



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA MENCIÓN TECNOLOGÍA DE  
ALIMENTOS**

**MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

---

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN  
HIDROALCOHÓLICA A PARTIR DE CHILLANGUA (*Eryngium foetidum*  
*L*), EN FUNCIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES Y ACTIVIDAD  
ANTIOXIDANTE**

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en  
Agroindustrias mención Tecnología de Alimentos

**Autor**

Quevedo Barreto Luci Angelita

**Tutor**

Edwin Ramiro Cevallos Carvajal Mg.C.

**LATACUNGA-ECUADOR**

**2022**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación "Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir de chillangua (*Eryngium foetidum L*), en función del contenido de polifenoles y actividad antioxidante" presentado por Quevedo Barreto Luci Angelita, para optar por el título Magíster en Agroindustrias mención Tecnología de Alimentos

### CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, agosto, 8, 2022



.....  
Edwin Ramiro Cevallos Carvajal Mg.C.  
0501864854

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir de chillangua (*Eryngium foetidum L*), en función del contenido de polifenoles y actividad antioxidante”, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Agroindustrias mención Tecnología de Alimentos; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, octubre, 6, 2022

.....  
Jaime Orlando Rojas Molina Mg.C.  
0502645435  
Presidente del tribunal

.....  
Ana Maricela Trávez Castellano Mg.C.  
0502270937  
Lector 2

.....  
Zoila Eriana Zambrano Ochoa Mg.C.  
0501773931  
Lector 3

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios y a mi familia por ser el apoyo fundamental en mi formación personal y profesional.

*Luci Angelita Quevedo Barreto*

## **AGRADECIMIENTO**

De manera especial al Ing. Edwin Cevallos, por el tiempo dedicado y el apoyo ofrecido en el trabajo de investigación, por la motivación para la culminación de mis estudios profesionales.

A mis padres y hermanos, porque ellos me han brindado su apoyo incondicional, contribuyendo en mi formación personal.

A los docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, que han contribuido con mi formación y me han brindado sus mejores experiencias.

A mis amigos, por bríndame su apoyo, carisma y compartir inolvidables experiencias en esta etapa.

*Luci Angelita Quevedo Barreto*

## RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, agosto, 8, 2022



.....  
Luci Angelita Quevedo Barreto  
0603683434

## RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, agosto, 8, 2022



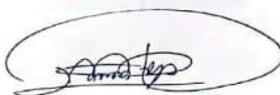
.....  
Luci Angelita Quevedo Barreto  
0603683434

## AVAL DEL PRESIDENTE

### AVAL DEL PRESIDENTE

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: "Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir de chillangua (*Eryngium foetidum L*), contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal

Latacunga, octubre, 6, 2022



.....  
Jaime Orlando Rojas Molina Mg.C.  
0502645435

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**Título:** “Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir de chillangua (*Eryngium foetidum L*), en función del contenido de polifenoles y actividad antioxidante”

**Autor:** Quevedo Barreto Luci Angelita

**Tutor:** Cevallos Carvajal Edwin Ramiro Mg.C.

**RESUMEN**

El objetivo de este estudio fue la extracción de la droga cruda a partir de chillangua (*Eryngium foetidum L*), se tomó en cuenta las hojas para realizar el estudio, por lo tanto, se deshidrato las hojas en una estufa de aire forzado por 4 días a 40° C. A partir de este análisis se determinó, por un lado, el perfil fitoquímico y mediante el extracto optimizado, se determinó la capacidad antioxidante. El programa Design Expert 8.0.6 determino 27 corridas con diferentes variables como son; concentración de estanol (60%, 75%, 90%), tiempo (6h, 15h, 24 h) y temperatura (30° C, 45° C, 60° C) de extracción. De acuerdo al análisis del perfil fitoquímico realizado, los metabolitos que poseen las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum L*) son; saponinas, compuestos fenólicos, quinonas / benzoquinonas, flavonoides, principios amargos, mucílagos, triterpenos / esteroides, agrupamiento lactónico, compuestos grasos, alcaloides y catequinas. Por otro lado, se determinó el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de las diferentes corridas experimentales, sometiendo la droga cruda a una solución hidroalcohólica. La optimización numérica de la extracción hidroalcohólica se comparó con los valores experimentales de polifenoles totales (61,53 mg/g) y capacidad antioxidante (325,48  $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$ ), con los obtenidos en la optimización por medio de programa, los cuales fueron; polifenoles totales (60,553 mg/g) y actividad antioxidante (324,456  $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$ ). Los valores alcanzados mediante la experimentación son superiores a los valores de la optimización numérica.

**PALABRAS CLAVE:** *extracción, polifenoles, antioxidante, chillangua, fitoquímico*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
GRADUATE DIRECTORATE

MASTER'S DEGREE IN AGROINDUSTRY MAJOR IN FOOD TECHNOLOGY

**Title:** "Optimization of the hydroalcoholic extraction process from chillangua (*Eryngium foetidum L.*), depending on the content of polyphenols and antioxidant activity"

**Author:** Quevedo Barreto Luci Angelita

**Tutor:** Cevallos Carvajal Edwin Ramiro Mg.C.

ABSTRACT

The objective of this study was the extraction of the crude drug from chillangua (*Eryngium foetidum L.*), and the leaves were considered to carry out this study; therefore, the leaves were dehydrated in a forced air oven for 4 days. From this analysis, on the one hand, the phytochemical profile was determined and, on the other hand, the antioxidant capacity was determined by means of the optimized extract. The Design Expert 8.0.6 program determined 27 runs with different variables such as stanol concentration (60%, 75%, 90%), extraction time (6h, 15h, 24h), and temperature (30°C, 45°C, 60°C). According to the analysis of the phytochemical profile carried out, the metabolites that chillangua leaves (*Eryngium foetidum L.*) have, are the following ones, saponins, phenolic compounds, quinones / benzoquinones, flavonoids, bitter principles, mucilages, triterpenes / steroids, lactone grouping, fatty compounds, alkaloids, and catechins. For one side, the polyphenol content and antioxidant capacity of the different experimental runs were determined by subjecting the crude drug to a hydroalcoholic solution. The numerical optimization of the hydroalcoholic extraction was compared with the experimental values of total polyphenols (61.53 mg/g) and antioxidant capacity (325.48  $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$ ) with those obtained in the optimization by means of the program, which were the total polyphenols (60.553 mg/g) and the antioxidant activity (324.456  $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$ ). The values achieved through experimentation are higher than the values of numerical optimization.

**KEY WORDS:** extraction, polyphenols, antioxidant, chillangua, phytochemical

Patricio Javier Serrano Escobar con cédula de identidad número: 1707257083 Master of Arts in TESOL y Traductor Profesional Certificado en el idioma inglés < > español en los Estados Unidos, con Número de Registro de la SENESCYT: SETEC\_MDT-3104-CCL-252641; CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: "Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir de chillangua (*Eryngium foetidum L.*), en función del contenido de polifenoles y actividad antioxidante" de Quevedo Barreto Luci Angelita aspirante a Magister en Agroindustrias mención Tecnología de Alimentos



.....  
Patricio Javier Serrano Escobar  
C.C. 1707257083



Quito, octubre, 04, 2022

## INDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR .....	I
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA .....	V
RENUNCIA DE DERECHOS .....	VI
AVAL DEL PRESIDENTE .....	VI
RESUMEN .....	VIII
INDICE DE CONTENIDOS .....	XI
INDICE DE TABLAS .....	XV
INDICE DE GRÁFICOS .....	XVI
INDICE DE ILUSTRACIONES .....	XVII
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Justificación .....	5
1.3. Planteamiento del problema.....	7
1.4. Hipótesis .....	8
1.4.1. Hipótesis nula.....	8
1.4.2. Hipótesis alternativa.....	8
1.5. Objetivos de la investigación .....	8
1.5.1. Objetivo General.....	8
1.5.2. Objetivos específicos .....	8
1.5.3. Tareas.....	8
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEORICA.....	10
2.1. Fundamentación epistemológica.....	10
2.1.1. Origen de la chillangua ( <i>Eryngium foetidum L</i> ).....	10
2.1.2. Taxonomía ( <i>Eryngium foetidum L</i> ) .....	10
2.1.3. Compuestos bioactivos.....	10
2.1.4. Beneficios de la chillangua ( <i>Eryngium foetidum L</i> ).....	10
2.1.5. Propiedades nutricionales.....	11
2.1.6. Usos de la chillangua ( <i>Eryngium foetidum L</i> ).....	11
2.1.7. Principios Activos .....	11
2.1.7.1. Saponinas.....	11
2.1.7.2. Cumarinas .....	12

2.1.7.3. Taninos .....	12
2.1.7.4. Glicósidos .....	12
2.1.7.5. Terpenoides .....	12
2.1.7.6. Triterpenos .....	12
2.1.7.7. Alcaloides .....	13
2.1.7.8. Flavonoides.....	13
2.1.7.9. Fenoles.....	13
2.1.7.10. Quinonas.....	13
2.1.8. Tipos de extractos.....	13
2.1.8.1. Extracto fluido o líquido.....	14
2.1.8.2. Extractos semisólidos o blandos.....	14
2.1.8.3. Extractos pulverizados o secos .....	14
2.1.9. Tipos de extracciones .....	14
2.1.9.1. Percolación .....	14
2.1.9.2. Maceración .....	14
2.1.9.3. Decocción .....	15
2.1.9.4. Infusión.....	15
2.1.9.5. Digestión.....	15
2.2. Fundamentación del estado del arte.....	15
<b>CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
3.1. Tipos de investigación .....	18
3.1.1. Investigación cuantitativa.....	19
3.1.2. Investigación descriptiva.....	19
3.1.3. Investigación experimental .....	19
3.2. Métodos de investigación .....	19
3.2.1. Cuantitativo .....	19
3.3. Técnicas de la investigación .....	19
3.3.1. Observación.....	19
3.4. Instrumentos de investigación .....	20
3.4.1. Fichas .....	20
3.4.2. Cámara .....	20
3.5. Materiales y equipos .....	20
3.5.1. Materiales de laboratorio.....	20
3.5.2. Equipos.....	20
3.5.3. Reactivos .....	21

3.6. Descripción de los métodos de extracción.....	22
3.6.1. Recolección de la materia prima .....	22
3.6.2. Selección y limpieza de la materia prima.....	23
3.6.3. Secado .....	23
3.6.4. Molido .....	23
3.6.5. Análisis del perfil fitoquímico de las hojas de chillangua ( <i>Eryngium foetidum</i> L) .....	23
3.6.5.1. Compuestos grasos. Ensayo de sudan .....	23
3.6.5.2. Alcaloides. Ensayo de Dragendorff.....	23
3.6.5.3. Agrupamiento lactónico. Ensayo de Baljet .....	24
3.6.5.4. Triterpenos / esteroides. Ensayo de Liberman-Burchard .....	24
3.6.5.5. Catequinas. Ensayo de Catequinas .....	24
3.6.5.6. Resinas. Ensayo de Resinas.....	24
3.6.5.7. Azúcares reductores. Ensayo de Fehling .....	24
3.6.5.8. Saponinas. Ensayo de Espuma .....	24
3.6.5.9. Compuestos fenólicos. Ensayo de Cloruro Férrico III .....	25
3.6.5.10. Aminoácidos libres / aminos. Ensayo de Nihidrina.....	25
3.6.5.11. Quinonas / benzoquinonas. Ensayo de Borntrager .....	25
3.6.5.12. Flavonoides. Ensayo de Shinoda .....	25
3.6.5.13. Glucósidos cardiotónicos. Ensayo de Kedde.....	25
3.6.5.14. Mucílagos. Ensayo de mucílagos .....	25
3.6.5.15. Principios amargos. Ensayo de principios amargos .....	26
3.6.6. Extracción hidroalcohólica.....	26
3.6.7. Obtención del extracto .....	26
3.6.8. Determinación de antioxidantes (Ensayo de Frap) .....	26
3.6.9 Determinación del contenido de polifenoles totales .....	27
3.7. Diagrama de flujo .....	29
3.8. Diseño experimental .....	29
3.9. Factores de estudio y temperatura .....	30
CAPITULO IV. APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA .....	31
4.1. Resultado .....	31
4.1.1. Perfil fitoquímico .....	32
4.1.1.1. Descripción de los resultados de los extractos .....	33
4.1.2. Matriz experimental .....	35
4.1.3. Modelo codificado de la cantidad de polifenoles totales .....	36

4.1.4. Modelo codificado del poder antioxidante reductor del hierro .....	38
4.1.5. Optimización numérica del proceso de extracción hidroalcohólico de la droga cruda .....	40
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	43
5.1. Conclusiones .....	43
5.2. Recomendaciones .....	44
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45
CAPÍTULO VII. ANEXOS.....	53
Anexo 1 Recolección de la planta fresca, Alluriquín- Santo Domingo.....	53
Anexo 2 Selección y limpieza de las hojas de chillangua ( <i>Eryngium foetidum L</i> ).....	53
.....	53
Anexo 3 Secado de las hojas de chillangua ( <i>Eryngium foetidum L</i> ) .....	54
Anexo 4 Molido y pesado de las hojas de chillangua ( <i>Eryngium foetidum L</i> ) .....	54
Anexo 5 Extractos hidroalcohólicos .....	54
Anexo 6 Validación del experto .....	55
Anexo 7 Validación del usuario.....	58

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	<i>Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos</i> .....	8
<b>Tabla 2.</b>	<i>Etapas</i> .....	9
<b>Tabla 3.</b>	<i>Taxonomía (Eryngium foetidum L)</i> .....	10
<b>Tabla 4.</b>	<i>Variables de estudio</i> .....	26
<b>Tabla 5.</b>	<i>Descripción del diseño superficie de respuesta</i> .....	30
<b>Tabla 6.</b>	<i>Representación de las corridas experimentales</i> .....	30
<b>Tabla 7.</b>	<i>Perfil fitoquímico</i> .....	32
<b>Tabla 8.</b>	<i>Matriz experimental para la evaluación de polifenoles y actividad antioxidante de las hojas de chillangua (Eryngium foetidum L)</i> .....	35
<b>Tabla 9.</b>	<i>Parámetros del modelo codificado de la cantidad de polifenoles</i> .....	36
<b>Tabla 10.</b>	<i>Parámetros del modelo codificado del poder antioxidante reductor del hierro</i> 38	
<b>Tabla 11.</b>	<i>Restricciones para la optimización de la extracción</i> .....	40
<b>Tabla 12.</b>	<i>Solución optimizada que cumple las restricciones</i> .....	40
<b>Tabla 13.</b>	<i>Valores óptimos predichos y experimentales</i> .....	41
<b>Tabla 14.</b>	<i>Caracterización del extracto optimizado</i> .....	42

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> <i>Contenido de polifenoles totales</i> .....	37
<b>Gráfico 2.</b> <i>Capacidad antioxidante</i> .....	39
<b>Gráfico 3.</b> <i>Relación del optimizado</i> .....	41

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> <i>Zona de recolección de chillangua (Eryngium foetidum L)</i> .....	22
<b>Ilustración 2.</b> <i>Estado de la planta</i> .....	22

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

Las hierbas aromáticas y especias conforman un grupo de especies vegetales que se caracterizan por su contenido de sustancias aromáticas, sápidas, colorantes en toda su constitución o en distintos órganos, tales como frutos, semillas, raíces, hojas, flores o inflorescencias. Sus aplicaciones son muy amplias e incluyen desde el uso culinario hasta la extracción de moléculas aromáticas que integran la composición de repelentes de insectos o productos de limpieza. Por otro lado, en los alimentos aderezan o mejoran el aroma, sabor y color de los alimentos y bebidas. Y, por sus propiedades antioxidantes, los preservan. (Parra, 2009). Así también Cameroni (2012) menciona que los aceites esenciales son aceites líquidos aromáticos u olorosos obtenidos de partes de plantas, por ejemplo, flores, brotes, semillas, hojas, ramas, cortezas de árboles, hierbas, maderas, frutas y raíces, por otro lado, los aceites esenciales y sus derivados pueden ser obtenidos por expresión, destilación, fermentación o extracción.

