brácteas verdes en forma de hoja. La flor consta de 3 sépalos de color blanco verdoso, 5 pétalos blancos y un pétalo formado por un filamento radiante con base morada; estos filamentos tienen la función de atraer insectos polinizadores (Arias-Suárez, Ocampo-Pérez y Urrea-Gómez, 2014). Las flores del maracuyá púrpura presentan un diámetro inferior que la variedad amarilla, entre 4.5cm y 6cm respectivamente. Ambas tienen un color blanco pálido con centros de color azul intenso (De Almeida et al., 1991).

En la tabla 1 se muestra la cantidad aproximada de cada uno de los componentes que conforman a la semilla de maracuyá, como también nos muestra que posee de un 20 a 25% de aceite, algunas investigaciones reportan que este valor puede ascender dependiendo del proceso de extracción de aceite.

**Tabla 1.** Composición química de las semillas de maracuyá (*Passiflora edulis*)

Componente	Porcentaje
Materia seca parcial	90
Materia seca total	93.88
Materia orgánica	97.21
Materia inorgánica	2.79
Proteína bruta	16.56
Grasa bruta	9.60
Fibra detergente neutra	70.75
Fibra detergente ácida	30.73

### 5.1.3. La baya o semilla

En *Passiflora* las semillas son numerosas, aplanadas, con testa dura y ornamentada, forma variable (ovaladas, obovadas, obcordadas) y coloración oscura (marrón o negra) cuando están maduras (Knight Jr y Sauls, 1994). Las reticulaciones de la testa son variables y pueden ser consideradas como caracteres diagnósticos interespecíficos (Aponte y Jauregui, 2004). En el interior de la semilla se encuentra el

endospermo blanquecino, aceites y almidones que alimentarán el embrión hasta que esté listo para germinar. Las semillas del maracuyá están conformadas por aceite, además estas tienen proteínas aproximadamente un 8% (Da Silva et al., 1999). La capacidad de germinar de la semilla en condiciones ambientales es de 3 meses y puede llegar a los 12 meses si esta se refrigera. Además, algunas enredaderas precedidas a de semillas pueden polinizarse de forma cruzada con otras plantas del mismo grupo, pero solo en ciertos casos. Esto se va aprendiendo a medida que las plantas se desarrollan. De forma ordinaria hay diversas oportunidades de polinización cruzada en una población grande de plantas obtenidas a partir de semillas (AGRIPAC., 1998).

#### **5.1.4. El fruto**

Fruto en baya, esférica u ovalada de 0.04 a 0.08m de diámetro, de 0.06 a 0.08m de largo, redondeada en la base y en el ápice, corteza amarilla, dura, lisa, cerosa, de unos 0,003m de espesor; la piel es muy gruesa, contiene 200-300 semillas, cada una rodeada por un arilo (mucílago) que contiene un jugo aromático, vitaminas y otros nutrientes (AGRIPAC., 1998).

El fruto una vez que ha sido polinizado, llega a su madurez fisiológica después de 60-70 días y es catalogado como no climatérico, debido a que la acumulación de azúcares que se colecta llega a su madurez total, cambiando únicamente el color de la corteza (Da Silva et al., 1999). La clasificación taxonómica del maracuyá es la siguiente:

División: Espermatofita

Clase: Dicotiledonea

Orden: Periales

Familia: Passifloracea

Género: Passiflora

Especie: edulis

NC: Passiflora edulis

NV: Maracuyá

Las características morfológicas son las características físicas que son visibles. Es un estudio donde se describe las formas externas del cultivo. Se hace relación a las características únicas del cultivo en relación a la función que cumple. La familia pasifloraceae son plantas que se las utilizó desde periodos precolombinos por el exquisito sabor de sus frutos, sin embargo, en los últimos años se ha determinado que también tienen compuestos de importancia farmacéutica y terapéutica para los seres humanos en general (Jaramillo, Cárdenas, y Orozco, 2009)

Las Pasifloras han sido utilizadas y cultivadas para el consumo de fruta fresca, no obstante, el potencial uso que presentan algunas especies por compuestos químicos de interés industrial ha ampliado la brecha comercial para su explotación (Cleves, Jarma, y Fonseca, 2009)

De esta manera, la extracción de algunos compuestos posee efectos medicinales asociado a componentes sedativos, antiansiedad y antioxidantes, y otros son comercializados desde la industria cosmética (Aranda-Ventura, Villacrés-Vallejo, y Rios-Isern, 2019).

La caracterización de germoplasma de especies silvestres y cultivadas requiere del conocimiento de caracteres morfológicos, motivo, por el cual la base de su homogeneidad y variabilidad se determinan por los caracteres cualitativos y cuantitativos que se evalúan (García, 2002). Es menester destacar, que hay dos variedades de esta fruta, la *Passiflora edulis Sims* y la *P. edulis f. flavicarpa Deg* las mismas que son originarias del amazonas brasileño, de donde existen unas 150-200 especies de las 465 existentes de *Passiflora*. La especie *Passiflora edulis* (maracuyá morado), dio origen a la mutación conocida como *Passiflora edulis* forma *flavicarpa* (maracuyá amarillo).

## **5.2. Variedades**

En Ecuador, en el subtrópico, la producción de maracuyá se presenta todo el año, aunque destacan las cosechas entre abril-septiembre y diciembre-enero, donde los



rendimientos son superiores al promedio. La recolección se realiza de forma manual y en bolsas. La fruta cae naturalmente y se debe recolectar cada 2 semanas, pero cuanto más caiga la fruta, más frecuente será la recolección. La mayor superficie de siembra de maracuyá se ubica en la franja costera del país, correspondiente a provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, El Oro y Santo Domingo de los Colorados (Chiriguayo, 2021)

### **5.2.1. Maracuyá Tropifrutas (*Pasiflora edulis* variedad *flavicarpa*).**

Es una planta rústica y vigorosa que tiene la particularidad de desarrollarse en zonas bajas, se presenta de color amarillo tal como se denota en la presente gráfica.



**Figura 1.** Fruto del maracuyá variedad *flavicarpa*

La variedad *flavicarpa* es conocida en inglés como "yellow passion fruit" produce coloridos frutos amarillos de varias formas entre esféricos u ovoides, con un diámetro de 6 a 38mm y de largo entre 6 a 102mm. Esta variedad tiene un buen desarrollo en tierras ubicadas en bajas latitudes. Sus características botánicas más destacadas es que se presenta como una enredadera leñosa perenne de crecimiento vigoroso, hojas trilobuladas con bordes que ofrecen diferentes tonalidades y bases en forma de corazón (Pico, 2022)

La capa interna de la fruta es blanca, similar a la pulpa de las frutas cítricas, dentro de la cáscara contiene muchas semillas de color marrón oscuro rodeadas de bolsas de agua amarillas bastante ácidas y muy fragantes, además, presenta un sabor y único

en comparación con otras frutas, sus flores abren al mediodía y cierran por la noche (García, 2002).

### **5.2.2. Maracuyá INIAP 2009 (*Pasiflora edulis* variedad *purpura sims*).**

Esta planta se caracteriza por ser perenne leñosa, de rápido crecimiento con hojas alternas de 1-5cm de largo colocadas en el eje axial de cada una. Además, de un zarcillo, tiene dos yemas, la primera produciendo flores y la segunda ramificada.



**Figura 2.** Fruto del maracuyá variedad purpura sims.

Las flores son independientes y tienen cinco sépalos oblongos verdes y blancos, cinco pétalos blancos, estambres con grandes antenas, un estigma y una corona formada por cuatro o cinco hilos blancos y morados (AGRIPAC, 1998). El fruto de esta planta tiene forma ovoide a globoso, de 0 a 50mm de diámetro y de color púrpura oscuro cuando está maduro.

Su corteza es suave y brillante, cubierta con una fina capa de células; en su interior contiene numerosas semillas ovas y semillas negras de 5 a 6mm de largo y de ancho entre 3 a 4mm con apariencia reticulada (García, 2002). En la Tabla 2 se detalla los tipos de variedades que han sido sembrados en los países vecinos, por lo que se puede apreciar de que Sudamérica posee el clima apropiado para producir varios tipos de maracuyá.

**Tabla 2.** Maracuyá cultivado en diferentes países

<b>VARIEDADES</b>	<b>COLOR/CASCARA</b>	<b>ZONA DE CULTIVO</b>
Ouropretano	Púrpura	Brasil
Muico	Púrpura	Brasil
Parcha	Amarilla	Puerto Rico
Hawaiiana	Amarilla	Colombia , Venezuela

### **5.3. Características botánicas.**

El maracuyá es una planta trepadora perdurable, su tallo es cilíndrico o levemente anguloso, liso de color verde, previsto de zarcillos axilares; los frutos de esta planta son bayas, globosas u ovoides, con una base y ápices redondeados de coloración amarilla; su corteza es dura, en su interior contiene muchas semillas las cuales cada una de ellas se encuentran rodeadas por una membrana que posee un jugo aromático (AGRIPAC., 1998).