Chillangua (*Eryngium foetidum L*), es una hierba tropical que no necesita ser cultivada, es silvestre y se utiliza como condimento, aromatizante por olor y sabor, normalmente la nombran a esta planta como cilantro de pozo. chillangua (*Eryngium foetidum L*), tiene una concentración de caroteno, Ca, Fe, vitaminas A, B1, B2, C. En la aplicación se la conoce a esta planta por su sabor ancestral, consumido en todas partes del mundo en el arte culinario, porque brinda un buen sabor y aroma agradable. Por otro lado, chillangua (*Eryngium foetidum L*), posee también propiedades medicinales.

### 1.1. Antecedentes

La línea de investigación del presente trabajo está basada en el desarrollo y seguridad alimentaria y procesos industriales y como sub línea de investigación se acopla a la optimización de procesos tecnológicos agroindustriales, este trabajo está enfocado en optimizar el proceso de extracción de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum L*), mejorando la calidad de los procesos y además dando a conocer sus principios bioactivos presentes, para su posible aplicación como condimento en la industria alimentaria, ya que las propiedades antioxidantes de esta planta ayudan a reducir el poder oxidativo de los alimentos.

Según Madrigal y Trujillo (2005), mencionan que la chillangua (*Eryngium foetidum L*), también llamada culantrón, cimarrón y cilantro es una hierba profundamente ramificada, mide de 5-60 cm de alto, posee hojas lanceoladas u oblanceoladas, crenadas a finamente espinuloso, serradas, 3-30cm de largo y 1-5 cm de ancho. chillangua (*Eryngium foetidum*

*L*), es un género cosmopolita compuesto de aproximadamente 200 especies que habitan en las zonas templadas y cálidas del Nuevo Mundo, en Antioquia crece en suelos Aluviales, ricos en nutrientes, en posición abierta y muy iluminados, en Bolivia se encuentran en planicies pantanosas y también en áreas poco secas en la región del Sinú. Chillangua (*Eryngium foetidum L*) en nuestro país es originaria de la Amazonia y es cultivada en toda América, también se la encuentra en la región costa de nuestro país Ecuador.

Por otro lado, Madrigal y Trujillo (2005), mencionan también que chillangua (*Eryngium foetidum L*) en la raíz contiene saponinas; las partes aéreas contiene calcio, hierro, carotenos y riboflavina, la planta contiene flavonoides, saponósidos, esteroides, triterpenos y un aceite esencial constituido por alfa-pineno, alcohol fenílico, furfurool y dodeceno. Estudios toxicológicos de la planta realizados en ratón, demuestran que la dosis letal es de 50 ( $DL_{50}$ ), por vía intravenosa es superior a 50 mg/kg y por vía oral mayor de 1000 mg/kg de peso.

Según Almeida (2019), menciona que las hojas de chillangua contienen más del 85% de agua, en cuanto a sus demás componentes, el principal es un aceite esencial que contiene sus flores, este se encuentra compuesto por: 4-hidroxí-3,5-dimetil-acetofenona, 2-4-5-trimetil-benzaldehído y ácido 3-4-dimetil-benzoico; los monoterpenos paracimeno, alfa-pineno, ácidos grasos y ácido cáprico. La raíz contiene saponinas y las partes aéreas (hojas) caroteno, calcio, hierro, vitamina B1, B2, y proteínas.

La fitoquímica es el estudio de metabolitos secundarios presentes en especies vegetales, los cuales pueden ser; saponinas, flavonoides, cumarinas, fenoles, taninos, quinonas, glicósidos, glicósidos cardíacos, terpenoides, esteroides, triterpenoides y alcaloides presentes en el extracto de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum L*) (Ramírez et al., 2016).

Según Almeida (2019) y Arévalo (2017), mencionan que la chillangua (*Eryngium foetidum L*), se le da un gran uso gastronómico en nuestro país Ecuador, por lo que menciona que la apariencia de la chillangua (*Eryngium foetidum L*) y el cilantro son diferentes, pero los aromas de las hojas son similares, aunque la chillangua (*Eryngium foetidum L*), es más picante. Debido a esta similitud de aroma, las hojas se usan indistintamente en muchas preparaciones alimenticias y es la principal razón de la desviación de una hierba para la otra. En América Latina, la chillangua (*Eryngium*

*foetidum L*), se asocia principalmente con el estilo de cocina de Puerto Rico, donde las recetas comunes a todos los países latinos se mejoran con culantro. Dentro del uso medicinal la chillangua (*Eryngium foetidum L*), es utilizada en zonas de Ecuador, como medicina alternativa, en la provincia de Pichincha la usan para afecciones pulmonares; usan la raíz de la planta para infusiones que alivian malestares estomacales, en casos de dolor óseo, la hoja machacada y aplicada como cataplasmas, son muy efectivas, por otro lado, en la provincia de Napo, los Shuar, utilizan las hojas hervidas y las mezclan con jugo de caña para así, aliviar los dolores tipo cólico, asimismo, en su principal provincia de cultivo, usan sus hojas para desinfectar herida o en infusión para tratar la diarrea, así vemos que la planta chillangua (*Eryngium foetidum L*), es muy utilizada en nuestro país.

Velázquez (2019), menciona que los aditivos alimentarios son ingredientes agregados intencionalmente para modificar las características físicas, químicas, biológicas o sensoriales de los alimentos. Los aditivos alimentarios pueden presentar las siguientes funciones: agentes acidificantes, agentes acondicionadores, agentes antiaglutinantes, agentes antiespumantes, agentes antioxidantes, agentes clarificantes, agentes conservadores, agentes emulsificantes, saborizantes, agentes enzimáticos, entre otras propiedades. El consumo de alimentos procesados se ha incrementado con el pasar del tiempo. Por otro lado, Ibáñez et al. (2003), menciona que para que una sustancia sea admitida como aditivo debe estar bien caracterizada químicamente y debe superar los controles toxicológicos establecidos por parte de los correspondientes organismos sanitarios. Los motivos por los que deberá establecerse dicha necesidad son; conservar la calidad nutritiva de un alimento, proporcionar alimentos con destino a un grupo de consumidores con necesidades dietéticas especiales, aumentar la estabilidad de un alimento o mejorar sus propiedades organolépticas, favorecer los procesos de fabricación, transformación o almacenado de un alimento, siempre que no se enmascare materias primas defectuosas o prácticas de fabricación inadecuadas.

En el mundo, el género chillangua (*Eryngium foetidum L*), consta de más de 250 especies de plantas con flores, que pueden utilizarse como plantas medicinales y comestibles. *Eryngium foetidum* pertenece a la familia Apiaceae (Thi, 2020). Por otro lado, Vargas, (2002) menciona que chillangua (*Eryngium foetidum L*), se encuentra espontáneo o cultivando en zonas cálidas, este género está representando por dos especies (Humille Cav. y *E. humboldtii* Belar), la primera es una hierba pequeña y arrosetada de pantanos,

la segunda especie es bastante llamativa por su parecido a la Puya (Bromaliaceae). Sus nombres comunes son chillangua, culantrón, cimarrón, cilantro.

Según Rosero et al. (2020), mencionan que realizaron un estudio de chillangua (*Eryngium foetidum L*) en la comunidad de San Antonio de Padua de Los Ríos-Ecuador. En este estudio encontraron que el 52% de la población encuestada usa chillangua (*Eryngium foetidum L*) como condimento para preparar sopas de pescado, sancochos, bollos y estofados, mientras que un 26% de la población dice utilizar esta planta como fines medicinales. Se ha recomendado el consumo de productos a base de agua de chillangua (*Eryngium foetidum L*), ya que los extractos en estas infusiones son ricos en antioxidantes naturales y muestran actividad positiva para la eliminación de radicales libres. Por otro lado, Núñez et al (2019), menciona que los compuestos fenólicos son un grupo importante de metabolitos secundarios que presentan actividad antioxidante, entre otras funciones biológicas.

Fernández (2019), menciona que realizó un estudio de optimización del proceso de extracción hidroalcohólica y caracterización preliminar de un extracto de valeriana, para lo cual utilizó la raíz de la *Valeriana pilosa*. En el presente estudio se determinó tres variables importantes que interactúan en la extracción hidroalcohólica: el tiempo, la temperatura y el tipo de solvente a utilizar del cual por medio del análisis estadístico chi-cuadrado y post-hoc se logró determinar el tratamiento óptimo para obtener el mayor porcentaje de sólidos totales (% ST). Además, se logró caracterizar fisicoquímicamente la *Valeriana pilosa*, determinando la presencia del ácido valerénico. Los análisis de caracterización de principios activos de la *Valeriana pilosa* comprobaron la presencia de aceites esenciales y terpenos por análisis fitoquímico. Finalmente, se cuantificó por HPLC el ácido valerénico conteniendo 0.4972 mg/g con la técnica de la European Pharmacopoeia 5.0 y comparado con un standard de ácido valerénico de la marca SIGMA-ALDRICH. Se concluye que la optimización del proceso de extracción incrementa el valor agregado generando mayor ingreso económico entre los actores involucrados y esto abre camino a nuevos mercados en la industria de productos naturales.

Según Thi et al (2020), menciona que realizaron una investigación referente al contenido fitoquímico y actividad antioxidante en extractos acuosos y etanólicos de chillangua (*Eryngium foetidum L*), realizando la estimación del contenido fenólico total (TPC), para esta determinación se utilizó un espectrofotómetro UV-Vis, con una absorbancia de 765 nm, el TPC se expresó en miligramos de ácido gálico equivalente por gramo de

compuesto extraído (mg GAE/ g DW). Así también se realizó la estimación del contenido total de flavonoides (TFC), se realizó por el método de Mahboubi et al, (2013). Los extractos crudos se diluyeron hasta una concentración adecuada en metanol y se añadieron con Al Cl<sub>3</sub> (Cloruro de aluminio) al 10 % y agua destilada, luego se agitó y se incubo para medir la absorbencia, la misma que fue de 415 nm, usando un espectrofotómetro UV-Vis, el TFC se expresó en miligramos de quercetina equivalente por gramo de compuestos extraídos (mg QE/ g DW). Por otro lado, se realizó también el ensayo de actividad antioxidante, actividad de barrido de radicales DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo), para lo cual se utilizó el método de Pham et al, (2017). La solución madre preparada se añadió con metanol para obtener una solución de trabajo con un valor de absorbencia de 1,1 a 517 nm, se utilizó ácido ascórbico como control. El porcentaje de DPPH inhibido por las muestras se midió mediante la siguiente fórmula: % de inhibición =  $\frac{AC-AA}{AC} * 100$ , donde AA y AC son la absorbencia de las muestras (que contienen DPPH y metanol), respetivamente. Es importante tomar en cuenta que inicialmente se debe realizar la recogida de la planta, secarla a 40 °C, luego molerla hasta obtener un polvo que pueda pasar por un tamiz de 100 mm. Luego en la extracción de la planta se debe utilizar etanol y agua destilada, filtrar, evaporar y secar y por último dentro de la prueba fitoquímica se debe realizar la detección de alcaloides, taninos, antraquinonas y flavonoides

## **1.2.Justificación**

Según Almeida (2019), menciona que chillangua (*Eryngium foetidum L*), se cultiva mayoritariamente en las regiones costeras, como por ejemplo en la provincia de Esmeraldas, principalmente en los sectores de: Tonchigüe (Atacames), Atacames (Atacames), Tonsupa (Atacames), Viche (Quinindé), Chura (Quinindé). Es importante mencionar para el uso de esta planta debe haber estudios preliminares del perfil fitoquímico de la planta nativa de nuestro país.

Así también Romero, (2013) menciona que las hojas chillangua (*Eryngium foetidum L*), también son ricas en hierro, caroteno, riboflavina y calcio. Por otro lado, son una excelente fuente de vitamina A, B y C. Esta hierba también tiene propiedades medicinales. Las hojas de la planta son un buen remedio para la presión arterial alta y la epilepsia. En algunos países del Caribe se llama fit-weed debido a sus propiedades anticonvulsivantes. Es un estimulante y tiene propiedades antiinflamatorias y analgésicas.

De hecho, toda la planta podría usarse para curar dolores de cabeza, diarrea, gripe, fiebre, vómitos, resfriados, malaria, estreñimiento y neumonía. Las hojas frescas tienen del 86-88% de humedad, 3.3% de proteína, 0.6% de grasa, 6.5% de carbohidratos, 1.7% de cenizas, 0.06% de fósforo y 0.02% de hierro. Las hojas son una excelente fuente de vitamina A (10.460 I.U./100 g), B2 (60 mg%), B1 (0.8 mg%) y C (150-200 mg%). Sobre una base de peso seco, las hojas consisten en 0.1-0.95% de aceite volátil, 27.7% de fibra cruda, 1.23% de calcio y 25 ppm de boro, en base a estas características este trabajo de investigación está enfocado a determinar los componentes fitoquímicos y propiedades antioxidantes de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum L.*), dando una respuesta amplia a la ciencia y a su vez aportando a la industria alimentaria.

Entre los beneficios nutricionales y de salud Guevara (2014), menciona que por sus propiedades curativas en la provincia de Napo la usan para tratar afecciones de los pulmones, la cocción de la raíz alivia el dolor de estómago, las hojas maceradas y puestas como cataplasma en los huesos alivian el dolor y si se las hierve y mezcla con jugo de caña de azúcar y jengibre, sirve para tratar los malestares estomacales.

Según Gallardo (2012), menciona también que la chillangua (*Eryngium foetidum L.*), también tiene muchos usos más allá de la cocina. Cuando se empapa en un té, puede calmar los síntomas de los resfriados y la gripe, y a pesar de su potencia, puede aliviar un malestar estomacal. Dicen que reduce la presión arterial alta y sus propiedades antiinflamatorias pueden aliviar los síntomas del asma. También puede ayudar a combatir el dolor causado por los moretones, los dolores de oído y los dolores de muelas porque es un antiinflamatorio.

Según Sharapin et al (2000), mencionan que el tamizaje o screening fitoquímico es una de las etapas iniciales de la investigación fitoquímica, que permite determinar cualitativamente los principales grupos de constituyentes químicos presentes en la planta de chillangua (*Eryngium foetidum L.*) y a partir de allí orientar la extracción y fraccionamiento de los extractos para el aislamiento de los grupos de mayor interés. Este método permite la evaluación rápida, con reacciones sensibles, reproducibles y de bajo costo.

Swargiary et al (2016), mencionan que han realizado estudios referentes a la actividad fitoquímica, antioxidante y antihelmíntica de plantas comestibles silvestres tradicionales seleccionadas del bajo Assam. Se estudió la capacidad antioxidante del extracto

metanólico de plantas (*C. viscosum*, *M. koenigii*, *L. javanica* y *E. foetidum*) mediante 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH), poder antioxidante reductor férrico, TBARS y actividad antioxidante total (TAA). Los fenoles totales, los flavonoides, la vitamina C, los carbohidratos y las proteínas siguiendo protocolos estándar. La actividad antihelmíntica de los extractos también se ha estudiado in vitro contra parásitos trematodos.