### **5.4. Composición bromatológica del maracuyá.**

De acuerdo con criterios técnicos de Mazón-Paredes et al. (2021); el maracuyá es una buena fuente de vitaminas, minerales, carbohidratos y grasas, consta aproximadamente por 50 a 60% de cáscara, 30 a 40% de jugo, mientras que de semilla un 26%, posee un valor energético de 78 calorías, 2.4 g de hidratos de carbono, 17 mg de 31 fósforo, 5 mg de calcio y 0.3 mg de hierro, entre otros como se detallará en la Tabla 3.

Por otra parte, el fruto del maracuyá, posee características que hacen de la misma un material orgánico muy refrescante y de un alto nivel de dulce debido a su contenido de agua y de carbohidratos, cabe mencionar que la pulpa contiene el 85.9% de agua y el porcentaje restante está constituido por elementos que le atribuyen aroma, sabor y el respectivo contenido energético (AGRIPAC., 1998).

**Tabla 3.** Composición bromatológica del maracuyá por 100 g de fruta

Contenido nutricional	Cantidad	CDR (%)
Proteínas	2.38 g	5
Grasas	0.4 g	0.8
Carbohidrato	9.54 g	3.1
Fibras	1.45 g	4.8
Calcio	17 mg	1.4
Hierro	1.3 mg	16.3
Vitamina A	0.11 mg	12.1
Valor energético	54 g	2.8

### 5.5. Producción de maracuyá.

En Ecuador se suele sembrar dos variedades de maracuyá y se puede dar en las regiones subtropicales, su producción se da en el verano, no obstante, se puede dar durante todo el año, siendo entre abril - septiembre y diciembre - enero las épocas con mayor producción. La superficie con mayor producción en el país se sitúa en la franja costera, que corresponde a las provincias de Manabí, Guayas, Esmeraldas, El Oro y Santo Domingo de los Colorados. La tabla 4 señala la cantidad en hectáreas que son sembradas en Ecuador, también la disminución de producción debido a la mala tecnificación y falta de variedad de la fruta, pero aun así Ecuador es uno de los líderes en exportación de productos derivados del maracuyá (Chiriguayo, 2021).

**Tabla 4.** Superficie sembrada de maracuyá por provincia

Provincia	-	Superficie sembrada				2019
		2015	2016	2017	2018	
Sto. Domingo		1001	970	559	367	1540
El Oro		260	223	104	44	60
Los Ríos		8212	5525	2277	381	454
Manabí		7106	4007	4270	2234	1189
Esmeraldas		3841	3336	1776	652	128

## **5.6. Extractos a partir del maracuyá.**

Son concentrados que se extraen a partir de la planta seca y que contienen propiedades excepcionales (Betancourth, 2021) (Figueiredo, 2021). Estos extractos, pueden ser usados en el campo farmacéutico por lo que su elaboración se lo realiza con agua destilada u otros agentes extractantes y su posterior envasado se lo ejecuta en laboratorios especializados. Por lo general se consideran tres tipos de extractos, según Crisóstomo et al. (2015); los extractos líquidos son aquellos extractos donde el volumen del líquido del extracto es igual al volumen de la planta seca usada para tal fin. Por otra parte, los extractos blandos son los que han sido sometidos a un retiro parcial del agua para llegar a conseguir una consistencia de ungüento. Finalmente, los extractos secos son los que tienen un retiro total del agua llegando a tener una apariencia de polvo muy fino (Molina-Hernández, Martínez-Correa, y Andrade-Mahecha, 2019). En el campo de la fitoterapia estos extractos se mezclan hasta obtener la terapia medicinal deseada y sus presentaciones en el mercado pueden ser bajo la forma de esencias, elixires y alcoholaturas

### **5.6.1. Hidrolatos.**

El hidrolato también denominado hidrosol es el agua residual que se forma por condensación del vapor que ha atravesado la materia vegetal durante el proceso de obtenciones de un aceite por destilación por arrastre de vapor, es un producto acuoso de la destilación (Figueiredo, 2021).

Gran parte de las sustancias constitutivas de los aceites son de carácter volátil e inmiscible en el agua, esta característica permite su disgregación de la mezcla del destilado, ya en esta parte del proceso se obtiene principalmente el aceite y un producto secundario denominado hidrolato (Bakkali et al., 2008). En este orden de cosas el autor anteriormente citado determina que el agua, después de la destilación (hidrolato), puede ser reutilizada en el mismo sistema de destilación.

Algunos hidrolatos, como sub-productos de la destilación de aceites, se pueden emplear en baños o jacuzzis, como agua para aromatización y para la limpieza. En la

industria fitosanitaria los hidrolatos pueden ser empleados para combatir plagas debido a sus propiedades repelentes, como por ejemplo, herbicidas, insecticidas, fungicidas, nematicidas, acaricidas, desodorizantes, desinfectantes (Das, Tiwari, y Shrivastava, 2010)

## **5.7. Métodos de extracción**

De acuerdo, al material vegetal y a la estabilidad del aceite que se desea obtener, se usan diversos mecanismos fisicoquímicos de extracción, donde su uso correcto determinará la calidad del producto final (Dorado, Hurtado, y Martínez-Correa, 2017). Cabe mencionar, que en cuanto al rendimiento es menester indicar que es más importante la calidad de la materia prima vegetal que se va a usar antes que los diversos procesos tecnológicos a utilizar.

### **5.7.1. Trampa Clevenger.**

En la mayoría de laboratorios del mundo el equipo Clevenger, es el más usado para mantener los estándares internacionales de calidad del aceite extraído de un vegetal aromático. Este mecanismo, se compone de un balón de destilación, donde se introduce el material vegetal pulverizado junto con una cantidad establecida de agua destilada. A continuación, se somete a calentamiento constante, ya en este punto vale precisar que el agua se evaporará continuamente.

Finalmente, un refrigerante va acoplado al balón y una conexión en forma de D, permite acumular y fraccionar el aceite de la mezcla condensada (Aparicio et al., 2019). De acuerdo con Lucena et al. (2020); el equipo anteriormente mencionado, es muy versátil a la hora de trabajar con aceites de diversa densidad y naturaleza. En cambio, los mismos autores determinan que las desventajas radican en la incapacidad de usarlos resultados obtenidos para un escalado, ya que el material vegetal no forma un lechofijo, si es que este no se encuentra en contacto continuo con el agua; lo cual, no corresponde al tipo de extracción industrial que rutinariamente se emplea para este propósito.

Es necesario aclarar, que el material molido hace que el aceite se halle disponible para su vaporización y posterior arrastre, lo que no ocurre a gran escala. Además, el proceso de extracción es más largo en comparación con el usado industrialmente, debido a que lo que se persigue es agotar la totalidad del aceite que se encuentra en el interior de la planta, y no determinar el tiempo de operación óptimo (Aparicio et al., 2019).

Torres, Huanca, y Quispe, en (2021), determinaron que existían otros grupos a esta escala, basándose en la miniaturización de los grupos piloto. Donde el material vegetal forma un lecho permanente, en una columna de vidrio, y el vapor se suministra continuamente desde un recipiente inferior calentado continuamente, que funciona como un generador.

Estos grupos son simples y flexibles y tienen el beneficio adicional de trabajar de una manera más similar a los grupos más grandes. Sus limitaciones son: uso de materia prima; El flujo de condensado se opone a la corriente en la columna, arrastra compuestos solubles en agua y crea una recirculación indeseable, porque estos compuestos pueden descomponerse y afectar la calidad del aceite resultante. y la dependencia del flujo de vapor generado de la capacidad de la fuente de energía reduce la flexibilidad en el control de este parámetro (Lucena et al., 2020).

### **5.7.2. Destilación con agua o hidrodestilación**

Consiste en sumergir de antemano el material vegetal pulverizado en agua hirviendo por fuego directo, camisa de vapor o camisa de aceite, con el afán de conseguir que el vapor de agua influya directamente su acción sobre las partículas vegetales (Cortés et al., 2022).

### **5.7.3. Destilación por arrastre con vapor de agua.**

Este proceso tiene la particularidad de aprovechar el grado de asociación que tienen las moléculas de agua vaporizadas al integrarse con moléculas de aceite. De ahí que la extracción se inicia cuando el vapor de agua se junta con el material vegetal y libera la

esencia, para posteriormente condensarla. Cabe mencionar que para lograr obtener una mayor superficie de contacto de las gotas de aceite, se requiere triturar el material vegetal de acuerdo a su consistencia (Condori y Palomino, 2022)

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

Esta investigación se la realizará en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Zootécnicas Extensión Chone de la Universidad Técnica de Manabí ubicada en el km 2 ½ vía Chone-Boyacá, el cual presta las condiciones adecuadas para llevar a cabo el desarrollo de la extracción del aceite.

Una vez obtenido el aceite de semillas de maracuyá se procedió a realizar los cálculos respectivos de rendimiento, para posteriormente realizar la caracterización fisicoquímica del aceite obtenido.

A continuación, para analizar el efecto antibacteriano del aceite frente a *Staphylococcus aureus*, se procedió a realizar pruebas de la carga mínima inhibitoria, con tres dosis de aceite versus un control de penicilina; para este efecto se llevó a cabo un diseño completamente al azar, tal como se detalla a continuación:

**Tabla 5.** Diseño experimental usado para la presente investigación

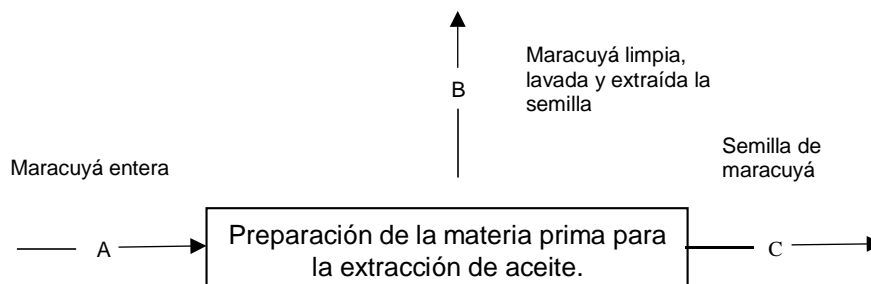
Código	Tratamiento (solución de aceite con agua destilada)	Réplicas
T0	10U	3
T1	0.3 ug ml <sup>-1</sup>	3
T2	0.5 ug ml <sup>-1</sup>	3
T3	0.7 ug ml <sup>-1</sup>	3

### 6.2. EXTRACCIÓN DEL ACEITE

El proceso se inició con la recolección de aproximadamente 70 frutos de maracuyá, las cuales fueron limpiadas, se las extrajo cuerpos extraños que acompañan la



cosecha de este fruto; para luego ser lavadas con agua potable y extraída la semilla para la posterior extracción de aceite de la siguiente manera:



**Figura 3.** Diagrama de la sección de preparación de la materia prima previo al proceso de extracción del aceite.

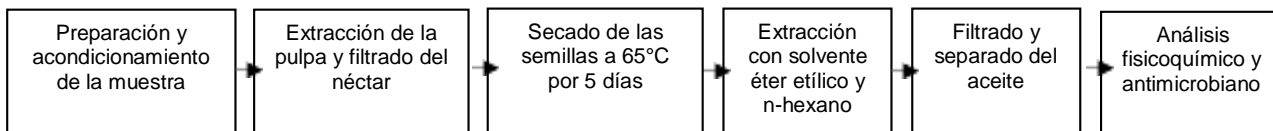
Con esto planteamos la siguiente ecuación, la misma que determina que todo lo que entra a ser parte de un proceso es igual a la integración de sus partes:

$$A = B + C \quad (\text{Ec. 1})$$

**Tabla 6.** Análisis del flujo de rendimiento de la extracción de aceite de maracuyá.

Flujo	Definición	Peso (g)
A	Maracuyá entero	620
B	Maracuyá limpia, lavada y extraída la semilla	70
C	Semilla de maracuyá	550

La extracción del aceite de semillas de maracuyá se procedió a extraer por el método de Soxhlet, para lo cual se pesaron 10g de semillas de maracuyá ya trituradas (diámetro de 0.3cm), logrando así que el solvente entre en contacto con el producto triturado. A continuación, se utilizaron 250ml de  $C_6H_{14}$  ( $d = 0.655g\ ml^{-1}$ ) y  $C_4H_{10}O$  ( $d = 0.701g\ ml^{-1}$ ), con un punto de ebullición de entre 40 y 60°C y un tiempo de extracción de 4 horas. Luego de extraído el aceite, se procedió a realizar una destilación a 60°C y presiones comprendidas entre 200 y 350 bares por un tiempo de 30min para eliminar los residuos que el solvente pudiera haber dejado. La apariencia final del producto obtenido fue de un color amarillo cristalino, dichos extractos fueron almacenados a y protegidos de la luz a  $-5\pm 2^\circ C$ . Las muestras fueron extraídas por triplicado.



**Figura 4.** Diagrama de bloque del proceso de extracción de aceite de semillas de maracuyá por el método de Soxhlet.

### 6.2.1. Rendimiento del aceite

Tal como lo describe Zagaceta, Zavaleta, y Martínez en (2018); para el cálculo del rendimiento del aceite a partir de semillas de maracuyá, se procedió a pesarel extracto obtenido entre el peso de las semillas usadas y llevadas a términos porcentuales (%p/p); tal como se detalla a continuación:

$$R (\%) = \frac{\text{Peso del extracto (g)}}{\text{Peso de la semilla utilizada (g)}} \times 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

## 6.3. ANÁLISIS DE LABORATORIO

### 6.3.1. Análisis fisicoquímico

#### 6.3.1.1. Índice de Saponificación

El índice de saponificación esta determinado como la cantidad en miligramos de hidróxido de potasio (KOH) requerido, para solventar la hidrólisis alcalina de los ácidos que se encuentran en un mililitro de aceite. Para este efecto, se empelaron 2g de muestra, posteriormente se agregaron 25mL de KOH (0.5N), y se llevó a reflujó durante una hora, luego se añadió 5 gotas de fenofaleína y se tituló con HCl (0.5N) (Santacruz, Cárdenas, y Mero, 2020).

#### 6.3.1.2. Índice de Peróxido

El índice de peróxido esta definido como el número que expresa en miliequivalentes de oxígeno activo, la cantidad de peróxido integrados en 1000g de muestra. La muestra se tomó y almacenó en oscuridad y se mantuvo en refrigeración dentro de envases con tapones herméticos de vidrio esmerilado. Luego, se abrió un matraz y se

introdujó la navecilla de vidrio que contiene la muestra a analizar. Se añadió 10mL de cloroformo. Se disolvió rápidamente mediante agitación constante. Luego, se añadieron 15mL de ácido acético y, a continuación, 1mL de solución de yoduro potásico. Se cerró rápidamente el matraz, agitando por 1min y manteniendo en la oscuridad durante 5 min a una temperatura de entre 15 y 25°C (Pantoja, Hurtado, y Martínez, 2017).

Luego se añadió 75mL aproximadamente de agua destilada y se valoró el yodo liberado con la solución de tiosulfato sódico 0.002N o 0.01N en caso de que existan valores inferiores a 12 o superiores a 12 respectivamente, para esto también se utilizó como indicador una solución de almidón.

$$IP = \frac{V \times N \times 1000}{P} \quad (\text{Ec. 3})$$

V: ml de tiosulfato sódico usado en el ensayo, teniendo en cuenta la corrección con el ensayo en blanco

N: normalidad de la solución de tiosulfato sódico

P: peso de la muestra a analizar en gramos

#### **6.3.1.3. Índice de Acidez**

Es la cantidad en miligramos de hidróxido de potasio (KOH), que son necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres de 1mL de muestra (NTC 218). Para este fin, se utilizaron 5g de muestra, se adicionó 25 mL de alcohol neutralizado y 5 gotas de fenolftaleína, se calentó a baño maría por 10min para luego ser titulado con KOH (0.1N) hasta observar cambio de color.

#### **6.3.1.4. Densidad**

La densidad fue determinada mediante un picnómetro, el cual fue limpiado, enjuagado y secado cuidadosamente, luego se determinó la masa del picnómetro completo en una balanza analítica. A continuación, el picnómetro fue llenado con el destilado obtenido. Luego, se determinó la masa del picnómetro lleno y se restó la masa del

picnómetro vacío. Teniendo en cuenta el volumen del picnómetro, 5 ml, fue calculada la densidad por la siguiente ecuación

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (\text{Ec. 4})$$

M: Masa del destilado

V: Volumen del picnómetro

#### **6.3.1.5. pH**

Se utilizó para este fin papel indicador Baker® (pH 0 – 14), en donde se colocaron gotas del aceite a analizar con una pipeta de Pasteur y se comparó el color obtenido con la escala de colores que mide el pH para el nivel de acidez o alcalinidad del aceite.