Lingaraju et al (2016), menciona también que realizaron un estudio fitoquímico y actividad antimicrobiana de extractos de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum L.*), para lo cual se diseñó un estudio, para examinar la actividad antibacteriana y antifúngica de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum L.*), utilizando extracción Soxhlet con disolventes orgánicos como éter de petróleo, cloroformo, acetato de etilo y metanol. Cada extracto se sometió a pruebas fitoquímicas preliminares, dando como resultado del cribado fitoquímico presencia de algunos principios bioactivos como glucósidos, flavonoides, terpenoides, estrioles y taninos. Por último, Thi et al. (2020) ha realizado un estudio acerca del contenido fitoquímico y actividad antioxidante en extractos acuosos y etanólicos de chillangua (*Eryngium foetidum L.*), esta investigación tuvo como objetivo la extracción de chillangua (*Eryngium foetidum L.*), utilizando disolventes acuosos y etanólicos para explorar su composición fitoquímica, el contenido total de flavonoides, fenólicos y actividad antioxidante. El cribado fitoquímico ha detectado la presencia de flavonoides, taninos, alcaloides y terpenoides en ambos extractos vegetales, dentro de estudios se muestra que el contenido total de fenólicos en ambos extractos fue igualmente significativo, mientras que en contenido total de flavonoides fue mayor en el extracto etanólico en comparación con el extracto acuoso. Las acciones antioxidantes de ambos extractos se estimaron mediante ensayos de barrido DPPH y ABTS

### **1.3.Planteamiento del problema**

Se conoce que chillangua (*Eryngium foetidum L.*), es una planta utilizada en el país Ecuador como aditivo alimentario y a su vez como medicina alternativa, se conoce sus propiedades nutricionales, por medio de varios estudios de bibliografía. Por lo tanto, esta investigación del extracto de chillangua (*Eryngium foetidum L.*) busca caracterizar los compuestos bioactivos presentes en la planta (*materia prima que fue recolectada en la cooperativa Jesús del gran poder, que pertenece a Alluriquín- Santo Domingo*) para su posible aplicación en la industria alimentaria, disminuyendo o sustituyendo el uso de aditivos sintéticos, dando respuesta a las exigencias de los consumidores por productos

más saludables. Además, optimizar y elevar la calidad de los procesos de extracción de los compuestos bioactivos de las hojas chillangua (*Eryngium foetidum L*)

#### **1.4.Hipótesis**

##### **1.4.1. Hipótesis nula**

Ho: La concentración de etanol, tiempo y temperatura de extracción no influyen en la optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum L*)

##### **1.4.2. Hipótesis alternativa**

Hi: La concentración de etanol, tiempo y temperatura de extracción influyen en la optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum L*)

#### **1.5.Objetivos de la investigación**

##### **1.5.1. Objetivo General**

Optimizar el proceso de extracción hidroalcohólica a partir del chillangua (*Eryngium foetidum L*) en función del contenido de polifenoles y actividad antioxidante.

##### **1.5.2. Objetivos específicos**

- ✓ Determinar el perfil fitoquímico de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum L*) mediante ensayos cualitativos.
- ✓ Optimizar la extracción de los compuestos bioactivos de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum L*), mediante soluciones hidroalcohólicas.
- ✓ Caracterizar el extracto hidroalcohólico optimizado de la droga cruda.

##### **1.5.3. Tareas**

**Tabla 1.** *Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos*

Objetivo	Actividad (tareas)
Determinar el perfil fitoquímico del chillangua ( <i>Eryngium foetidum L</i> ) mediante ensayos cualitativos.	Recolección de chillangua ( <i>Eryngium foetidum L</i> ) Selección y limpieza de la planta Deshidratado de chillangua ( <i>Eryngium foetidum L</i> ) Molido de las hojas secas

	<i>Identificación de los compuestos bioactivos de las hojas chillangua (<i>Eryngium foetidum</i> L), mediante ensayos del laboratorio</i>
Optimizar la extracción de los compuestos bioactivos de las hojas chillangua ( <i>Eryngium foetidum</i> L), mediante soluciones hidroalcohólicas.	<i>Determinación experimental del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante Descargar el programa Design Expert Los datos obtenidos insertar en el programa Design Expert Efectuar los ensayos experimentales a las condiciones optimizadas</i>
Caracterizar el extracto hidroalcohólico optimizado de la droga cruda.	<i>Determinar las características fisicoquímicas</i>
<i>Autor:(Quevedo, 2022)</i>	

**Tabla 2.** *Etapas*

<b>Etapa</b>	<b>Descripción</b>
Planeación	<i>Ordenar de forma sistemática las tareas para lograr los objetivos propuestos.</i>
Ejecución	<i>Revisión de fuentes bibliográficas en bases de datos de alto impacto. Desarrollo de la parte experimental, tomando en cuenta el tiempo H (6, 15 y 24), temperatura °C (30, 45 y 60) y concentraciones de etanol de 60%, 75% y 90%.</i>
Resultados de la investigación	<i>Plasmar los resultados obtenidos después de aplicar la metodología del proyecto</i>
Publicación	<i>Impresión y empastado del documento</i>

*Autor: (Quevedo, 2022)*

## CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEORICA

### 2.1. Fundamentación epistemológica

#### 2.1.1. Origen de la chillangua (*Eryngium foetidum L*)

Esta planta se originó en el continente americano tropical y las Indias Occidentales, y ahora se cultiva en regiones tropicales como África y Asia. En todo el Caribe, América, Asia, India, Corea del Sur y Singapur, este cilantro se utiliza en varias recetas y es relativamente desconocido en los países occidentales. (González, 2017)

#### 2.1.2. Taxonomía (*Eryngium foetidum L*)

De acuerdo con el autor Morales (2017) la chillangua se clasifica taxonómicamente de la siguiente forma.

**Tabla 3.** Taxonomía (*Eryngium foetidum L*)

Chillangua	Taxonomía
Reino	<i>Plantae</i>
Clase	<i>Magnoliophyta</i>
Subclase	<i>Magnoliosida</i>
Orden	<i>Rosidae</i>
Familia	<i>Araliales</i>
Género	<i>Apiaceae</i>
Especie	<i>Eryngium</i>
Nombre vulgar	<i>sacha culantro, chillangua, culantro coyote</i>

Autor: (Morales 2017)

#### 2.1.3. Compuestos bioactivos

El uso de los compuestos bioactivos de fuentes naturales obedece a sus propiedades benéficas en el tratamiento y prevención de enfermedades, con ello su capacidad antioxidante, ya que esta molécula está presente en casi todas las plantas. Algunos antioxidantes, son vitaminas indispensables para la vida, también se encuentran los flavonoides, antocianinas, carotenoides o ácidos fenólicos. (Castañeda et al., 2008).

#### 2.1.4. Beneficios de la chillangua (*Eryngium foetidum L*)

Chillangua (*Eryngium foetidum L*), es una hierba que se utiliza principalmente como especia, además de tener usos medicinales para tratar algunas enfermedades y síntomas como fiebres, escalofríos, vómitos, quemaduras, hipertensión, dolor de cabeza, oído, estómago, asma, artritis, mordeduras de serpientes, picaduras de escorpión, diarrea, malaria y epilepsia entre otras. Por otro lado, esta una de las plantas de interés en la

búsqueda de compuestos bioactivos de origen natural. Estudios realizados en la planta de chillangua (*Eryngium foetidum L*), reportan que se ha evaluado la actividad antioxidante, tanto en hojas, tallo y raíz a distintas concentraciones de extractos etanoicos, dando como resultado una mayor concentración de actividad antioxidante en las hojas, con extractos de estanol al 80%. (Hernández, 2020)

#### **2.1.5. Propiedades nutricionales**

Las partes aéreas de la planta son una rica fuente de calcio, hierro, riboflavina, caroteno, vitaminas A, B, C y aceites esenciales. Las hojas frescas contienen más del 85 % de humedad, 3,3% de proteínas, 0,6 % de grasas, 6,5 % de carbohidratos, 1,7% de cenizas, 0,06% de fósforo y 0,02% de hierro. (Ramcharan, 1999)

#### **2.1.6. Usos de la chillangua (*Eryngium foetidum L*)**

Su principal uso es como condimento en la cocina tradicional, uno de sus principales atributos es el aroma de sus hojas, mediante el cual chillangua (*Eryngium foetidum L*) podría ser un condimento utilizado en la industria cárnica en el área de los embutidos dentro de la Agroindustria, debido a característica sensorial generada por el contenido de compuestos volátiles

#### **2.1.7. Principios Activos**

Se entiende por principio activo aquella molécula, producto del metabolismo de los organismos vegetales, que posee actividad farmacológica y que es susceptible de utilización terapéutica. (Berdonces, 1995)

Caracterizaciones referentes a (saponinas, cumarinas, taninos, glicósidos, terpenoides, triterpenos y alcaloides) del perfil fitoquímico;

##### **2.1.7.1. Saponinas**

Se encuentran como glicósidos esteroideos, glicósidos esteroideos alcaloides o bien glicósidos triterpenos. Son por tanto triterpenoides o esteroides que contienen una o más moléculas de azúcar en su estructura. Se pueden presentar como agliconas, es decir, sin el azúcar. La adición de un grupo hidrofílico (azúcar) a un terpenoide hidrofóbico da lugar a las propiedades surfactantes o detergentes similares al jabón que presentan las saponinas. (Ávalos y Pérez 2009)

#### **2.1.7.2. *Cumarinas***

Las cumarinas son una amplia familia de lactonas, se utiliza de forma medicinal e industrial, actuando como anticoagulante y aromatizante. (Payo, 1996)

#### **2.1.7.3. *Taninos***

Los taninos son compuestos polifenólicos que, por sus características, se dividen en dos grandes grupos; taninos hidrolizables, son aquellos que consisten en un núcleo central de carbohidrato al cual se unen, mediante enlaces éster, ácidos fenólico carboxílicos. Por otro lado, los taninos condensados, consisten en oligómeros de dos o más flavan-3-oles, tales como la catequina, epicatequina o la correspondiente galocatequina. Los taninos tienen una muy alta afinidad por las proteínas y forman complejos proteína-taninos. (Torres, 2008)

#### **2.1.7.4. *Glicósidos***

Los glicósidos son metabolitos vegetales de gran importancia. Su nombre hace referencia al enlace glicosídico que se forma cuando una molécula de azúcar se condensa con otra que contiene un grupo hidroxilo, dentro de los cuales existen tres grupos de glicósidos de particular interés: saponinas, glicósidos cardíacos y glicósidos cianogénicos. (Ávalos y Pérez 2009)

#### **2.1.7.5. *Terpenoides***

Los terpenoides (carvacrol, limoneno, linalool,  $\alpha$ terpineno y timol) pueden ser aislados a partir de plantas; los cuales tienen gran variedad de efectos biológicos, entre ellos antimicrobianos (antibacterianos, antifúngicos y antiparasíticos). A pesar de la baja toxicidad de los terpenoides y su simple disponibilidad de los recursos naturales, como son las plantas, el uso clínico todavía está limitado por su mayor concentración inhibitoria (IC50). (Gallegos, 2019)

#### **2.1.7.6. *Triterpenos***

Los triterpenos (30 átomos de carbono) son compuestos naturales que se construyen a partir de seis unidades de isopreno. Los cuales se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal y desempeñan un papel importante en la naturaleza. (Cano-Flores, 2013)

#### **2.1.7.7. Alcaloides**

Los alcaloides son uno de los grupos de metabolitos secundarios más diversos encontrados en los organismos vivos. Este grupo incluye alrededor de 12,000 productos, entre los cuales se encuentran los alcaloides indólicos, alcaloides derivados del triptofano que conforman alrededor de la cuarta parte de todos ellos. (Loyola, 2004)

#### **2.1.7.8. Flavonoides**

Se trata de compuestos fenólicos constituyentes de la parte no energética de la dieta humana, estos se encuentran en vegetales, semillas, frutas y en bebidas como vino y cerveza, el valor medio de ingesta se estima como 23mg/día, los flavonoides tienen múltiples efectos positivos para la salud humana debido a su acción antioxidante y eliminadora de radicales libres. (Martínez et al, 2002). Por otro lado, Festy, (2007) menciona que existen dos tipos de flavonoides los cuales son denominados insolubles también llamados taninos, los cuales se encuentran generalmente en el té y vino tinto; por otro lado, están también los solubles que son absorbidos por el cuerpo, estas son moléculas minúsculas y sus propiedades antioxidantes llegan a ser más marcadas.

#### **2.1.7.9. Fenoles**

Químicamente los fenoles pueden ser definidos como sustancias que poseen un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilo, incluyendo a sus derivados funcionales, dentro de los compuestos fenólicos están los; flavonoides, ácidos fenólicos y polifenoles, además también estos compuestos fenólicos intervienen como antioxidantes naturales en los alimentos. (Porrás y López, 2009)

#### **2.1.7.10. Quinonas**

Las quinonas son compuestos presentes en la naturaleza, se forman de la oxidación de compuestos aromáticos para dar la correspondiente dicetona, se clasifican en; naftoquinonas (bicíclicas), estas se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza en hongos, bacterias, artrópodos, plantas, e incluso en algunos animales y antraquinonas (tricíclicas), también se encuentran de forma natural en plantas e insectos. (Leyva et al, 2017).

#### **2.1.8. Tipos de extractos**

Según Gonzales (2021), menciona la siguiente clasificación de los extractos, los mismos que se pueden categorizar dependiendo de su grado de concentración:

### ***2.1.8.1. Extracto fluido o líquido***

Son preparaciones de material vegetal utilizando como solvente agua o alcohol, donde cada mililitro contiene los componentes extraídos de 1 g del material crudo que representa. Los extractos fluidos se alteran fácilmente en contacto con la luz y el aire. Debe ser almacenado en un lugar que esté protegido de la luz

### ***2.1.8.2. Extractos semisólidos o blandos***

Son preparaciones extraídas por evaporización parcial del disolvente (agua, mezclas hidroalcohólicas) con un % de principio activo semejante al % de la droga original, son de una consistencia intermedia de los extractos fluidos y pulverizados.

### ***2.1.8.3. Extractos pulverizados o secos***

Se obtienen por evaporación total del solvente y tienen una consistencia de polvo. Presentan una concentración muy superior de principio activo que la droga original. Son preparados bastante estables (en ocasiones resultan higroscópicos) y de fácil manipulación. Actualmente es posible obtener extractos secos nebulizados todavía más estables que los extractos secos tradicionales, sobre todo porque son menos higroscópicos.

## ***2.1.9. Tipos de extracciones***

Existen distintitos tipos de extracciones según Carrión y García, (2010) mencionan que entre ellos están los siguientes:

### ***2.1.9.1. Percolación***

Este tipo de extracción se realiza en recipientes (percoladores) cilíndricos o cónicos que poseen dispositivos de carga y descarga, lográndose una extracción total de los principios activos, en el cual se tomó hasta un 95% de sustancias extraíbles, es importante recalcar que previo a la extracción es necesario humectar la droga con disolvente, permitiendo una mejor extracción, dentro de este método el menstroo consiste generalmente en mezclas hidroalcohólicas o alcohólicas.

### ***2.1.9.2. Maceración***

Este proceso no es complejo, al conjunto de droga más solvente se le protege de la luz, para así evitar posibles reacciones y debe agitarse continuamente, el tiempo de maceración es diverso, pero normalmente oscila de cuatro a diez días.

### **2.1.9.3. Decocción**

Este proceso consiste en llevar la mezcla de droga más menstruo a la temperatura de ebullición de agua, manteniendo esta temperatura durante un periodo de 15 a 30 minutos.

### **2.1.9.4. Infusión**

En este proceso la droga es sometida previamente a ser humedecida al contacto con el solvente a una temperatura igual de ebullición del agua por cinco minutos, se deja enfriar hasta temperatura ambiente y se prepara al 5%.

### **2.1.9.5. Digestión**

Es una maceración realizada a temperatura suave que oscila alrededor de los 50 a 60° C, al aumentar la temperatura se obtiene mayor rendimiento de la extracción, puesto que disminuye la viscosidad del solvente, logrando ingresar pronto al interior de las células y así extraer los principios activos.

El extracto hidroalcohólico es el resultado de la maceración del polvo seco de la planta con un disolvente (etanol-agua) su rendimiento va a depender de factores como son: el % de disolvente, temperatura y tiempo. (Cevallos, 2021)

Los extractos vegetales y su utilización en la industria alimentaria están sujetos a diferentes estándares ya que el extracto debe cumplir estrictos requisitos para ser aprobado como un aditivo natural por la legislación en la normativa alimentaria. Los extractos se han utilizado en alimentos desde la antigüedad para mejorar las características sensoriales y conservar el alimento por mucho más tiempo. Los estudios realizados a extractos vegetales ha permitido emplearlos en calidad de antioxidantes, antimicrobianos, aromatizantes, saborizantes, colorantes, energizantes y enriquecedores del alimento con activos naturales propios de la planta. (Valencia, 2021 y Cevallos, 2021)

Fernández, (2011) menciona que la optimización es un procedimiento de maximizar o minimizar indicadores resolviendo problemas de forma eficaz, con el fin de reducir o eliminar la pérdida de tiempo, recursos, gastos innecesarios, obstáculos y errores.

## **2.2. Fundamentación del estado del arte**

Se pretende desarrollar una investigación fundamentada en fuentes bibliográficas con diferentes autores y en diferentes bases de datos, que sustente resultados verificables con el problema planteado, los mismos que serán detallados;

Cevallos (2021), realizó una investigación acerca de la extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos del amaranto (*Amaranthus spp.*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante. El propósito de este estudio fue la extracción hidroalcohólica de la droga cruda a partir del amaranto, por lo que, se deshidrató la planta en una estufa de aire forzado por 4 días a 40°C. El programa Design Expert 8.0.6 determinó 17 corridas con diferentes variables, como: concentración de etanol (60%, 75%, 90%), tiempo (6h, 15h, 24h) y temperatura (30°C, 45°C, 60°C) de extracción, se determinó el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante. Por otro lado, se la optimización numérica de la extracción hidroalcohólica se corroboró comparando los valores experimentales de polifenoles totales y actividad antioxidante, con los obtenidos en la optimización, en este estudio se demostró que los valores alcanzados mediante la experimentación fueron superiores a los valores de la optimización numérica.

Zurita (2021), realizó un estudio enfocado en la extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos del mortiño (*Vaccinium meridionale*) en función de polifenoles y capacidad antioxidante, para lo cual menciona que el mortiño posee compuestos fitoquímicos en toda la planta, es decir, raíz, tallo, hojas, flores y frutos. En la investigación se estudió al fruto el mismo que si presenta compuestos los cuales son compuestos grasos, agrupamiento lactónico, triterpenos en extracto etéreo; alcaloides, catequinas, azúcares reductores, saponinas, compuestos fenólicos, quinonas, flavonoides en extracto etanólico y en extracto acuoso compuestos fenólicos, flavonoides, mucílagos, principios amargos. En el extracto de mortiño (*Vaccinium meridionale*) se detectó que hubo la presencia de polifenoles y de igual manera se analizó la capacidad antioxidante, tomando en cuenta el tiempo, temperatura y cantidad de etanol en las muestras también se determinó cuantitativamente la presencia de estos compuestos bioactivos.

Gavilánez (2020), realizó también una investigación referente a la optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del orégano (*Origanum vulgare L*), con la finalidad de optimizar el proceso de extracción hidroalcohólica de la droga cruda a partir de la planta “orégano”, por tanto se deshidrató la planta en una estufa modelo Universal 30 por un tiempo de 4 horas a una temperatura de 40 °C y se determinó la humedad mediante el equipo Termo-balanza modelo ML-40, que permitió comprobar la humedad final que resultó del 12,09 %. Las corridas se establecieron mediante el programa Design Expert 8.0.6 en el que determinó 19 corridas con diferentes factores como: tiempo (6 h, 15 h y 24 h), temperaturas (30 °C y 60°C) y relación masa/disolvente (1:10 y 1:20). El

orégano al ser una planta aromática posee compuestos fenólicos que están conformados por ácidos orgánicos como antioxidantes. Como resultado final obtuvieron que el extracto optimizado se presentó 10491,4 mg/L de capacidad antioxidante, valor superior a los polifenoles totales 100,814 mg/L del extracto hidroalcohólico

Vats y Gupta (2017), realizaron un estudio enfocado en la evaluación de los compuestos bioactivos y potencial antioxidante del extracto hidroetanólico de *Moringa oleifera Lam.* de Rajastán, India. En este estudio menciona que *Moringa oleifera Lam* es ampliamente utilizado como medicina tradicional. Los análisis de fitoquímicos y potencial antioxidante del extracto hidroetanólico de varias partes de la planta de *M. oleifera* revelaron que las hojas poseían el mayor contenido de fenoles totales (9,58 mg/g),  $\beta$ -caroteno (14,10 mg/g) y licopeno (2,60 mg/g). Las flores y la corteza presentaron los mayores contenidos de flavonoides totales (3,5 mg/g) y antocianinas (52,80 mg/g), respectivamente. Las hojas también mostraron el máximo potencial antioxidante mediante el ensayo de captación de óxido nítrico (IC<sub>50</sub> - 120  $\mu$ g/ml) y el ensayo de degradación de desoxirribosa (IC<sub>50</sub> -178  $\mu$ g/ml). La mayor actividad de captación de radicales DPPH se observó en las flores (IC<sub>50</sub>-405  $\mu$ g/ml). En conclusión, el estudio proyecta a *M. oleifera* como una fuente muy rica de compuestos bioactivos que tienen múltiples actividades terapéuticas, incluyendo el potencial antioxidante, que fue dilucidado a través del GC-MS (*cromatografía de gases*) y otros estudios bioquímicos. Además, también se puede explorar el papel de la planta en el tratamiento de aguas residuales.

Gaibor et al. (2017), menciona que realizó un estudio en el cual se optimizó el proceso de extracción hidroalcohólica a partir de la pulpa de cerezo negro (*Syzygium cumini L. Skeels*) en función de los rendimientos de extracción de polifenoles totales y antocianinas. Las condiciones óptimas de extracción correspondieron a 90 % (v/v) de etanol, 6 h como tiempo de extracción a 30 °C y una relación pulpa/disolvente de 1 g por cada 5 mL. Los rendimientos de extracción de polifenoles totales (73 %) y antocianinas (31,3 %) fueron similares a los estimados mediante la optimización numérica del proceso. El extracto hidroalcohólico obtenido con los parámetros optimizados exhibió una elevada capacidad antioxidante, expresada como Trolox, de 19,86 g/100 mL de extracto con un pH de 4,2 que favoreció la coloración morada intensa característica de las antocianinas.

Mahmut el al. (2020), mencionan que realizaron un estudio de las propiedades del extracto hidroalcohólico de *Origanum onites L.* afectadas por la incorporación de glicerol.

En el presente estudio se investigó el efecto de la adición de glicerol como solvente verde a una mezcla de solventes (50:50 etanol: agua destilada), sobre algunas propiedades bifuncionales de *Origanum onites* L. Se utilizó la metodología de superficie de respuesta (RSM) para detectar las condiciones óptimas para el proceso de extracción. Se seleccionaron tres variables: concentración de glicerol ( $X_1$ : 1–9 g), temperatura de extracción ( $X_2$ : 25–75 °C) y tiempo ( $X_3$ : 10–30 min) y también contenido fenólico total, contenido total de flavonoides, capacidad antioxidante y actividad antirradical de *O. onites* se determinaron los extractos. El análisis de varianza (ANOVA) mostró que la incorporación de glicerol aumentó significativamente el contenido fenólico total y la actividad antioxidante ( $p < 0,05$ ) de las muestras. Los niveles máximos para obtener las propiedades bioactivas más altas (mayor contenido fenólico total y actividad antioxidante) se determinaron en 9 g de adición de glicerol para las condiciones de extracción de 45,4 °C y 75 min. Este estudio informa el efecto del glicerol sobre las propiedades bioactivas de *O. onites* y sugiere que el glicerol puede usarse para producir extractos hidroalcohólicos con mayor bioactividad del género *Origanum*

Yan et al. (2017), realizaron un estudio enfocado en la optimización de la extracción simultánea asistida por microondas/ultrasónicos de compuestos fenólicos de harina de nuez utilizando la metodología de superficie de respuesta. Este estudio maximizó el rendimiento polifenólico total (TPY) de la harina de nuez (WF) mediante la optimización de la extracción hidroalcohólica simultánea asistida por ultrasonido/microondas (SUMAE). Se utilizó la metodología de superficie de respuesta para optimizar los parámetros de procesamiento para el TPY, incluida la potencia de microondas (20-140 W), la potencia ultrasónica (75-525 W), la temperatura de extracción (25-55 °C) y el tiempo (0,5-9,5 minutos). Los componentes de polifenoles se analizaron por LC-MS. Por último, los resultados indicaron que la harina de nuez, un producto de desecho de la industria del aceite, era una fuente rica en compuestos polifenólicos y, por lo tanto, podría usarse como un ingrediente alimentario funcional de alto valor.

## **CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Tipos de investigación**

Para realizar este estudio se empleó diferentes tipos de investigación;

### ***3.1.1. Investigación cuantitativa***

Se utilizó con la finalidad de analizar y procesar los valores de la variable dependiente e independiente, estos resultados pueden ser de carácter numérico y gráfico con la utilización de un modelo matemático. Nos ayudó a dar solución a las hipótesis.

### ***3.1.2. Investigación descriptiva***

Se empleó con la finalidad de distinguir la relación que existe entre las variables, manifestando los acontecimientos más relevantes de nuestra investigación sin influir sobre él.

### ***3.1.3. Investigación experimental***

Se la uso con el propósito de manipular las variables en circunstancias controladas, dicho de otra manera, realizamos una modificación en los factores de estudio (variable independiente), observando el efecto en la variable respuesta (variable dependiente).

## **3.2. Métodos de investigación**

### ***3.2.1. Cuantitativo***

Mediante el método cuantitativo se probó si la hipótesis que se plantea es correcta en base a la medición numérica y análisis estadísticos que se utilizan para que el enfoque sea exacto y preciso. Se basa en la utilización de números para analizar, investigar y comprobar la información como datos. Este método permite cuantificar los resultados en los análisis de la extracción hidroalcohólica de compuestos bioactivos de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum L.*).

## **3.3. Técnicas de la investigación**

### ***3.3.1. Observación***

Esta técnica permitió que se recolecte de manera aleatoria la planta de chillangua (*Eryngium foetidum L.*), para su posterior análisis, donde es indispensable, ya que es un proceso investigativo en el que se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos para poder evidenciar el trabajo de investigación.

### **3.4. Instrumentos de investigación**

#### **3.4.1. Fichas**

La utilización de fichas ayudó a la selección del fruto para poder ir detallando la parte aleatoria de la recolección

#### **3.4.2. Cámara**

Permitió capturar partes fundamentales del proceso de la extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum L*)

### **3.5. Materiales y equipos**

Los materiales utilizados para el desarrollo del proyecto de investigación se detallan a continuación para posteriormente describir la metodología del proceso.

#### **3.5.1. Materiales de laboratorio**

- ✓ Matraz Erlenmeyer 100mL vidrio
- Matraz Erlenmeyer 250mL vidrio
- ✓ Matraz 100mL aforado t/plástico
- ✓ Micropipeta 100-1000µl Microlit volumen variable
- ✓ Pipeta de vidrio
- ✓ Piseta 500mL plástica
- ✓ Punta Microlit 1000µl paquete 1000 unidades
- ✓ Punta 10 a 200µl con caja porta puntas amarillas
- ✓ Matraz 50mL aforado t/plástico
- ✓ Matraz 10mL aforado t/plástico
- ✓ Vasos de precipitación (250mL)
- ✓ Tubos de ensayo
- ✓ Gradillas
- ✓ Pinzas
- ✓ Goteros de plástico
- ✓ Papel filtro

#### **3.5.2. Equipos**

- ✓ Espectrofotómetro
- ✓ Balanza Analítica
- ✓ Bomba de vacío

- ✓ Hotplate Alton Modelo SB81
- ✓ Vortex Mixer Gemmy Modelo VM 300

### 3.5.3. *Reactivos*

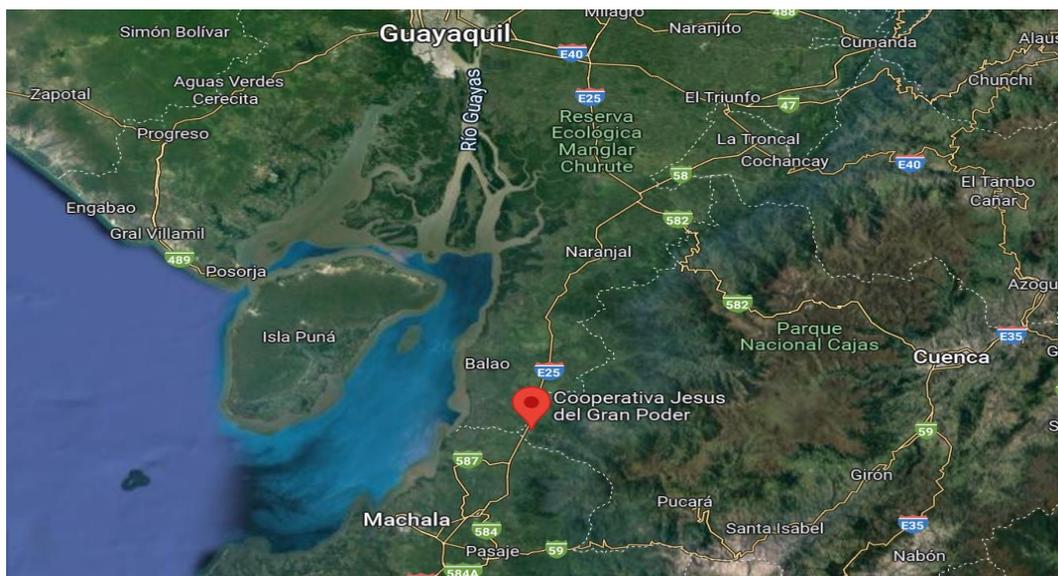
- ✓ Ácido clorhídrico
- ✓ Folin
- ✓ Solución Tampón Acetato 20mM
- ✓ Carbonato de sodio
- ✓ Etanol 99,8%
- ✓ Ácido gálico
- ✓ Solución Cloruro Férrico
- ✓ Hidróxido de Sodio
- ✓ Sal de Mohr
- ✓ Agua destilada
- ✓ Reactivo TPTZ
- ✓ Colorante Sudan III
- ✓ Cloruro de sodio 99% pureza
- ✓ Hidróxido de potasio  $\geq 85\%$  pureza como KOH
- ✓ Cloroformo  $\geq 99,8\%$  pureza
- ✓ Anhídrido acético  $\geq 85\%$  pureza
- ✓ Carbonato de sodio  $\geq 99\%$  pureza
- ✓ Cloruro férrico  $\geq 98\%$  pureza
- ✓ Acetato de sodio  $\geq 99\%$  pureza
- ✓ Ninhidrina grado RA
- ✓ Cinta de magnesio metálico
- ✓ Alcohol amílico  $\geq 98\%$  pureza
- ✓ Reactivo de Dragendorff
- ✓ Reactivo de Baljet
- ✓ Reactivo de Kedde
- ✓ Reactivo de Fehling
- ✓ Solución salina al 0.9%
- ✓ Alcohol 96% pureza

### 3.6. Descripción de los métodos de extracción

#### 3.6.1. Recolección de la materia prima

La planta de chillangua (*Eryngium foetidum* L), fue recolectada en saquillos de fibra vegetal con la utilización de tijeras para podar, en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, en la cooperativa Jesús del Gran Poder- perteneciente a Alluriquín.

**Ilustración 1.** Zona de recolección de chillangua (*Eryngium foetidum* L)



Autor: (Quevedo, 2022)

**Ilustración 2.** Estado de la planta



Autor: (Quevedo, 2022)

La planta fue recolecta fresca, en estado verde, es importante realizar el proceso de desecación, que consiste en rebajar la humedad por debajo del 10%.