#### **6.3.1.6. Índice de refracción**

Se utilizó un refractómetro Excellence R4 calibrado y se colocó unas gotas de aceite en el prisma, los resultados se expresaron en la escala de butiro y se compenso la temperatura de la medición a otras temperaturas.

#### **6.3.1.7. Índice de Yodo**

Para calcular este índice se procedió a pesar 0.2g de aceite en un matraz de 250ml, luego se agregó 10mL de cloroformo hasta que se disuelva, posteriormente se adicionan 15mL de WIJS (Yodo más ácido acético), mientras tanto antes de tapar se humedece la tapa con una solución de KL al 15%, luego se tapó el matraz, agitando el contenido y colocando el matraz en un lugar oscuro durante 45min. Luego añadir 10mL de KL al 15% y 50mL de aguas destilada. Luego, se tituló con tiosulfato de sodio (0.1N), se añadió 1mL de solución de almidón al 1% y se volvió a titular con el mismo tiosulfato de sodio (0.1N) hasta esperar el cambio de un color azul a blanco.

$$A = \frac{(B-M)ml \times N \times 12.65}{W \text{ aceite}} \quad (\text{Ec. 5})$$

B: Gasto de tiosulfato de sodio (0.1N) en blanco

M: Gasto de tiosulfato de sodio (0.1N) en muestra

N: Normalidad del tiosulfato de sodio

W: Peso de la muestra de aceite

#### **6.3.1.8. Actividad antioxidante**

Para analizar cuantitativamente la capacidad captadora de radicales libres de los extractos se determina el grado de decoloración que generan sus componentes a una solución metanólica de DPPH mediante el método de Brand-Williams modificado por Puertas et al. (2005).

Para este fin se prepara una solución patrón de DPPH<sup>•</sup> aproximadamente 20mg L<sup>-1</sup> del radical en metanol, 990μL de esta solución se mezclan con 10μL de aceite extraído a partir de semillas de maracuyá a varias concentraciones. Se prepara un blanco de muestra que contiene 990μL MeOH con 10μL del aceite extraído y un blanco referencial que contiene 990μL DPPH<sup>•</sup> con 10 μL de solvente.

Posteriormente por espacio de 30min se deja en incubación en un ambiente oscuro y se mide la absorbancia a 517nm, Los resultados se expresan como valores TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) mediante la construcción de una curva patrón usando como antioxidante TROLOX<sup>®</sup> (Santivañez y Pauca, 2021).

#### **6.3.2. Análisis antimicrobiano**

En lo que respecta al análisis de las propiedades antibacterianas del aceite de semillas de maracuyá, se procedió a trabajar con la bacteria *Staphylococcus aureus*; para lo cual se realizó la siembra de dicha bacteria en agar sangre, incubándose por 24 horas a 37°C.

Una vez aislada la cepa, está se inoculó en agar nutritivo (siembra en estría), con dos replicas (incubación por 24 horas a 37°C); luego, se conservó a 4°C. A continuación, del cultivo bacteriano se seleccionaron tres colonias de cada una y se diluyeron en una solución salina, hasta alcanzar la turbidez igual a la del tubo 0,5 de la escala de Mac-

Farland (Gonçalves, Alves, y Menezes, 2022). En este orden de pasos, se realizó una siembra masiva sobre agar Mueller Hinton.

La capacidad antibacteriana del aceite de semillas de maracuyá se analizó por el método propuesto por Kumar y Begum en (2002). Para lo cual, la cepa diluida se sembró sobre el agar y se colocaron en la superficie del medio, cinco discos de papel filtro tipo Whatman de 6mm de diámetro, impregnados con 0.2mL del aceite y agua destilada, como control negativo (37°C por 24 horas). El ensayo se realizó por triplicado.

Finalmente, se midió el diámetro del halo de inhibición del crecimiento del microorganismo analizado. Para analizar la concentración mínima inhibitoria (CMI), se aplicó la metodología sugerida por Ogundare y Oladejo en (2014); para lo cual se prepararon por triplicado soluciones de los aceites en agua destilada ( $0.3\mu\text{g.mL}^{-1}$ ;  $0.5\mu\text{g.mL}^{-1}$  y  $0.7\mu\text{g.mL}^{-1}$ ). Cabe mencionar que de cada una de estas soluciones se tomaron 1mL para la dilución en el medio de cultivo (Mardiati, Chaidir, y Dharma, 2017)

#### **6.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

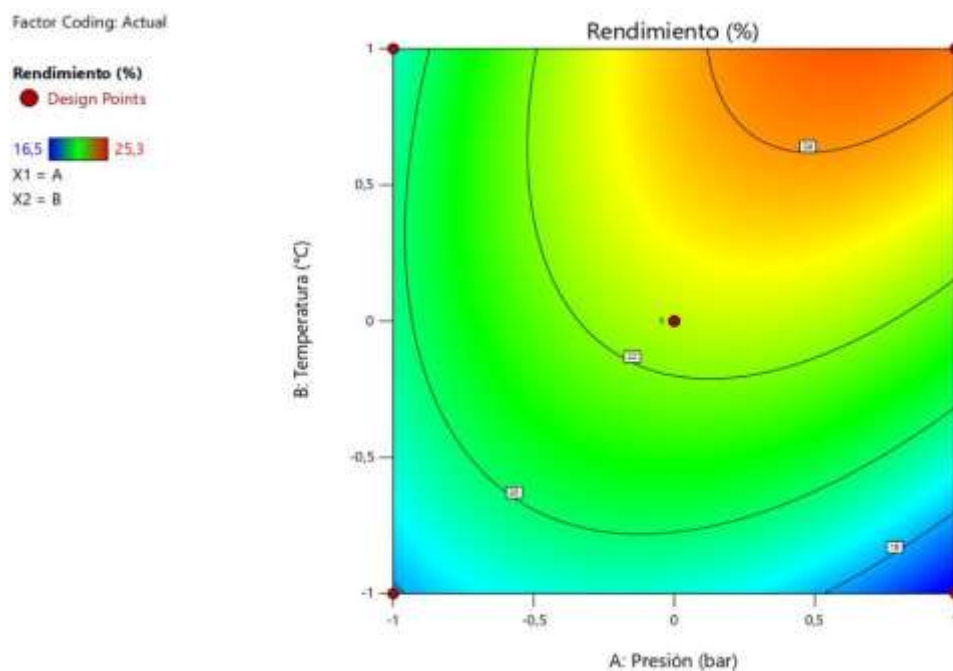
Con la finalidad de evaluar el perfil fisicoquímico del aceite extraído a partir de semillas de maracuyá se realizará un estudio estadístico descriptivo y así poder evidenciar si cumple con la normativa emitida por el Ministerio da Agricultura, Pecuaria y Abastecimento. De Brasil (Normativa nº 49 2006).

Para el análisis del rendimiento, se realizó un tratamiento de mezclas y para su gráfica se utilizó el software Design Expert 11. En lo que respecta al análisis microbiológico, se realizará la comparación de medias mediante un ANOVA con el fin de mostrar diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre las diferentes concentraciones de aceite de semillas de maracuyá y el testigo penicilina. En ambos casos se utilizará el software estadístico libre R-4.0.0 (2021).

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE DE SEMILLA DE MARACUYÁ EXTRAÍDO

El rendimiento fue del 25.33%, tal como se detalla en la Figura 5; cabe señalar, que el rendimiento es mayor al que se obtiene por el método mecánico de prensado. Así mismo, este rendimiento está dentro de los rangos encontrados en estudios afines ejecutados con otros solventes, denominados verdes (23.8%) de acuerdo a lo analizado por (Cardoso, Davantel, y Gimenes, 2013).



**Figura 5.** Análisis de superficie de respuesta del rendimiento de aceite de maracuyá mediante método de Soxhlet

La estimación del coeficiente representa el cambio esperado en la respuesta por unidad de cambio en el valor del factor cuando todos los factores restantes se mantienen constantes (Liu et al., 2012). La intersección en un diseño ortogonal es la respuesta promedio general de todas las ejecuciones. Los coeficientes son ajustes en torno a ese promedio en función de la configuración de los factores. Cuando los factores son ortogonales, los factores de inflación de la varianza (VIF) son 1; por lo que en este estudio este no es el caso, tal como se detalla en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Coeficientes en términos de factores codificados.

<b>Factor</b>	<b>Coefficiente de estimación</b>	<b>gL</b>	<b>Error estándar</b>	<b>95% CI mínimo</b>	<b>95% CI máximo</b>	<b>VIF</b>
Rendimiento	22,52	1	0,3831	21,61	23,43	
A-Presión	0,8561	1	0,3029	0,1399	1,57	1,0000
B-Temperatura	2,36	1	0,3029	1,64	3,08	1,0000
AB	1,70	1	0,4283	0,6872	2,71	1,0000
A <sup>2</sup>	-1,98	1	0,3248	-2,75	-1,21	1,02
B <sup>2</sup>	-1,15	1	0,3248	-1,92	-0,3857	1,02

## 7.2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL ACEITE

La Tabla 8 detalla los valores de los parámetros analizados en torno a las propiedades fisicoquímicas del aceite extraído a partir de semillas de maracuyá.

**Tabla 8.** Propiedades fisicoquímicas del aceite extraído de semillas demaracuyá.

<b>Parámetros</b>	<b>Promedio</b>	<b>SD</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>CV</b>
Índice de saponificación	165.31	0.66	164.67	165.99	0.40
Índice de peróxido	9.81	0.09	9.76	9.92	0.94
Índice de acidez	2.35	0.07	2.31	2.42	2.71
Acidez	1.18	0.04	1.16	1.22	2.94
Densidad	0.92	0.01	0.91	0.92	0.63
pH	3.27	0.07	3.23	3.35	2.03
Índice refracción	1.44	0.04	1.41	1.48	2.50
Índice de Yodo	115.33	4.72	110.00	119.00	4.10

SD= Desviación estándar; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; CV = coeficiente de variación

El valor del índice de saponificación fue de  $165.31 \pm 0,66 \text{ mg KOH } 100\text{g}^{-1}$ , este valor se encuentra por debajo de lo encontrado para este mismo tipo de aceite por Pantoja,



Hurtado, y Martínez, en 2017; obteniendo como valor medio de índice de saponificación  $167.31 \text{ mg KOH } 100\text{g}^{-1}$ .

El índice de peróxido se establece como un parámetro decidor de la calidad para los aceites y se establece con un valor  $<10 \text{ meq H}_2\text{O}_2 \text{ k}^{-1}$ , por lo que el aceite extraído de semilla de maracuyá en el presente estudio se encuentra dentro de lo establecido ( $9,81 \text{ meq H}_2\text{O}_2 \text{ k}^{-1}$ ). Se establece que este parámetro indica el grado de rancidez de un aceite y al estar como se determino anteriormente, podemos destacar que este aceite es de calidad óptima.

El valor del índice de acidez del aceite extraído de semillas de maracuyá ( $2,35 \pm 0,07 \text{ mg g}^{-1}$ ), se encuentra ligeramente por debajo de lo obtenido por Barrales, Rezende, y Martínez (2015), quienes estipulan un valor de  $2,56 \text{ mg g}^{-1}$ . Sin embargo, se encuentra dentro del rango permitido de calidad para aceites de origen vegetal comestible ( $<4 \text{ mg KOH g de aceite}^{-1}$ ), emitido por la Comisión del Codex Alimentarius (2008) y la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (ANVISA) (BRASIL, 2005b).

En lo que respecta a la acidez como ácido oleico, Quicornac empresa líder en extracciones de aceite estipula un rango de 0.13 a 1.0%; en el presente estudio el aceite extraído a partir de semillas de maracuyá se establece en  $1.18 \pm 0.04\%$ .

De acuerdo con Barrales, Rezende, y Martínez (2015), el valor de la densidad del aceite de semilla de maracuyá reportó  $0.93 \text{ g cm}^{-3}$ ; mientras que en este estudio se determinó con un valor ligeramente menor de  $0.92 \text{ g cm}^{-3}$  a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ; por lo que se puede determinar que en ambos estudios este valor se mantiene y por tanto se considera que se encuentra dentro los parámetros de calidad establecidos para este tipo de aceites.

Cabe mencionar que existe una relación inversamente proporcional entre la temperatura y la densidad ya que a medida que aumenta la temperatura la densidad disminuye.

En lo que respecta al pH, la empresa de extracciones Quicornac establece que este parámetro se establece entre 3.23 a 5.79; de acuerdo al presente estudio el pH se ubicó en  $3.27 \pm 0.07$ ; por lo que se ubica dentro del rango establecido por dicha empresa y además estipula que este aceite tiene un uso muy importante en la industria alimenticia, punto en el que concuerda Morales (2020); quién encontró un pH de 4.04 en su extracción de aceite de maracuyá.

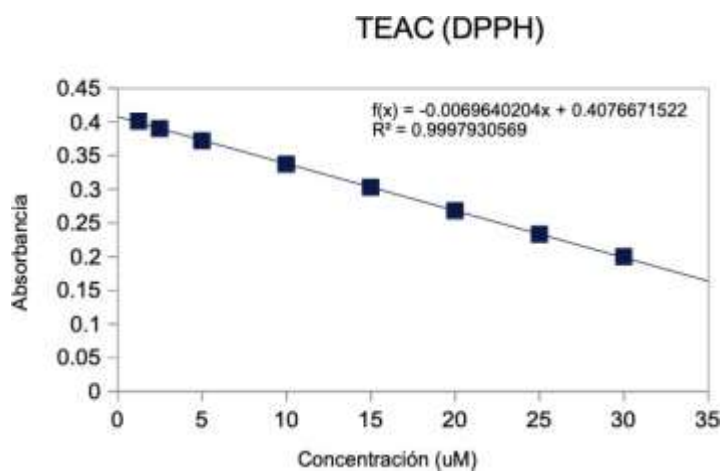
El índice de refracción de los aceites de acuerdo con criterios de (Wilhelm et al., 2014), es un parámetro que se encuentra relacionado con el grado de saturación de ácidos grasos y se constituye en una variable que se encuentra influenciada por la temperatura y los diferentes procesos oxidativos. En el aceite de maracuyá analizado en el presente estudio el índice de refracción a 20 °C fue de  $1.44 \pm 0,04$ . Este valor está de acuerdo con los establecidos en la legislación para aceites convencionales (Brasil, 2006; CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, 2008).

En el presente trabajo el contenido de yodo fue de  $115,33 \pm 4.72 \text{g I}_2/100\text{g}^{-1}$ , este valor se encuentra por debajo al reportado por Volli y Purkait, (2014) con el valor de  $130,97 \text{g I}_2/100\text{g}^{-1}$  y por encima del descrito por Barrales, Rezende, y Martínez, en (2015), quienes obtuvieron un valor de  $108 \text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ . Por lo que el valor reportado en este estudio se encuentra entre estos dos valores por lo que se puede manifestar que se encuentra dentro de los rangos establecidos para aceites de maíz, algodón por el Codex Alimentarius, (2015).

Así mismo, de acuerdo con Cardoso et al. (2013); es valioso destacar que valor obtenido por el índice de yodo en el presente estudio caracteriza al aceite extraído de semilla de maracuyá como semi-secante (Índice de yodo 100-120) y puede ser usado en la elaboración de jabones, productos de limpieza y la industria de los cosméticos.

De acuerdo con Rubalya y Neelamegam (2015), para determinar la capacidad antioxidante de un aceite vegetal se usa el método DPPH; con este principio, se realizó

la curva de calibración TROLOX, para luego usar el aceite obtenido a partir de semillas de maracuyá y analizar la actividad antioxidante, ver Figura 6



**Figura 6.** Curva de calibración TROLOX-Método DPPH para analizar la actividad antioxidante del aceite de semilla de maracuyá

El aceite extraído a partir de semillas de maracuyá, reportó un valor promedio de  $17.41 \pm 0.36 \mu\text{mol}$  Equivalente a TROLOX g de aceite<sup>-1</sup>, este valor se encuentra por debajo de valores previos obtenidos para aceites extraídos con otros agentes extractantes como acetato de etilo  $19103,49 \pm 571,50$  seguido del extracto metanólico con  $15616,23 \pm 2528,10$  (Cazarin et al., 2014).

**Tabla 9.** Actividad antioxidante del aceite extraído de semillas de maracuyá.

Parámetro	Promedio	SD	Min	Max	CV
Actividad antioxidante	17.41	0.36	17.19	17.82	2.06

Esto se corrobora con otro estudio realizado por López et al. (2020); donde analizaron la capacidad antioxidante del aceite de *T. patula* con un valor de  $87,6 \mu\text{mol}$  Equivalente a TROLOX g de aceite<sup>-1</sup>. De cualquier modo, esto sugiere que en el aceite de semilla de maracuyá caracterizado en este estudio no se hallan compuestos que permitan estabilizar al radical DPPH\* por tanto, su capacidad antioxidante es mínima (Negi et al., 2013).