Los siguientes procesos y analices se realizó en la Universidad Técnica de Cotopaxi, en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

### **3.6.2. Selección y limpieza de la materia prima**

Se verifico que la planta no presente hongos, manchas, grietas o alteraciones morfológicas, la tierra que contenía la planta fue eliminada por el lavado con una solución acuosa de hipoclorito de sodio (0,005%) y agua destilada

### **3.6.3. Secado**

La planta fue secada por medio de una estufa con aire forzado a 40° C, con el objetivo de no perder los compuestos bioactivos de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum L*), en un tiempo de 48 horas para alcanzar una humedad inferior a 6%, la misma que es inferior a la requiere en la NTE INEN 2392

### **3.6.4. Molido**

Se pulverizó las hojas chillangua (*Eryngium foetidum L*) secas en un molino manual (L1000 Corona), posterior se conservó la droga cruda en bolsas de doble cierre Ziploc, se almacenó en un lugar fresco, seco y oscuro con la finalidad que prevenir que adquiera humedad y se alteren las características propias de la droga cruda.

Para realizar los análisis pertinentes se detallarán las técnicas y las referencias utilizadas en el estudio, tomadas de varios autores Paredes, (2022), Lozano y Sopalo, (2022), Cevallos, (2021).

### **3.6.5. Análisis del perfil fitoquímico de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum L*)**

Los resultados están dados por las reacciones reportadas como (+) o (-) para el metabolito de que se trate.

#### **3.6.5.1. Compuestos grasos. Ensayo de sudan**

Se adicionó a una alícuota del extracto a 2 mL de reactivo y se calentó a baño maría por 5-10 minutos. Es positivo (+++) si la solución toma una tonalidad roja o apareció un precipitado rojo

#### **3.6.5.2. Alcaloides. Ensayo de Dragendorff**

En una alícuota del extracto se añadió una gota de ácido clorhídrico concentrado, se calentó suavemente, enfriar hasta que el pH sea ácido y se añadió 3 gotas del reactivo de Dragendorff.

Es positivo si hay opalescencia (+), turbidez definida (++) , precipitado (+++).

### **3.6.5.3. Agrupamiento lactónico. Ensayo de Baljet**

Se evaporó el solvente del extracto hexánico, el extracto etanólico no se evapora, mezclar cantidades iguales de la solución de NaOH (10 %) y ácido pícrico (1%) en etanol y adicionar 1mL del resultado de la mezcla a los extractos

Es positivo si hay una coloración (+) o precipitado (++)

### **3.6.5.4. Triterpenos / esteroides. Ensayo de Liberman-Burchard**

En el extracto se añadió 1 mL de anhídrido acético, mezclar y dejar caer por la pared del tubo de ensayo 2-3 gotas de ácido sulfúrico concentrado sin agitar. Cuando es positivo tiene una pigmentación rápida.

Rosado a azul muy rápido (+++)

Verde intenso visible rápido (++)

Verde oscuro-negro al final de la reacción (+)

### **3.6.5.5. Catequinas. Ensayo de Catequinas**

Sobre el papel de filtro se aplicó una gota de cada extracto y 1 gota de disolución de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> sobre las manchas. La aparición de una mancha verde carmelita a la luz UV, indica positiva la prueba.

### **3.6.5.6. Resinas. Ensayo de Resinas**

En 2 mL de cada extracto se adicionó 10 mL de agua. Si hay la aparición de un precipitado se considera positiva.

### **3.6.5.7. Azúcares reductores. Ensayo de Fehling**

Se evaporó el solvente de 1 mL del extracto etanólico. En 1-2 mL de agua se disolvió el residuo, adicionar 2 mL del reactivo de Fehling y se calentó a baño maría. Es positivo si la disolución se pigmenta de verde-naranja (+) o la aparición de un precipitado rojizo (+++).

### **3.6.5.8. Saponinas. Ensayo de Espuma**

Se diluyó una determinada cantidad del extracto en 5 veces su volumen (agua), se agitó la muestra por unos 5 minutos. El ensayo será positivo si se forma una espuma abundante que persista por más de dos minutos.

### **3.6.5.9. Compuestos fenólicos. Ensayo de Cloruro Férrico III**

Se evaporó el solvente de una alícuota del extracto y se adicionó 3 gotas de una disolución de FeCl<sub>3</sub> al 5%. Es positivo (+++) si hay una pigmentación rojo-vino para compuestos fenólicos en general, verde intenso taninos pirocatecólicos y azul taninos pirogalotánicos.

### **3.6.5.10. Aminoácidos libres / aminas. Ensayo de Ninhidrina**

Después de eliminar el solvente se mezcló con 2 mL de la disolución de ninhidrina (2 %), se calentó a baño maría por 10 minutos. Se considera positivo si se desarrolla un color violáceo

### **3.6.5.11. Quinonas / benzoquinonas. Ensayo de Borntrager**

Se evaporó el extracto alcohólico a baño maría, en 1 mL de cloroformo se disolvió el residuo, luego se agregó 1 mL de hidróxido de sodio al 5% en agua, se agitó y se dejó reposar hasta la separación.

Si tiene una pigmentación rosada o roja (+++) en la fase acuosa superior es positivo

### **3.6.5.12. Flavonoides. Ensayo de Shinoda**

Se evaporó el solvente de la alícuota del extracto, disolviéndolo en 1 mL de HCl concentrado, se añadió la cinta de magnesio metálico, se esperó su reacción, luego se adicionó 1 mL de alcohol isoamílico, se agitó y se dejó reposar hasta que las fases se separen.

Es positivo si el alcohol isoamílico tiene una coloración amarilla, naranja, carmelita o rojo, intensos en todos los casos.

### **3.6.5.13. Glucósidos cardiotónicos. Ensayo de Kedde**

Se incorporó a cantidades proporcionales de soluciones de ácido 3,5 dinitrobenzoico (2%) en metanol y KOH (5%) en agua. Mezclar 1 mL de la disolución reactiva con una alícuota del extracto etanoico y se dejó reposar por 5- 10 minutos. Es positivo si hay una coloración violácea, persistente durante 1-2 horas.

### **3.6.5.14. Mucílagos. Ensayo de mucílagos**

Se enfrió el extracto a una temperatura de 0°C a 5°C y se observó si la muestra toma una consistencia gelatinosa. Es positivo (+++) si la muestra presenta una consistencia gelatinosa.

### 3.6.5. 15. Principios amargos. Ensayo de principios amargos

Se cató el extracto acuoso y se reconoció el sabor de cada uno de estos principios, bien diferenciados al paladar

### 3.6.6. Extracción hidroalcohólica

Para realizar el proceso de la extracción hidroalcohólica de chillangua (*Eryngium foetidum L.*), se utilizó 1g de la droga cruda de chillangua para la elaboración de cada corrida experimental a 27 diferentes condiciones de concentración de etanol, tiempo y temperatura de extracción.

**Tabla 4.** Variables de estudio

<b>Factor</b>	
Concentración de etanol	60 etanol
	75 etanol
	90 etanol
Tiempo	6 horas
	15 horas
	24 horas
Temperatura	30°C
	45°C
	60°C

*Autor: (Quevedo, 2022)*

### 3.6.7. Obtención del extracto

El extracto se obtuvo en los tiempos establecidos por cada corrida experimental establecidos por Design expert, por maceración con agitación ocasional, eliminando los residuos sólidos del extracto final con una bomba al vacío.

### 3.6.8. Determinación de antioxidantes (Ensayo de Frap)

Se utilizó el procedimiento propuesto por Benzie y Strain (1996) y se tuvo en cuenta la modificación de tiempo propuesta por Pulido et al. (2000). El método implica medir la capacidad de la muestra para reducir el hierro férrico a ferroso. En un pH bajo se colocó en el medio de reacción el complejo Fe<sup>3+</sup>-TPTZ, este complejo en presencia de agentes reductores se reduce a Fe<sup>2+</sup>-TPTZ desarrolló una pigmentación azul intenso con un máximo de absorción a 593nm.

El reactivo FRAP se compone por 0,0078g de TPTZ [2,4,6-tri (2-piridil)-1,3,5- triazina], al cual se le añadió una gota de HCl (1:1), más 2,5mL de HCl 40mM y se disolvió totalmente. Luego se agregó 25mL de buffer acetato (pH= 3,6) y 2,5 mL de una disolución 20mM de FeCl<sub>3</sub>, dejándose incubar 37°C durante 15min.

Para la determinación se tomó 50µL del extracto de la muestra y se añadió en un tubo de ensayo de 10mL de capacidad. Posteriormente, se adicionó 1,5mL del reactivo FRAP. Se atemperó a 37 °C durante 30 minutos y se leyó la absorbancia a 593nm. El cálculo de la actividad antioxidante fue realizado por medio de una curva de calibración de Fe<sup>2+</sup> empleando la sal de Mohr [Fe (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>] como patrón, según la ecuación siguiente:

$$AAT = \frac{(A-a)}{\frac{bxVxfd}{P.M}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

AAT: Actividad antioxidante total.

A: Absorbancia del extracto.

a: Intercepción de la curva de calibración.

b: Pendiente de la curva de calibración.

V: Volumen del extracto (mL).

fd: factor de dilución de la muestra.

P.M: Masa de la muestra.

### ***3.6.9 Determinación del contenido de polifenoles totales***

Los compuestos fenólicos se cuantificaron de acuerdo al método descrito por Slinkard y Singleton (1997) con el reactivo de Folin-Ciocalteu. La preparación de la muestra consistió en tomar 2g de pulpa homogenizada y centrifugarlos (MLW modelo T 52, Alemania) durante 10min a 3500min<sup>-1</sup>. Del sobrenadante obtenido se tomó 1mL y se diluyó convenientemente para la determinación. Se mezclaron 50µl de la muestra con 2,5mL de disolución acuosa de Folin-Ciocalteu diluida 1:10. La mezcla se agitó y se dejó en reposo durante 5min. Se adicionaron 2mL de una disolución al 7,5 %(m/v) de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Se agitó nuevamente, se dejó reposar durante 2h y se leyó la absorbancia a 765nm. Se utilizó ácido gálico como patrón entre 100 y 900mg/L. El contenido de fenoles totales se expresó como ácido gálico en mg/100g de fruto, mediante la siguiente ecuación:

$$CF = \frac{\frac{(A-a)}{bxVx\frac{fd}{1000}}}{P.M} \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde:

CF: Contenido de polifenoles totales.

A: Absorbancia.

a: Intercepción de la curva de calibración.

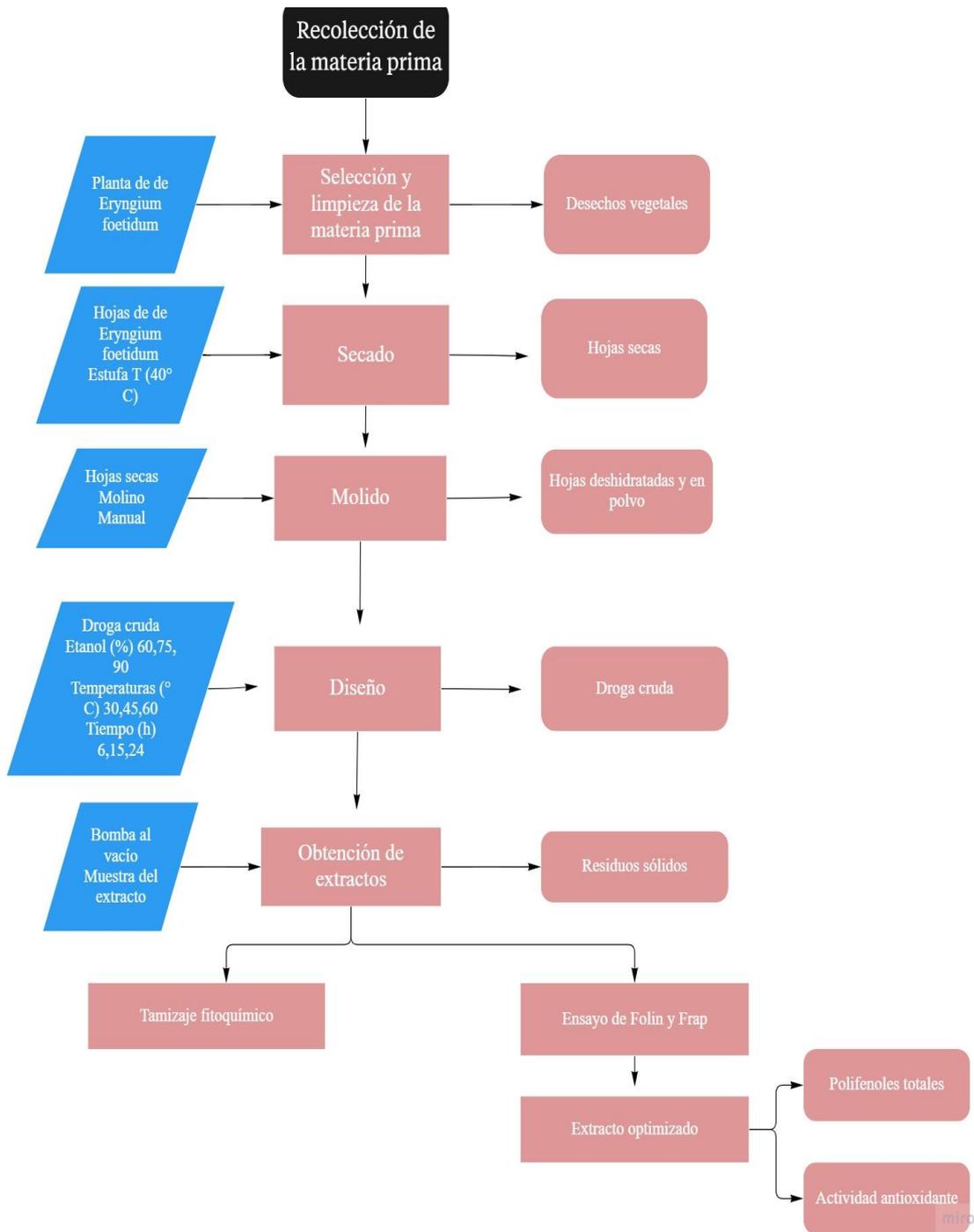
b: Pendiente de la curva de calibración.

V: Volumen total del extracto (mL).

fd: Factor de dilución de la muestra.

PM: Masa de la muestra

### 3.7. Diagrama de flujo



Autor: (Quevedo, 2022)

### 3.8. Diseño experimental

Para el diseño experimental y la optimización de chillangua (*Eryngium foetidum* L), se utilizó el programa Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.), de manera que la predicción del sistema posea el mayor rendimiento de polifenoles totales y

actividad antioxidante. Se empleó el método superficie de respuesta para una optimización numérica a través de un diseño lineal, generando un modelo matemático que describe los cambios en las variables de cada extracto realizado

### 3.9. Factores de estudio y temperatura

Las condiciones al evaluar fueron: concentración de etanol (%), tiempo (H), temperatura (°C) de extracción. Se selecciono dichas variables debido a que se quiere optimizar el proceso de extracción, dando como resultado una concentración adecuada, tiempo adecuado y temperatura adecuada. Las variables respuesta son el rendimiento de extracción de polifenoles totales y actividad antioxidante

**Tabla 5.** Descripción del diseño superficie de respuesta

Factor	UM	TIPO	
Concentración de etanol	%	Numérico	60 etanol
			75 etanol
			90 etanol
Tiempo	H	Numérico	6 horas
			15 horas
			24 horas
Temperatura	°C	Numérico	30°C
			45°C
			60°C

*Autor: (Quevedo, 2022)*

La tabla 4 muestra el diseño superficie de respuesta, indicando que se trabajó con tres concentraciones de etanol, las cuales son de 60%, 75% y 90%, cada una de estas concentraciones se trabajó con tiempos de 6, 15 y 24 horas, a su vez con temperaturas de 30, 45 y 60 °C respectivamente. El número total de combinaciones definidas por el software fue de 27 corridas.