### 7.3. ANÁLISIS ANTIMICROBIANO

Los diámetros de los halos de inhibición se muestran en la Tabla 10. El diámetro promedio de halo de inhibición con mayor éxito fue de 22mm, esto indica la existencia de actividad antibacteriana del aceite de semilla de maracuyá con una concentración de 0.7ug ml<sup>-1</sup>. Mientras que con las concentraciones de 0.3ug ml<sup>-1</sup> fue de 8.33mm y para la concentración de 0.5ug ml<sup>-1</sup> fue de 15mm. En general en este estudio el diámetro promedio de los halos de inhibición fue de 15.11mm.

**Tabla 10.** Valores promedio y de desviación estándar de los halos de inhibición antibacteriana del aceite de semilla de maracuyá probado sobre *S. aureus*.

Concentración	Prom	HS (mm)	S.D.
Penicilina (10U)	38.67 <sup>d</sup>		1.16
0.3ug mL <sup>-1</sup>	8.33 <sup>a</sup>		0.58
0.5ug mL <sup>-1</sup>	15 <sup>b</sup>		1
0.7ug mL <sup>-1</sup>	22 <sup>c</sup>		0

Medias con letras no comunes son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Estos valores se encuentran relativamente menores a los reportados por Nugraha, Suryadi y Erly (2019), quienes obtuvieron halos de inhibición de 14.23mm, 19.53mm y 20.43mm para las concentraciones de 100, 400 y 500mg/ml respectivamente, contra *Staphylococcus aureus* aunque la diferencia está determinada en el tipo de extracción del aceite.

Comparando los resultados de los halos de inhibición obtenidos en el presente estudio con otro estudio llevado a cabo por Landeo et al. (2021) realizaron un análisis del poder antimicrobiano del aceite de semillas de maracuyá extraído por destilación Soxhlet y testeado en un cultivo de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, y *Bacillus cereus* presentando efecto antimicrobiano sobre todas las bacterias, resultados que respaldan nuestro estudio, ya que el trabajo reportó halos de inhibición de 19,04mm y 13,07mm para el 100% y 50% respectivamente.

## **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **8.1. CONCLUSIONES**

Los resultados demuestran que la extracción por el método de Soxhlet conlleva rendimientos en donde mediante un sistema ortogonal tanto la presión como la temperatura se comportan de forma no multicolineal. Los valores de las características fisicoquímicas del aceite de semilla de maracuyá, están dentro de los rangos determinados por la normativa técnica ecuatoriana INEN y las normas brasileña y argentinas. En lo que respecta al análisis del efecto antibacteriano del aceite de semillas de maracuyá sobre *Staphylococcus aureus* se puede determinar que existe un buen efecto por lo que su uso en las diversas actividades humanas se ve muy prometedor. Además, posee un efecto inhibitorio que lo hace un producto altamente competitivo como preservante natural que ayudará a elevar el tiempo de vida útil dentro de la industria alimentaria, alternativas antibióticas menos agresivas y cosméticos que no provoquen alergias en la piel

### **8.2. RECOMENDACIONES**

- Buscar otros métodos de extracción que aseguren porcentajes de rendimiento más eficientes y en donde las variables de extracción se puedan correlacionar de forma más sólida.
- Propiciar el uso de este aceite en formulaciones alimenticias para poder elevar el tiempo de vida útil de los mismos.
- Se hace propicio recomendar que se sigan haciendo más investigaciones en torno al uso de este aceite con otro tipo de enterobacterias.

## **9. BIBLIOGRAFÍA**

Acosta, O., Pérez, A., y Vaillant, F. (2009). Chemical characterization, antioxidant properties and volatile constituents of naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) cultivated in Costa Rica. . *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 59(1).

AGRIPAC. (1998). *Manual del cultivo de maracuyá*. Guayaquil: [Base de datos Agripac: Ecuador]. Obtenido de [Base de datos Agripac; Ecuador]

Aparicio, R., Rojas, L., Velasco, J., Usubillaga, A., Sosa, M., y Rojas, J. (2019). Caracterización química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de las hojas de *Libanothamnus neriifolius* (Asteraceae). *Revista peruana de biología*, 26(1), 95-100.

Aponte, Y., y Jauregui, D. (2004). Capacidad reproductiva: formación de frutos y semillas en *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener y *Passiflora cincinnata* Mast. . *Fac.Rev. Agro. (LUZ)* 21, 353-361.

Aranda-Ventura, J., Villacrés-Vallejo, J., y Rios-Isern, F. (2019). Composición química, características físico-químicas, trazas metálicas y evaluación genotóxica del aceite de *Plukenetia volubilis* L.(sacha inchi). *Revista peruana de medicina integrativa*.

Arias-Suárez, C., Ocampo-Pérez, A., y Urrea-Gómez, R. (2014). La polinización natural en el maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) como un servicio reproductivo y ecosistémico. *Agronomía mesoamericana*, 25(1), 73-83.

Artica-Mallqui, L., Baquerizo, M., Rosales, H., y Rodríguez, G. (2021). Ácidos grasos, tocoferoles y fitoesteroles en aceites de semillas de granadilla y zapallo extraído con CO<sub>2</sub> supercrítico. *Revista de la Sociedad Química del Perú*.

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., y Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils a review. *Food and Chemical Toxicology*, v. 46, n. 2, 446-475.

Barrales, F., Rezende, C., y Martínez, J. (2015). Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of passion fruit (*Passiflora edulis* sp.) seed oil assisted by ultrasound. *J Suoercrit Fluid*. 104, 183-192.

Betancourth, S. (2021). Evaluación de extractos de plantas para el manejo de polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) en cultivos de papa en Nariño, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 219-226.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 49, de 22 de dezembro de 2006. Anexo I – Regulamento técnico de identidade e qualidade de óleos vegetais refinados. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, publicado em 26 de dezembro de 2006.

Bravo, P. (2021). *Staphylococcus aureus* aislados en consultorios odontológicos. Genes de resistencia y virulencia. *Redieluz*, 131.

Calderón, J y Guerrero, O. (2021). Efecto del aceite esencial de las semillas de *Passiflora edulis* “Maracuyá” y *Passiflora ligularis* “Granadilla” sobre *Staphylococcus aureus*. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Roosevelt

Calderón-Parra, J., de la Fuente, S., y de Santiago, A. (2022). Protocolo para el manejo de las infecciones graves por *Staphylococcus aureus*. *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 13(50), 2937-2944.

Cardoso, R., Davantel, S., y Gimenes, M. (2013). The extraction of passion fruit oil with green solvents. *J. Food Eng*, 117 (4), 458-463.

Cazarin, C., Silva, D., Colomeu, T., Zollner, L., y Maróstica, R. (2014). Capacidade antioxidante e composição química da casca de maracujá (*Passiflora edulis*). *Ciência Rural*, 44, 1699-1704.

Chiriguayo, E. (2021). *Producción del cultivo de maracuyá (Passiflora edulis) y su influencia económica en el Ecuador*. Babahoyo: (Bachelor's thesis, UTB).

Cleves, A., Jarma, A., y Fonseca, J. (2009). Manejo integrado del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*). . *Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas*. , 98-119.

Condori, M., y Palomino, G. (2022). Rendimiento y caracterización fisicoquímica del aceite esencial de cilantro extraído por arrastre de vapor en un equipo modular. *Technological Innovations Journal*, 1(1), 41-53.

Cortés, M., Benavides, P., Diwisch, S., y Ríos, E. (2022). Extracción del aceite esencial de *Elettaria cardamomum* (Cardamono), por hidrodestilación acoplada a Clevenger y asistida por microondas, con y sin tratamiento previo con ultrasonido. *Journal of research of the University of Quindío*, 34 .

Crisóstomo, O., Encina, C., Aguirre, R., y Silva, B. (2015). Evaluación del proceso de licuefacción enzimática de arilos de pulpa de maracuyá (*Passiflora edulis* Simms, var. *flavicarpa*). *Revista Peruana de Química*. (18: 1) , 81-89.

Cruz, R., Chavez, G., y Fernández-Jeri, A. (2021). Actividad antioxidante y ácidos grasos de aceite de semillas de siete frutas nativas de la región Amazonas, Perú. *Información tecnológica*, 32(3), , 141-148.

Da Silva, M., Bruckner, C., Picanco, M., y Molina, A. (1999). Número floral, clima, densidad poblacional de *Xylocopa* spp. (Hymenoptera: Anthophoridae) y polinización del maracuyá ( *Passiflora edulis f. flavicarpa* ). . *Rev. Biol. trop.* 47(4), 711-718.

Das, K., Tiwari, S., y Shrivastava, K. (2010). Techniques for evaluation of medicinal plant products as antimicrobial agents: current methods and future trends. *Journal of Medicinal Plants Research*, v. 4, n. 2, 104-111.



De Almeida, L. P. (1991). Estaquia e comportamento de maracujazeiros (*Passiflora edulis Sims.* forma *flavicarpa*) propagados por vias sexual e vegetativa. *Revista Brasileira do Fruticultura*, vol. 13, núm. 1, 153-156.

Dorado, J., Hurtado, M., y Martínez-Correa, A. (2017). Extracción supercrítica de aceite de semillas de papaya (*Carica papaya*): composición y propiedades fisicoquímicas. *Vitae*, 24(2 (2)), 35-45.

Fernández-Alonso, M., Reina, G., Rubio, M., y Leiva, J. (2018). Infecciones por *Corynebacterium spp.*, *Bacillus spp.* y *Listeria spp.* *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 12(49), 2901-2909.

Figueiredo, A. (2021). *Óleos essenciais com atividade antimicrobiana a fitopatógenos de interesse em Passiflora edulis Sims.* Seropédica: Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária) - Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

García, M. (2002). *Guía técnica del cultivo de maracuyá.* San Salvador. El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. 3-12.

Garófalo, E. (2022). *Revisión bibliográfica sobre los agentes bacterianos asociados a brotes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETAS) en Ecuador.* Riobamba: Bachelor's thesis, Universidad Nacional de Chimborazo.

Gonçalves, L., Alves, A., y Menezes, H. (2022). Estudo comparativo da atividade antimicrobiana de extratos de algumas árvores nativas. *Arquivos do Instituto Biológico*, 72, 353-358.

Huanca, D. (2022). Prevalencia de patógenos bacterianos y sensibilidad antibacteriana, en secreción del tracto respiratorio inferior de pacientes críticos por covid-19. *Hospital III Daniel Alcides Carrión-EsSalud*.

Jaramillo, J., Cárdenas, J., y Orozco, J. (2009). *Manual sobre el cultivo del maracuyá ( Passiflora edulis ) en Colombia*. . Palmira, Colombia.: Corpoica.

Knight Jr, R., y Sauls, W. (1994). *La maracuyá o parchita*. Florida, USA: Departamento de Ciencias Hortícolas, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.

Kumar, R., y Begum, H. (2002). Antimicrobial studies of some selected medicinal plants. *Anc Sci Life. Apr;21(4)*, 230-239.

Landeo, T., Rodriguez, R., Huayhua, A., y Areche, O. (2021). Compuestos bioactivos, perfil antioxidante y actividad antimicrobiana del aceite esencial de Tagetes erecta y Tagetes patula. . *Dominio de las Ciencias*, 7(5), 451-464.

Liu, G., Xu, X., Gong, Y., He, L., y Gao, Y. (2012). Effects of supercritical CO<sub>2</sub> extraction parameters on chemical composition and free radical-scavenging activity of pomegranate (*Punica granatum L.*) seed oil. . *Food Bioprod Process*, 90(3), 573-578.

Lirola Andreu, L., Ávila Jiménez, F., Fernández Mariscal, A., Reinoso Espín, Á., y Martínez Martínez, S. (2022). La resistencia bacteriana. Generalidades, carbapenemasas y actualidad: una revisión narrativa.

Londoño, P., Mieres-Pitre, A., y Hernández, C. (2012). Extracción y caracterización del aceite crudo de la almendra de durazno (*Prunus pérsica*). *Av Cien Ing*, 3(4), 37-46.

López, V., Dueñas, A., Cuenca-Nevárez, G., y Rodríguez-Díaz, J. (2020). Caracterización fitoquímica, actividad antioxidante y antibacteriana del aceite esencial y extractos de Tagetes patula sobre *Staphylococcus aureus*. *Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia*, 37(4), 347-367.

Lucena, E., Contreras, E., Moreno, G., Rojas, L., de Rojas, C., Fajardo, F., y Torres, S. (2020). Composición y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Austroeupatorium inulifolium* (Kunth) King & Robinson (Asteraceae). *Revista Cubana de Farmacia*, 52(4), 1-16.

Lutz, I. (1985). *Óleo e gorduras. Métodos Químicos para Análise de Alimentos*. Sao Paulo: INSTITUTO ADOLFO LUTZ. 3 ed.

Mardiati, Y., Chaidir, Z., y Dharma, A. (2017). Antimicrobial activity of *Persea americana* peel extract from North Sumatra, Indonesia, against gram positive and gram negative bacteria in vitro. *Am Sci Res J Eng Technol Sci [Internet]*; 38(2), 247-250.

Mazón-Paredes, E., Herrera-Rodríguez, M., Mazón-Paredes, C., García-Martínez, A., Delgado, M., y Guzmán, J. (2021). Effect of the area of origin and sampling time on the bromatological composition of passion fruit cake. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XXXI, N°4*, 163 - 170.

Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W., y Flórez, E. (2009). Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Bogotá. *Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas*.

Molina-Hernández, B., Martínez-Correa, A., y Andrade-Mahecha, M. (2019). Potencial agroindustrial del epicarpio de maracuyá como ingrediente alimenticio activo. *Información tecnológica*, 30(2), 245-256.

Morales, J. (2020). *Calidad del aceite de semillas de maracuyá (Passiflora edulis Sims) procedente de residuos agroindustriales. Tesis de Grado*. . Perú: Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Industrial. Universidad César Vallejo.

Negi, J., Bisht, V., Bhandari, A., y Sundriyal, R. (2013). Essential oil contents and antioxidant activity of *Tagetes patula* L. . *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 16(3), 364-367.

Nugraha, E., Suryadi, A., y Erly, S. (2019). Antibacterial Activity of Ethyl Acetate Fraction of Passion Fruit Peel (*Passiflora Edulis* Sims) on *Staphylococcus Aureus* and *Escherichia Coli*. . *Indonesian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research* 2(1), 07-12.

Ogundare, A., y Oladejo, O. (2014). Antibacterial Activities of the Leaf and Bark Extract of *Persea americana* . *American Journal of Ethnomedicine*, Vol. 1, No. 1, 064-071.

Padilla, W. (1999). *Manual de la fertilización orgánica y química*. Quito: Desde el surco, 1:3-8.

Pantoja, A., Hurtado, A., y Martínez, H. (2017). Caracterización de aceite de semillas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) procedentes de residuos agroindustriales obtenido con CO<sub>2</sub> supercrítico. *Acta Agron.* 66(2), 178-185.

Pico, U. (2022). *Reproducción asexual de maracuyá (Passiflora edulis f. flavicarpa) con el uso de bioestimulantes*. Jipijapa: Bachelor's thesis, UNESUM.

Puertas, M., Mesa, M., y Saez, J. (2005). In Vitro radical scavenging activity of two Columbian Magnoliaceae. *Naturwissenschaften* 92, 381 - 384.

Ramírez, V., Arango, S., Uribe, D., Maldonado, E., y Aguillón, J. (2017). Effect of the Ethanolic Extract of *Passiflora edulis* F. *Flavicarpa* Leaves on Viability, Cytotoxicity and Apoptosis of Colon Cancer Cell Lines. *J Chem Pharm Res*;9(6), 135-139.

Rubalya, V., y Neelamegam, P. (2015). Selective ABTS and DPPH-radical scavenging activity of peroxide from vegetable oils. *International food research journal* 22. 1, 289.

Salame, L., Dourado, C., de Aguiar, M., y Rivas, A. (2018). Prevalencias *Staphylococcus aureus* en estudiantes de la Facultad de Medicina de la Universidad Privada María Serrana de Asunción. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica*, 2(1), , 59-65.

Sabogal-Palma, A., Chávez, J., Oliveros-Gómez, D., Murillo-Perea, E., y Méndez-Arteaga, J. (2016). Funcionalidades biológicas de *Passiflora maliformis* del sur macizo colombiano. *Bioagro*, 28(1), 003-012.

Sánchez, B. (2021). Intercambio de patógenos, salud pública y protocolo de Nagoya. *Revista Española de Derecho Internacional*, 73(1), 253-276.

Santacruz, S., Cárdenas, G., y Mero, V. (2020). Compuestos fenólicos y aceite de semillas de naranja y maracuyá. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia*, 37(1), 51-68.

Santivañez, M., y Pauca, C. (2021). Larva de *Rhynchophorus palmarum* L., Coleoptera: Curculionidae: efecto de la dieta en la síntesis de ácidos grasos esenciales. *Revista Verde de Agroecología e Desenvolvimento Sustentável*, 16(2), , 122-130.