**Tabla 6.** Representación de las corridas experimentales

Corrida	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Concentración etanol (%)
1	60	24	60
2	60	6	75
3	45	24	75
4	60	15	90

5	30	6	60
6	60	24	60
7	45	15	75
8	45	15	75
9	45	15	75
10	45	15	60
11	60	6	75
12	30	6	75
13	60	15	90
14	30	15	75
15	30	15	90
16	45	15	60
17	45	15	75
18	45	6	90
19	45	6	90
20	45	6	60
21	60	6	60
22	45	15	75
23	60	24	90
24	30	24	90
25	30	24	60
26	45	24	75
27	30	24	60

*Autor: (Quevedo, 2022)*

## **CAPITULO IV. APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA**

### **4.1. Resultado**

Hoy en día se realizan diversas investigaciones dirigidas a la búsqueda de nuevas plantas que presenten compuestos bioactivos y que además puedan ser aptas para el consumidor. Por ejemplo, Gavilanez (2020) realizó una investigación de optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del orégano, logrando obtener el extracto optimizado de capacidad antioxidante y polifenoles totales. Además, realizó un análisis del perfil fitoquímico, ya que el orégano es una planta aromática, que posee compuestos fenólicos que están conformados por ácidos orgánicos como antioxidantes. Por otro lado, Paredes (2022) realizó también un estudio de optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del eneldo (*Anethum graveolens*), en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante, en dicha investigación se da a conocer que se realiza el perfil fitoquímico de la planta y a su vez se maximiza el rendimiento de polifenoles totales y actividad antioxidante. A continuación, se muestra los resultados

alcanzados de la investigación con respecto a las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum* L).

#### 4.1.1. Perfil fitoquímico

Los resultados cualitativos de los componentes bioactivos tanto del extracto estéreo, etanólico y acuoso de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum* L), se verán evidenciados en la tabla 6.

**Tabla 7.** Perfil fitoquímico

Metabolito	Ensayo	Extracto Etéreo	Extracto Etanólico	Extracto Acuoso
Compuestos grasos	Sudan	++		
Alcaloides	Dragendorff	-	-	+
Agrupamiento lactónico	Baljet	++	-	
Triterpenos / esteroides	Lieberman. B	+++	-	
Catequinas	Catequinas	+	+-	
Resinas	Resinas	+	+	
Azúcares reductores	Fehling		+	+
Saponinas	Espuma		+	-
Compuestos fenólicos	Cloruro férrico (III)		++	++
Aminoácidos libres / aminos	Nihidrina		+	+
Quinonas / benzoquinonas	Bortranger		+	
Flavonoides	Shinoda		++	+++
Glucósidos cardiotónicos	Kedde		-	
Mucílagos	Mucílagos		+	++
Principios amargos	Principios amargos		+	+

+: Presencia    +-: Regular    -: Ausencia

Autor :(Quevedo, 2022)

En los ensayos del tamizaje fitoquímico de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum* L) muestran, que el extracto etanólico es el que contiene gran diversidad de metabolitos entre ellos hay presencia regular de catequinas, presencia de resinas, azúcares reductores, saponinas aminoácidos libres / aminos, quinonas / benzoquinonas, mucílagos y principios amargos; por otro los de mayor presencia son los compuestos fenólicos y flavonoides.

Así también el extracto acuoso presenta alcaloides, azúcares reductores, aminoácidos libres / aminos, principios amargos y con mayor presencia de compuestos fenólicos, flavonoides y mucílagos. Por último, el extracto estéreo tiene presencia de catequinas, resinas; los mayoritarios fueron compuestos grasos, agrupamiento lactónico, triterpenos / esteroides.

#### **4.1.1.1. Descripción de los resultados de los extractos**

Dentro de los extractos empelados nos dio presencia y ausencia de los metabolitos en cada ensayo, a continuación, se explica la razón de presencia de los mismos, en caso de ausencia significa que no hubo ninguna reacción ni cambios de coloración.

##### ➤ **Extracto Etéreo**

- ✓ Compuestos grasos, muestra presencia debido a su precipitado rojo
- ✓ Agrupamiento lactónico muestra presencia debido a la formación de un precipitado en el ensayo
- ✓ Triterpenos muestra presencia debido a su rápida formación de azul a rosado
- ✓ Catequinas muestra presencia debido a la presencia de la mancha verde carmelita
- ✓ Resinas muestra presencia debido a la aparición del precipitado dentro del sobrenadante

##### ➤ **Extracto etanólico**

- ✓ Catequinas muestra presencia debido a aparición regular de la mancha verde carmelita durante el ensayo
- ✓ Resinas muestra presencia debido a la aparición del precipitado dentro del sobrenadante
- ✓ Azúcares reductores muestra presencia debido a la pigmentación verde-naranja que se muestra durante el ensayo
- ✓ Saponinas muestra presencia debido a la formación de espuma de forma abundante durante el ensayo
- ✓ Compuestos fenólicos muestra presencia debido a su pigmentación rojo-vino durante el ensayo
- ✓ Aminoácidos libres / aminos muestra presencia debido a la presencia de un color violáceo dentro del ensayo
- ✓ Quinonas /benzoquinonas muestra presencia de este metabolito debido a la presencia de una pigmentación rosada dentro del ensayo.

- ✓ Flavonoides muestra presencia debido a la formación de color naranja, durante el ensayo
- ✓ Mucílagos muestra presencia debido a la consistencia gelatinosa que se formó durante el ensayo
- ✓ Principios amargos, se determinó mediante la catación del mismo, dando como respuesta un sabor sumamente amargo
- ***Extracto acuoso***
- ✓ Alcaloides muestra presencia debido a que hay opalescencia en el ensayo
- ✓ Azúcares reductores muestra presencia debido a la pigmentación verde-naranja que se muestra durante el ensayo
- ✓ Compuestos fenólicos muestra presencia debido a su pigmentación rojo-vino durante el ensayo
- ✓ Aminoácidos libres / aminos muestra presencia debido a la presencia de un color violáceo dentro del ensayo
- ✓ Flavonoides muestra presencia debido a la formación de color carmelita, durante el ensayo
- ✓ Principios amargos, se determinó mediante la catación del mismo, dando como respuesta un sabor sumamente amargo

Jiménez y Madrid (2019), realizaron un estudio de tamizaje fitoquímico en chillangua (*Eryngium foetidum L*) y muestran que, en los resultados obtenidos del tamizaje, existe presencia de alcaloides, triterpenos y esteroides, resinas, azúcares reductores, fenoles y taninos, compuestos astringentes dentro de los distintos tipos de extractos.

Gavilanez (2020), menciona que realizó el análisis del perfil fitoquímico del orégano, en tres distintos extractos; los cuales fueron etéreo, etanólico y acuoso. Dentro de los resultados se muestra la presencia de compuestos fenólicos en el extracto etanólico y acuoso, sin embargo, en el extracto etéreo no existe presencia. Por otro lado, Paredes, (2022) menciona que en su estudio del perfil fitoquímico en eneldo (*Anethum graveolens*) obtuvo como resultado, que en el extracto etéreo existen compuestos grasos, triterpenos / esteroides y agrupamiento lactónico. En el extracto etanólico se obtuvo compuestos fenólicos, flavonoides, quinonas / benzoquinonas, saponinas, alcaloides y catequinas y en el extracto acuoso contiene compuestos fenólicos, flavonoides, mucílagos y principios amargos.

Lozano y Sopalo (2022), mencionan también que realizaron el análisis del perfil fitoquímico en albahaca. Dentro de los resultados obtenidos se muestra que existe mayor cantidad de compuestos fenólicos, quinonas/benzoquinonas, flavonoides en el extracto etanólico y menor cantidad de catequinas en el mismo. En el extracto acuoso se presentó mayor incidencia de flavonoides, compuestos fenólicos y en menor cantidad, alcaloides y mucílagos. Por último, en el extracto etéreo los compuestos grasos, agrupamientos lactónico y triterpenos/esteroides fueron de menor presencia.

#### 4.1.2. Matriz experimental

**Tabla 8.** Matriz experimental para la evaluación de polifenoles y actividad antioxidante de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum* L)

Corrida	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Concentración etanol (%)	Contenido de polifenoles (mg/g)	Actividad antioxidante (uM Fe 2+/g muestra)
1	60	24	60	55.23	307.23
2	60	6	75	51.56	286.34
3	45	24	75	47.90	246.67
4	60	15	90	59.12	304.15
5	30	6	60	27.89	119.23
6	60	24	60	56.45	290.12
7	45	15	75	40.01	204.01
8	45	15	75	43.67	220.20
9	45	15	75	35.34	198.23
10	45	15	60	32.78	178.12
11	60	6	75	50.56	275.25
12	30	6	75	23.45	124.78
13	60	15	90	58.78	312.67
14	30	15	75	21.45	101.23
15	30	15	90	29.23	146.67
16	45	15	60	39.78	189.09
17	45	15	75	41.34	211.34
18	45	6	90	49.12	267.89
19	45	6	90	48.34	255.12
20	45	6	60	31.67	155.45
21	60	6	60	50.23	270.23
22	45	15	75	40.12	201.56
23	60	24	90	60.13	321.89
24	30	24	90	37.01	166.56
25	30	24	60	30.78	128.23
26	45	24	75	45.23	235.78
27	30	24	60	25.90	132.12

Autor: (Quevedo, 2022)

En la tabla 7 se evidencia el contenido total de polifenoles y actividad antioxidante que existe en los extractos hidroalcohólicos, las corridas fueron sometidas a diferentes condiciones, las mismas que son tiempo, temperatura y concentración de etanol. Las corridas con mayor concentración de polifenoles totales y actividad antioxidante fueron las de temperatura de 60° C y a concentraciones de etanol 60 y 90 %.

#### 4.1.3. Modelo codificado de la cantidad de polifenoles totales

La tabla 8 muestra la relevancia del análisis de regresión de la varianza y el coeficiente de estimación del contenido de la variable respuesta de polifenoles totales, se puede observar que el modelo lineal es significativo, con un nivel de confianza de 95%, lo cual indica que existe una relación significativa entre la concentración de etanol, tiempo y temperatura de extracción. Las estadísticas  $R^2$  mostraron que el modelo ajustado explica el 89.9 % del cambio en el contenido de polifenoles.

**Tabla 9.** *Parámetros del modelo codificado de la cantidad de polifenoles*

Indicador	Polifenoles totales (mg/g)
Intercepto	41,76
X <sub>CPF</sub>	3,98*
X <sub>TIE</sub>	2,71*
X <sub>TEE</sub>	13,55*
R <sup>2</sup>	0,911
R <sup>2</sup> ajustado	0,899
R <sup>2</sup> predicho	0,877
F modelo	78,29*
F falta de ajuste	2,67
Precisión adecuada	28,77

CPF: concentración de etanol

TIE: tiempo de extracción

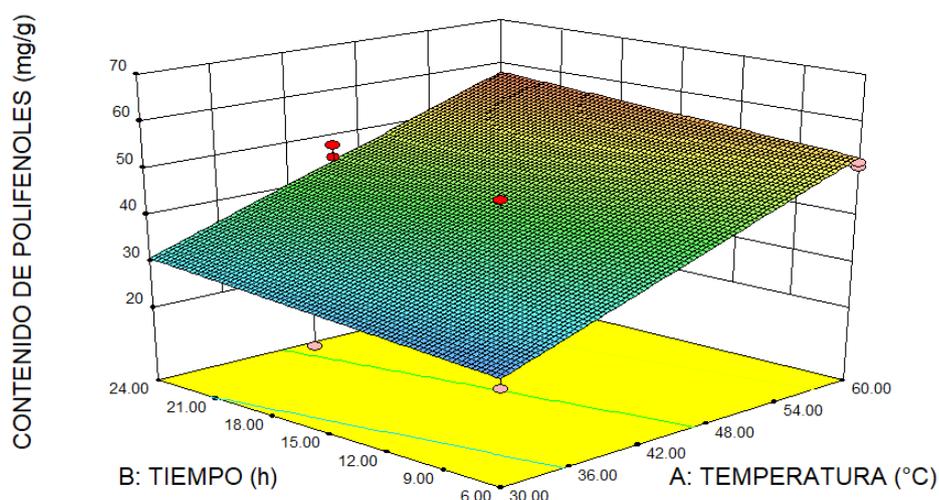
TEE: temperatura de extracción

\*Valor significativo para  $p \leq 0,05$ .

*Autor: (Quevedo, 2022)*

De acuerdo a los resultados de la tabla, la relación de concentración de etanol, tiempo de extracción y temperatura de extracción, son factores significativos. Dentro del análisis de los factores se demuestra que la concentración de etanol, tiempo de extracción y temperatura de extracción, tienen mayor impacto en la variable dependiente, es por ello que se comprueba la variabilidad de los coeficientes. La concentración de etanol, tiempo de extracción y temperatura de extracción, tienen una relación directa en la determinación del contenido de polifenoles

**Gráfico 1.** *Contenido de polifenoles totales*



*Autor: (Quevedo, 2022)*

En la gráfica 1 se muestra que, cuanto mayor es la concentración de etanol, tiempo de extracción y temperatura de extracción, mayor es la concentración de polifenoles totales en el extracto de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum L*)

Gavilanez (2020), en su estudio de optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del orégano (*Origanum vulgare L.*) muestra que la relación del tiempo de extracción y la concentración de etanol con el contenido de polifenoles totales es superior al valor del optimizado a una temperatura óptima de extracción es 60°C y la relación droga/disolvente 1:10. Por otro lado, Paredes (2022) en su estudio de optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del eneldo (*Anethum graveolens*) en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante, muestra que, hay mayor concentración de polifenoles totales en el extracto cuando exista mayor concentración de etanol y temperatura de extracción, es decir que la concentración de alcohol y la temperatura de extracción son directamente proporcionales al contenido de polifenoles totales. Así también Lozano y Sopalo (2022) en su estudio de optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir de la albahaca (*Ocimum basilicum*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante, muestran que, a mayor concentración de etanol, tiempo y temperatura de extracción, la concentración de polifenoles totales será significativa.

#### 4.1.4. Modelo codificado del poder antioxidante reductor del hierro

La tabla 9 muestra el análisis de regresión de la varianza y el coeficiente de estimación del contenido de la variable respuesta del poder antioxidante reductor del hierro. Se puede observar que el modelo lineal es significativo, con un nivel de confianza del 95%, lo cual indica que existe una relación significativa entre la concentración del etanol, tiempo de extracción y temperatura de extracción, con las variables dependientes del modelo. Por otro lado, el estadígrafo R<sup>2</sup> indicó que el modelo ajustado explica el 93,1 % de la variabilidad del poder antioxidante reductor del hierro.