Sempértegui, A. (2019). *Evaluación farmacognóstica y actividad antioxidante de los extractos de Corynaea crassa Hook f. de dos lugares de procedencia*. Guayaquil: Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas.

Stable-García, Y., Zamora-Rodríguez, Z., Ledea-Lozano, O., Mancebo-Rodríguez, A., Jay-Pérez, D., León-Goñi, A., y Oyarzabal-Yera, A. (2021). Influencia del aceite de girasol ozonizado sobre parámetros del perfil lipídico, proteico e indicadores de estrés oxidativo en perros. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 52(1), 39-49.

Távora, A., y Vasquez, A. (2017). Proyecto de inversión para la creación de una planta piloto para la producción de aceite esencial a partir de la maracuyá (*Passiflora edulis*) en el distrito de Motupe para la exportación a Los Ángeles, USA.

Torres, R., Huanca, R., y Quispe, S. (2021). Actividad insecticida del aceite esencial de Pampa Anís (*Tagetes filifolia* Lag.) sobre el gorgojo del maíz (*Pagiocerus frontalis*). *Revista de Investigaciones de la Escuela de Posgrado de la UNA PUNO*, 10(3), 186-197.

Volli, V., y Purkait, M. (2014). Physicochemical properties and thermal degradation studies of commercial oils in nitrogen atmosphere. *Fuel*, v. 117, 110-119.

Wilhelm, A., y col., (2014). Diferentes taxas de alimentação de prensa do tipo expeller na eficiência de extração e na qualidade do óleo de semente de maracujá. *Ciência Rural* 44 , 1312-1318.

Zagaceta, J., Zavaleta, S., y Martinez, W. (2018). Determinación de las propiedades fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos del aceite de la semilla obtenida del procesamiento de zumo de maracuyá (*Passiflora edulis*). *INGnosis*, 4(2), 170-181.

## 10. ANEXOS

### ANEXO 1. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EVALUAR LA RESPUESTA ANTIMICROBIANA DE *Staphylococcus aureus* ANTE DIVERSAS CONCENTRACIONES DE ACEITE DE SEMILLA DE MARACUYA

Variable analizada: HS\_MM\_

Opción de transformación: Variable sin transformación( Y )

Tabla de Análisis de Varianza

FV	gL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CONCENTRAC	.3	1528.66	509.55	764.33	0.0000
error	8	5.33	0.67		
Total corregido	11	1534.00			
CV (%) =	3.89				
Promedio: ..	21.0000000	Número de observaciones:		12	

Test de Tukey para la fuente de variación: Concentración

DMS: 2,14

NMS: 0,05

Media armónica del número de repeticiones (r): 3

Error patrón: 0,471

Tratamientos	Promedios	Resultados del test
0.3 ug ml-1	8.333333	a
0.5 ug ml-1	15.000000	.b
0.7 ug ml-1	22.000000	.c
Penicilina	38.666667	.d

**ANEXO 2. RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUÍMICOS DE ACEITE DE SEMILLA DE MARACUYA**



**FCZ-LAB**  
 Investigamos para cambiar el sector Agropecuario  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ZOOTÉCNICAS**  
 EXTENSIÓN CHONE

<b>Cliente</b>	Bravo Vera Janeth Cristina Nevarez Delgado Maria Jose	<b>N° de análisis: 10</b>
<b>Dirección</b>	CHONE	<b>Fecha de recibido</b>
<b>Teléfono</b>	0993620489	<b>Fecha del análisis</b>
<b>Muestra</b>	Aceite de maracuyá	07/07/2022
<b>Cantidad recibida</b>	25 mL	<b>Fecha de reporte</b>
<b>Objetivo del análisis</b>	Realizar caracterización fitoquímica y funcional aceite de maracuyá	12/07/2022

A. Maracuyá	Unidad	Resultados			Método
		1	2	3	
Índice de saponificación	mg KOH/g de aceite	165,282	164,673	165,997	NTE INEN-ISO 3657
Índice de peróxido	meq O <sub>2</sub> /Kg de aceite	9,9150	9,7556	9,7606	NTE INEN-277
Índice de acidez	mg/g de aceite	2,31272085	2,42427814	2,30990942	NTE INEN-ISO 660:2013
Acidez	% ácido oleico	1,163	1,219	1,161	NTE INEN-ISO 660:2013
Densidad (25°C)	g/mL	0,91192	0,92012	0,91515	NTE INEN 0035:2012

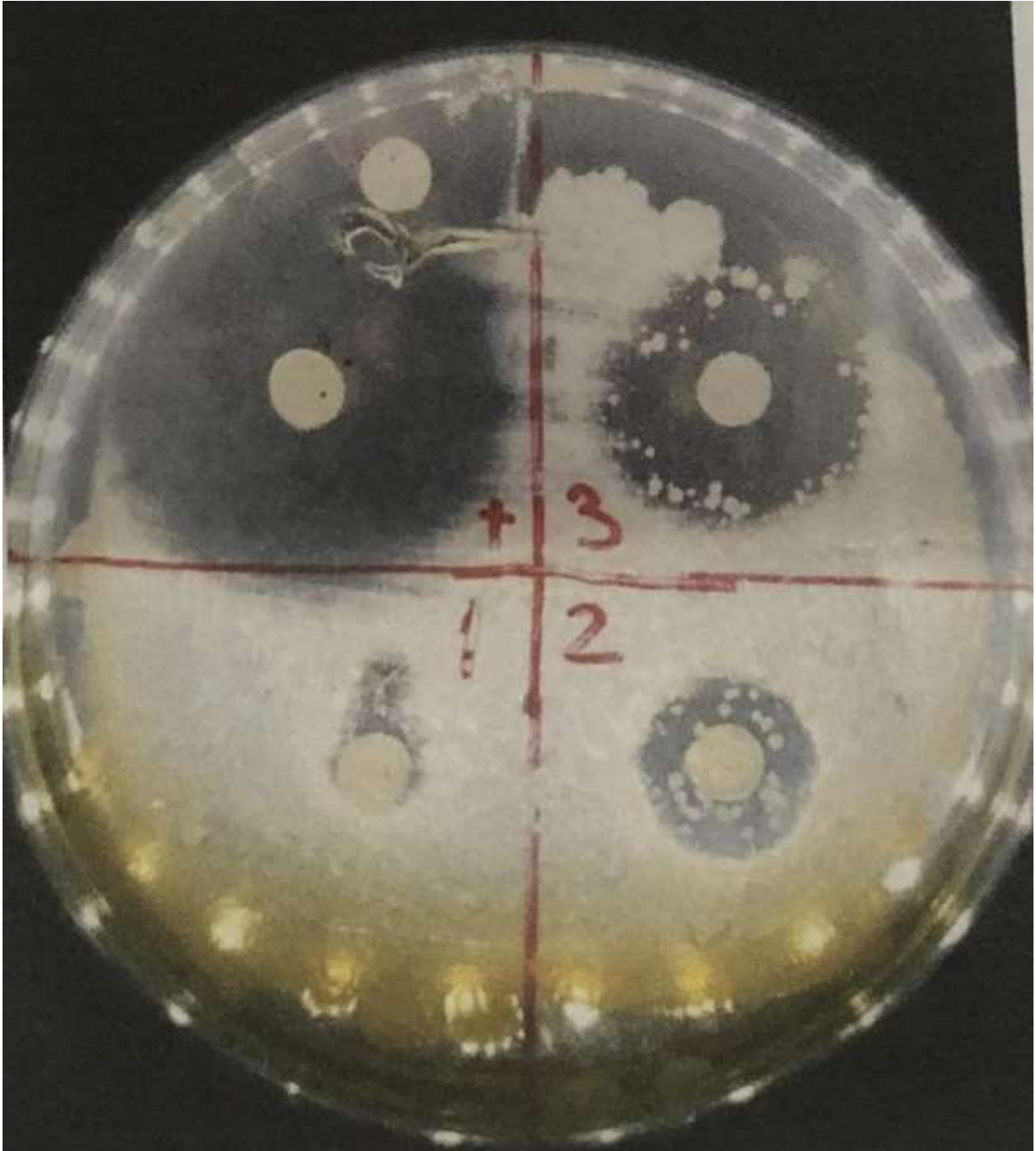


MARIO JAVIER  
BONILLA LOOR

Dr. Mario Bonilla Loor  
 Jefe de los Laboratorios de la FCZ - LAB



**ANEXO 3. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA PRUEBA DE INHIBICIÓN DE *Staphylococcus aureus* FRENTE AL ACEITE DE SEMILLA DE MARACUYÁ**



**ANEXO 4. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLA DE MARACUYÁ *in lab***