**Tabla 10.** *Parámetros del modelo codificado del poder antioxidante reductor del hierro*

Indicador	Poder antioxidante reductor del hierro (uM Fe 2+/g muestra)
Intercepto	215,35
X <sub>CPF</sub>	22,85*
X <sub>TIE</sub>	11,16*
X <sub>TEE</sub>	81,47*
R <sup>2</sup>	0,939
R <sup>2</sup> ajustado	0,931
R <sup>2</sup> predicho	0,915
F modelo	118,13*
F falta de ajuste	7,78
Precisión adecuada	33,86

CPF: concentración de etanol

TIE: tiempo de extracción

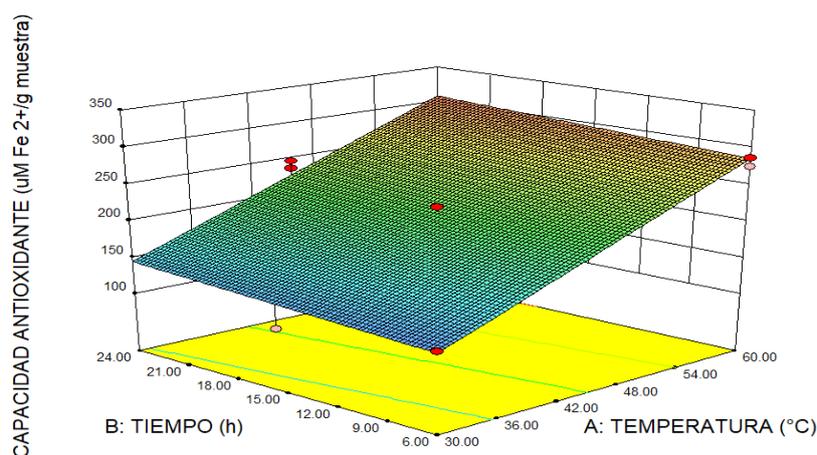
TEE: temperatura de extracción

\*Valor significativo para  $p \leq 0,05$ .

*Autor: (Quevedo, 2022)*

La tabla 9, muestra que la relación entre la concentración del etanol, tiempo de extracción y temperatura de extracción, es significativa. Al analizar las condiciones de concentración, tiempo y temperatura de extracción se puede observar que poseen predominancia sobre la variable dependiente.

**Gráfico 2.** Capacidad antioxidante



Autor: (Quevedo, 2022)

La grafica 2 demuestra que, a mayor concentración, tiempo y temperatura de extracción, mayor esta la concentración de actividad antioxidante reductor del hierro en el extracto de hojas de chillangua (*Eryngium foetidum* L)

Gavilanez (2020), en su estudio de optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del orégano (*Origanum vulgare* L.) muestra que la capacidad antioxidante con una concentración de etanol del 75% y el tiempo de extracción de 15 horas, el contenido de capacidad antioxidante el punto más alto entre los 6325,46 mg/L a una temperatura de 30°C y la relación droga cruda/disolvente 1:10. Por otro lado, Paredes (2022) en su estudio de optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del eneldo (*Anethum graveolens*) en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante, muestra que a mayor concentración de etanol y temperatura de extracción, mayor es la concentración de actividad antioxidante reductor hierro en el extracto hidroalcohólico de eneldo. Así también Lozano y Sopalo (2022) en su estudio de optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir de la albahaca (*Ocimum basilicum*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante, muestran que, a mayor temperatura, menor tiempo y concentración de etanol se obtendrá una concentración superior de la capacidad antioxidante reductor de hierro presentes en el extracto hidroalcohólico de albahaca. Por otra parte, se determina que el tiempo y concentración de etanol no tienen significancia en la variable respuesta.

Jaramillo et al. (2011), realizaron un estudio en el aceite esencial de las hojas de *E. foetidum* presentó, en general, buena capacidad antioxidante, los resultados dan un soporte acorde con el uso de *E. foetidum* en la medicina y cocina tradicional de Colombia

y de otros países latinoamericanos; esto permitirá proponerla como una fuente natural con un alto uso potencial en la industria farmacéutica y de alimentos, además porque se han encontrado reportes de que posee también propiedades antiinflamatorias.

#### **4.1.5. Optimización numérica del proceso de extracción hidroalcohólico de la droga cruda**

La optimización numérica se realizó bajo las condiciones de las variables independientes, las mismas que son % de etanol, tiempo y temperatura de extracción, de esta forma se podrá tener valores superiores a los que fueron ya definidos por el programa Design Expert para el rendimiento tanto de polifenoles totales como poder antioxidante reductor de hierro, presentes en la droga cruda de hojas de *E. foetidum*

**Tabla 11.** Restricciones para la optimización de la extracción

<b>Parámetro</b>	<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>	<b>Criterio</b>
Concentración de etanol (%)	60	90	Intervalo
Tiempo de extracción (h)	6	24	Intervalo
Temperatura de extracción (°C)	30	60	Intervalo
Polifenoles totales (mg/g)	21.45	60.13	Maximizar
Actividad antioxidante ( $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$ )	101.23	321.89	Maximizar

*Autor: (Quevedo, 2022)*

La tabla 12 demuestra la respuesta que predice el valor de las variables dependientes, se eligió la muestra de mayor significancia desde el punto de vista estadístico.

**Tabla 12.** Solución optimizada que cumple las restricciones

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Solución</b>
Concentración de etanol	%	89.89
Tiempo de extracción	<i>H</i>	19.89
Temperatura de extracción	°C	59.80
Polifenoles totales	<i>mg/g</i>	60.553

Actividad antioxidante	$\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$	324.456
Conveniencia estadística		1.000

*Autor: (Quevedo, 2022)*

En la tabla 13 se demuestran los valores predichos por el programa Design Expert y los valores obtenidos en la experimentación. Para expresar los resultados de capacidad antioxidante se utilizó la ecuación 1, por otro lado, para la determinación de polifenoles totales se utilizó la ecuación 2, dando como resultado los valores experimentales los cuales son; contenido de polifenoles totales 61,53 mg/g y poder antioxidante reductor del hierro 325,48  $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$ , estos valores demuestran ser superiores a los predichos por el programa.

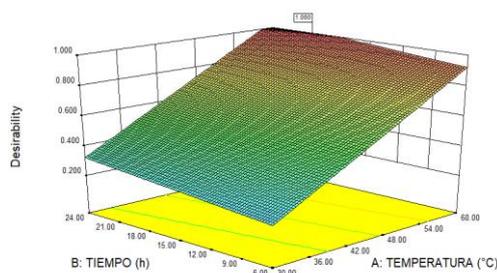
**Tabla 13. Valores óptimos predichos y experimentales**

Parámetro	Valor predicho	Valor experimental
Polifenoles (mg/g)	60,553	61,53
Capacidad antioxidante ( $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$ )	324,456	325,48

*Autor: (Quevedo, 2022)*

Una vez que se definió el ajuste y adecuación del modelo, se optimizó las variables respuesta; % etanol, temperatura tiempo. La gráfica 3 muestra la respuesta conseguida para la optimización de los factores de estudio. Las restricciones óptimas que dio como resultado el programa, es de una concentración de etanol del 89,89 %, tiempo de 19,89 h y una temperatura de 59, 80 °C, con una deseabilidad de 1.000 como máximo. Por medio de la combinación se obtuvo 60,553 mg/g de contenido de polifenoles totales y 324.456  $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$  del poder antioxidante reductor de hierro, esto hace relación a los picos más altos de la gráfica.

**Gráfico 3. Relación del optimizado**



*Autor: (Quevedo, 2022)*

#### 4.1.6. Caracterización del extracto optimizado

**Tabla 14.** Caracterización del extracto optimizado

<b>Parámetro</b>	<b>Media (Desviación estándar)</b>
Capacidad antioxidante reductor del hierro ( $\mu\text{M Fe } 2+/g$ muestra)	325,48
Contenido Polifenoles totales (mg/g)	61,53
Sólidos totales (%)	15,5
Acidez (% m/m de ácido cítrico)	0,19
Sólidos solubles ( $^{\circ}\text{Brix}$ )	12,2
pH	6,01

*Autor: (Quevedo, 2022)*

Álvarez et al. (2019), menciona que realizó una estimación de biocompuestos, color y pH en extractos etanólicos de tallos y hojas de cedrón (*Aloysia citrodora*), dentro del cual menciona que los extractos dan valores neutros, dentro de su estudio muestra pH de 7.01 a 7.31.

## CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- ✓ Se optimizó el proceso de extracción hidroalcohólica a partir del chillangua (*Eryngium foetidum L*), en función del contenido de polifenoles y actividad antioxidante, dado a esto se obtuvo las restricciones optimas, que dio como resultado el programa; concentración de etanol del 89,89%, tiempo de 19,89 h y una temperatura óptima de 59,80°C, con una deseabilidad de 1.0 como máximo. Por medio de la combinación se obtuvo 60.553 mg/g de contenido de polifenoles totales y 324.456  $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$  del poder antioxidante reductor de hierro, esto hace relación a los picos más altos de la gráfica.
- ✓ Se determinó el perfil fitoquímico del chillangua (*Eryngium foetidum L*), mediante ensayos cualitativos, dando como resultado, que el extracto etanólico es el que contiene gran diversidad de metabolitos entre ellos hay presencia regular de catequinas, presencia de resinas, azúcares reductores, saponinas aminoácidos libres / aminos, quinonas / benzoquinonas, mucílagos y principios amargos; por otro lado, los de mayor presencia son los compuestos fenólicos y flavonoides. Así también el extracto acuoso presenta alcaloides, azucars reductores, aminoácidos libres / aminos, principios amargos, compuestos fenólicos, flavonoides y mucílagos. Por último, el extracto estéreo tiene presencia de catequinas, resinas, compuestos grasos, agrupamiento lactónico, triterpenos / esteroides.
- ✓ Se optimizó de forma numérica la extracción hidroalcohólica y se comparó con los valores experimentales dando como resultado 61,53 mg/g en contenido de polifenoles totales y 325,48  $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$  en poder antioxidante reductor del hierro, estos valores demuestran ser superiores a los predichos por el programa.
- ✓ Se caracterizó el extracto hidroalcohólico optimizado de la droga cruda de forma físico- química, dando como resultado un porcentaje de sólidos totales de 15,5, una acidez expresada en ácido cítrico de 0,19%, solidos solubles expresada en °Brix de 12,2 y un pH de 6,01, esto muestra que este el extracto optimizado es neutro ya que es muy cercano a pH 7,0.

## 5.2. Recomendaciones

- ✓ Es importante que, para tener un secado uniforme de las hojas, se debe colocar sobre rejillas o gasas en estantes donde puedan permanecer dentro de la estufa y además es importante ir variando la posición de las mismas, las hojas normalmente necesitan un tiempo de secado que va desde 4 y 6 días
- ✓ La chillangua (*Eryngium foetidum L*), es una planta aromática que se puede utilizar en la cocina tradicional como en la moderna, es por ello que al secar las hojas y obtener el extracto seco, este puede ser utilizado como un aditivo alimentario en la industria de los embutidos cárnicos; como aditivos para modificar las características organolépticas del mismo, ya sea en embutidos tanto de pastas finas como de pastas gruesas.
- ✓ Considerar que los polifenoles tienen sensibilidad a la luz, es por ello que se recomienda cuantificar en espacios con poca luz visible, al realizar la lectura en el espectrofotómetro.

## CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, V. (2019). *ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES, CARACTERÍSTICAS Y USO DE LA CHILLANGUA (Eryngium foetidum) Y PROPUESTA GASTRONÓMICA*. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. GUAYAQUIL. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/41942/1/BINGQ-GS-19P01.pdf>
- Álvarez, R. Gaytán, M. Sosa, M. Baltazar, J. Cerón A. (2019). *Estimación de biocomponentes, color y pH en extractos etanólicos de tallos y hojas de cedrón (Aloysia citrodora)*. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/3/47.pdf>
- Arévalo Santamaría, J. C. (2017). *Creación de una línea de salsas artesanales a base de chillangua*. (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2017). <http://dspace.udla.edu.ec/jspui/handle/33000/7432>
- Ávalos, A., Pérez, E. (2009). *Metabolismo secundario de plantas*. Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal. 2 (3): 119-145, 2009. Departamento de Biología Vegetal I (Fisiología Vegetal). Facultad de Biología. Universidad Complutense. Madrid. [https://eprints.ucm.es/id/eprint/9603/1/Metabolismo\\_secundario\\_de\\_plantas.pdf](https://eprints.ucm.es/id/eprint/9603/1/Metabolismo_secundario_de_plantas.pdf)
- Berdonces, J. (1995). *Principios activos y preparaciones farmacéuticas de las plantas medicinales*. ACTIVE SUBSTANCES AND PHARMACEUTICAL PREPARATIONS OF MEDICINAL. file:///C:/Users/Hp/Downloads/Dialnet-PrincipiosActivosYPreparacionesFarmaceuticasDeLasP-4989379.pdf
- Cameroni, M. (2012). Historia de las hierbas aromáticas especias y aceites esenciales. *Versión electrónica URL: [http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/aromaticas/publicaciones/Hiervas\\_2012\\_06Jun.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/aromaticas/publicaciones/Hiervas_2012_06Jun.pdf)*, 26(03), 2015. <http://labamorex.com/images/2012-Historia-de-las-hiervas-aromaticas-especias.pdf>
- Cano-Flores, A. (2013). *Biotransformación de triterpenos con diferentes microorganismos*. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*, 44(2), 7-16. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-01952013000200002](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-01952013000200002)

- Carrión, A., García, C. (2010). “*PREPARACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES: DETERMINACIÓN DE EFICIENCIA DE METÓDICA*”. Universidad de Cuenca. Cuenca
- Castañeda, C., Ramos, L., Ibáñez, V. (2008). *Evaluación de la capacidad antioxidante de siete plantas medicinales peruanas*. Revista Horizonte Médico. Volumen 8, N° 1. [https://medicina.usmp.edu.pe/medicina/horizonte/2008\\_1/Art4\\_Vol08\\_N1.pdf](https://medicina.usmp.edu.pe/medicina/horizonte/2008_1/Art4_Vol08_N1.pdf)
- Cevallos, E. (2021). *EXTRACCIÓN HIDROALCOHÓLICA DE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS DEL AMARANTO (Amaranthus spp.) EN FUNCIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE*. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga-Ecuador. Obtenido de: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8125/1/MUTC-001034.pdf>
- Espinosa, F. Munguía, A. (2017). *El poder de las hierbas aromáticas*. Recuperado el 21-04-2022. <https://elpoderdelconsumidor.org/2017/10/poder-las-hierbas-aromaticas/#:~:text=Estas%20aplicaciones%20est%C3%A1n%20vinculadas%20a,salvia%2C%20tomillo%20y%20zacate%20lim%C3%B3n>.
- Fernández, C. G. (2011). *Programación lineal e Ingeniería Industrial: una aproximación al estado del arte. Ingeniería Industrial*. Actualidad y nuevas tendencias, 2(6), 61-78. <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215021914005.pdf>
- Fernández, J. (2019). *OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN HIDROALCOHÓLICA Y CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE UN EXTRACTO DE VALERIANA*. Universidad Científica del Sur. Lima-Perú. [https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/648/TL-Fernandez\\_Guzman.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/648/TL-Fernandez_Guzman.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Festy, D. (2007). *Antioxidantes: Guía Práctica*. Ediciones Robinbook. Pag 96 y 97. <https://books.google.com.ec/books?id=dMe726KbgMgC>
- Fretes, F., Mendoza, C., Martínez, M., Sciscioli., A., Zoriilla, M. (2010). *PLANTAS MEDICINALES Y AROMÁTICAS UNA ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN COMERCIAL*. United States Agency (USAID). [https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/plantas\\_medicinales.pdf](https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/plantas_medicinales.pdf)

- Gaibor, F. Cuba, A. Rodríguez, D. García, M. Casariego, A. (2017). *Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir de pulpa de cerezo negro (Syzygium L. Skeels)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador.  
<https://www.revcitecal.iiia.edu.ec/revista/index.php/RCTA/article/view/148/126>
- Gallardo, C. (2012). *Ecuador culinario*. Quito- Ecuador: Ediecuatorial.  
<https://es.slideshare.net/>
- Gallegos-Flores, P. I., Bañuelos-Valenzuela, R., Delgadillo-Ruiz, L., Meza-López, C., & Echavarría-Cháirez, F. (2019). *Actividad antibacteriana de cinco compuestos terpenoides: carvacrol, limoneno, linalool,  $\alpha$ -terpineno y timol*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22(2), 241-248. <https://www.researchgate.net>
- Gavilanez, S. (2020). *OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN HIDROALCOHÓLICA A PARTIR DEL ORÉGANO (Origanum vulgare L.)*. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga.  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6690/1/PC-000869.pdf>
- Gavilánez, S. (2020). *OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN HIDROALCOHÓLICA A PARTIR DEL ORÉGANO (Origanum vulgare L.)*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.LATACUNGA-ECUADOR. Obtenido de: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6690/1/PC-000869.pdf>
- González María. (Septiembre del 2017). *Evaluación del efecto antimicrobiano y antioxidantes de las especias: culantro coyote (Eryngium foetidum), jergible (Zingiber officinale) y oregano (Origanum vulgare L.) para ser usados como una alternativa natural en la elaboración de chorizo cocido*. Universidad de Costa Rica "Facultad de Ciencias Agroalimentarias" p. 33
- GONZÁLEZ, I. E. A. Z. (2021). *MAESTRO EN CIENCIAS EN PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS*. Obtenido de: <https://riudg.udg.mx/bitstream/20.500.12104/90740/1/MCUCEI1212FT.pdf>
- Guevara, P.E. (2014). *COMIDAS QUE CURAN*.24-05-2021.Obtenido de <http://comidasquecuran.com.ec/tag/chillangua/>

- Hernández, E. (2020). *Obtención de extractos etanólicos de Eryngium foetidum y determinación de actividad antioxidante In vitro*. Instituto tecnológico superior de la región sierra. Tabasco. <https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/1054/1/TESIS%20PROFESIONAL-.pdf>
- Ibáñez, F., Torre, P., & Irigoyen, A. (2003). *Aditivos alimentarios. Área de Nutrición y Bromatología, Universidad Pública de Navarra*, 3-5. Obtenido de: <http://muybio.com/wp-content/uploads/2012/10/aditivos-alimentarios.pdf>
- Jaramillo, B. Duarte, E. Martelo, I. (2011). *Composición química volátil del aceite esencial de Eryngium foetidum L. colombiano y determinación de su actividad antioxidante*. Rev Cubana Plant Med v.16 n.2. Ciudad de la Habana. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962011000200003](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962011000200003)
- Jiménez, J. Madrid, R. (2019). *ESTUDIO PRELIMINAR FARMACOGNÓSTICO Y FITOQUÍMICO DE LAS HOJAS DE LA CHILLANGUA Eryngium foetidum L. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. Guayaquil. Ecuador.* file:///C:/Users/Hp/Downloads/BCIEQ-T-0423%20Jim%C3%A9nez%20Mor%C3%A1n%20Jersy%20Ezequiel%3B%20Madrid%20Navia%20Ruth%20Stephanie%20(6).pdf
- Lingaraju, D. P., Sudarshana, M. S., Mahendra, C., & Rao, K. P. (2016). Phytochemical screening and antimicrobial activity of leaf extracts of Eryngium foetidum L.(Apiaceae). *Indo American Journal of Pharmaceutical Research*, 6(2), 4339-4344. file:///C:/Users/Hp/Downloads/eryngiumDPLPublishedresearcharticle.pdf
- Loyola-Vargas, V. M., Sánchez-Iturbe, P., Canto-Canché, B., Gutiérrez-Pacheco, L. C., Galaz-Ávalos, R. M., & Moreno-Valenzuela, O. (2004). *Biosíntesis de los alcaloides indólicos: Una revisión crítica. Revista de la Sociedad Química de México*, 48(1), 67-94. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S058376932004000100013&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S058376932004000100013&script=sci_arttext)
- Lozano, G. Sopalo, A. (2022). *OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN HIDROALCOHÓLICA A PARTIR DEL ALBAHACA (Ocimum basilicum) EN*

FUNCIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8742/1/PC-002289.pdf>

Luo, Y. Wu, W. Chen, D. Lin, Y. Ma, Y. Chen, C., & Zhao, S. (2017). *Optimization of simultaneous microwave/ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds from walnut flour using response surface methodology*. *Pharmaceutical Biology*, 55(1), 1999–2004. doi:10.1080/13880209.2017.1347189

Madrigal, B., Trujillo, S. (2005). *Plantas antimaláricas de Tumaco: Costa Pacífica Colombia*. Universidad de Antioquia. Pag 28. <https://books.google.com.ec/>

Mahboubi, M. Zazempour N. Vuong , V. Bowyer, M y Sacerlett. (2017). *Food Process. Preservar*. 41e1 28879

Mahmut, K. Mustafa, M. Rabia, S. Serap, K. Kevser K. (2020). *Propiedades bioactivas del extracto hidroalcohólico de Origanum onites L. afectadas por la incorporación de glicerol*. *Saudi Journal of Biological Sciences*. Volume 27, Issue 8, August 2020, Pages 1938-1946. Obtenido de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X20302539?via%3Dihub>

Martínez, S., Gonzáles, J., Culebras, J., Tuñón, M. (2002). *Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes*. *Nutr. Hosp.* (2002) XVII (6) 271-278. Departamento de Fisiología, Universidad de León y Hospital de León. España. <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3338.pdf>

Monje, C. (2011). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA*. Universidad Surcolobiana. Neiva. <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>

Morales, Brunner , Flores , Martínez , Díaz y Trelles. (2017). *Estudio comparativo del aceite esencial de sacha culantro ( Eryngium foetidum L) de diferentes lugares de la región Amazónica*. Facultad de Ingeniería y Ciencia Agrarias"Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial".

Morales, F. (2012). *Conozca 3 tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa*. Recuperado el, 11, 2018.

- Núñez, R. Quintana, L. Gutiérrez, R. Valdés O. Gonzales, K. Hernández, Y. Acosta, Y. Ortiz, E. (2019). *Optimización del proceso de extracción de compuestos fenólicos de la angiosperma marina Thalassia testudinum*. Instituto de Ciencias del Mar (ICIMAR). DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v21n2.74552
- Pablón, E. (2021). *DESARROLLO DEL CUBO SAZONADOR A BASE DE CHILLANGUA (Eryngium foetidum L.) COMO ALTERNATIVA DE CONDIMENTO NATURAL PARA PÚBLICO EN GENERAL*. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS. Guayaquil. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PABON%20PRECIADO%20EDILMA.pdf>
- Paredes, S. (2022). *OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN HIDROALCOHÓLICA A PARTIR DEL ENELDO (ANETHUM GRAVEOLENS) EN FUNCIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE*. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8381/1/MUTC-001118.pdf>
- Parra, P., & Cameroni, M. (2009). *Hierbas aromáticas y especias*. Dirección de. [https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/revista/ediciones/45/cadenas/r45\\_10\\_Aromaticas.pdf](https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/revista/ediciones/45/cadenas/r45_10_Aromaticas.pdf)
- Payo, A., Oquendo, M., & Oviedo, R. (1996). Tamizaje fitoquímico preliminar de plantas que crecen en Holguín. *Revista Cubana de Farmacia*, 30(2), 0-0. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0034-75151996000200006&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0034-75151996000200006&script=sci_arttext&tlng=en)
- Pham, H. Nguyen, T. Vuong, V. Bowyer, M y Sacerlett. (2017). *Food Process*. Preservar. 41el 28879
- Pita Fernández, S., & Pértegas Díaz, S. (2002). *Investigación cuantitativa y cualitativa*. *Cad aten primaria*, 9(1), 76-78.
- Porras, A., López, A. (2009). *Importancia de los grupos fenólicos en los alimentos*. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos. Universidad de las Américas Puebla. México. [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TSIA-3\(1\)-Porras-Loaiza-et-al-2009.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TSIA-3(1)-Porras-Loaiza-et-al-2009.pdf)

- Ramcharan C. Culantro: a much utilized, little-understood herb. In: Janick J, editor. *Perspectives on new crops and new uses*. Alexandria, VA, USA: ASHS Press; 1999. p. 506–9. [chillangua estudios.pdf](#)
- Ramírez, A., Gallardo, L., Barragán, L., Ledesma, E., Quintanar, M., Arellano, V., Delegadillo, R. (2016). *Determinación de los compuestos polifenólicos en extractos de Jatropha dioica y su capacidad antioxidante*. *Revista de Ciencias Farmacéuticas.Mexico*. <https://www.redalyc.org/pdf/579/57956612004.pdf>
- Romero, E. (2013). *Gastronomía Ecuatoriana con Eliza*. Obtenido de Especies Hierbas y Plantas: <http://eliza23r.blogspot.com/2013/10/especies-hierbas-y-plantas.html>
- Rosero, Zambrano, L. García, E. Viracocha, L. (2020). *Nomenclatura y usos del culantro de monte (Eryngium foetidum) en la comunidad de San Antonio de Padua, cantón Quinsaloma, Provincia de los Ríos-Ecuador*. BLACPALMA MS EDITIONS. [https://www.researchgate.net/publication/342338450\\_Names\\_and\\_uses\\_of\\_the\\_Culantro\\_de\\_Monte\\_Eryngium\\_foetidum\\_L\\_in\\_the\\_San\\_Antonio\\_de\\_Padua\\_community\\_Los\\_Rios\\_-\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/342338450_Names_and_uses_of_the_Culantro_de_Monte_Eryngium_foetidum_L_in_the_San_Antonio_de_Padua_community_Los_Rios_-_Ecuador)
- Sharapin, N., Machado, L., Pizón, R. (2000). *Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos*. CYTED.Santafé de Bogotá. <https://books.google.com.ec/>
- Swargiary, A. Daimari, A. Daimari, M. Basumatary, N. Narzary, E. (2016). *Actividad fitoquímica, antioxidante y antihelmíntica de plantas comestibles silvestres tradicionales seleccionadas del bajo Assam*. *Indian J Pharmacol*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4980931/>
- Thi, N. An, T. Nguyen, O. Dung, L. Minh, L. Nhan, L. (2020). *Contenido fitoquímico y actividad antioxidante en extractos acuosos y etanólicos de Eryngium foetidum*. THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/991/1/012026/meta>
- Torres-Acosta, J. F. D. J., Alonso-Díaz, M. Á., Hoste, H., Sandoval-Castro, C. A., & Aguilar-Caballero, A. J. (2008). Efectos negativos y positivos del consumo de forrajes ricos en taninos en la producción de caprinos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9(1), 83-90. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93911227008.pdf>

- Valencia Marín, L. Y. (2021). *Utilización de extractos vegetales perteneciente a la zona cafetera en la conservación de frutas y verduras*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/43159>
- Vargas, W. (2002). *Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes centrales*. Editorial Universidad de Cladas. Manizales, Colombia. [https://books.google.com.ec/books?id=Omzm3LW0mZUC&pg=PA114&dq=\(ERYNGIUM+FOETIDUM+L\)&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiY4Kja--P0AhUPTTABHTAWDT4Q6AF6BAgKEAI#v=onepage&q=\(ERYNGIUM%20FOETIDUM%20L\)&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=Omzm3LW0mZUC&pg=PA114&dq=(ERYNGIUM+FOETIDUM+L)&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiY4Kja--P0AhUPTTABHTAWDT4Q6AF6BAgKEAI#v=onepage&q=(ERYNGIUM%20FOETIDUM%20L)&f=false)
- Vats, S. Gupta, T. (2017). *Evaluation of bioactive compounds and antioxidant potential of hydroethanolic extract of Moringa oleifera Lam. from Rajasthan, India*. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 23(1), 239–248. doi:10.1007/s12298-016-0407-6
- Velázquez-Sámano, G., Collado-Chagoya, R., Cruz-Pantoja, R. A., Velasco-Medina, A. A., & Rosales-Guevara, J. (2019). *Reacciones de hipersensibilidad a aditivos alimentarios*. *Revista alergia México*, 66(3), 329-339. Obtenido de: <ps://www.redalyc.org/journal/4867/486761439009/486761439009.pdf>
- Zurita, K. (2021). *Extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos del mortiño (Vaccinium meridionale) en función de polifenoles y capacidad antioxidante*. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga-Ecuador. Obtenido de: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8132/1/MUTC-001037.pdf>

## CAPÍTULO VII. ANEXOS

**Anexo 1** Recolección de la planta fresca, Alluriquín- Santo Domingo



*Autor: (Quevedo, 2022)*

**Anexo 2** Selección y limpieza de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum L*)



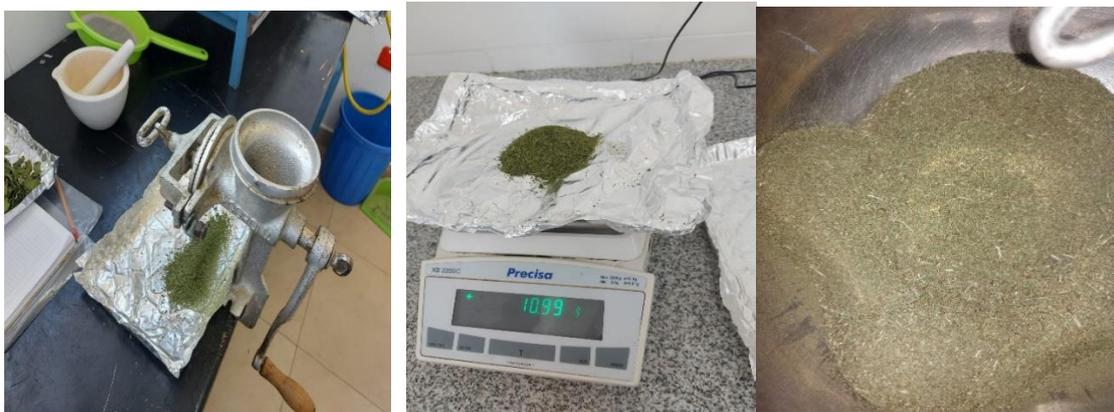
*Autor: (Quevedo, 2022)*

**Anexo 3** Secado de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum L*)



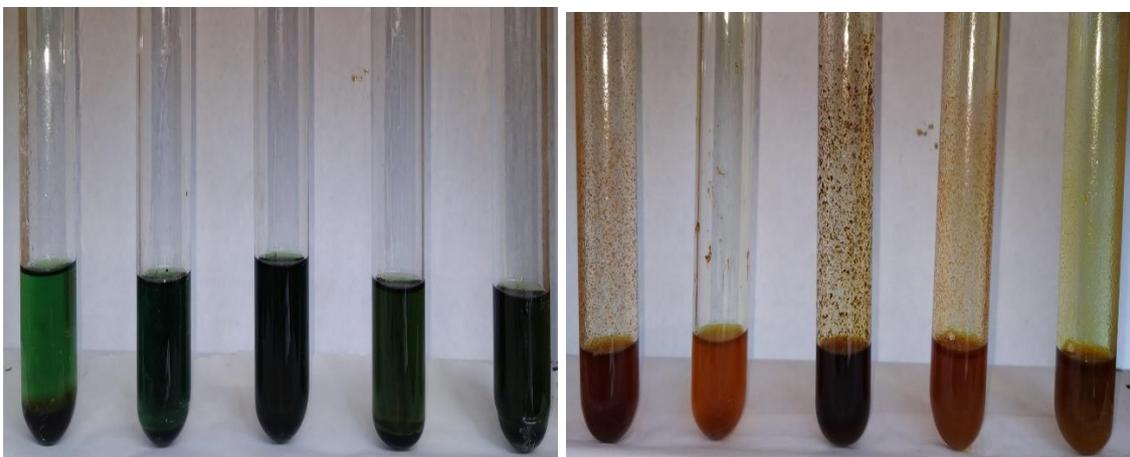
*Autor: (Quevedo, 2022)*

**Anexo 4** Molido y pesado de las hojas de chillangua (*Eryngium foetidum L*)



*Autor: (Quevedo, 2022)*

**Anexo 5** Extractos hidroalcohólicos



*Autor: (Quevedo, 2022)*

## Anexo 6 Validación del experto

### UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

#### POSGRADO

#### MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

##### FORMATO VALIDACIÓN DE EXPERTOS

#### 1. Datos de la Propuesta de Investigación:

Autor: Ing. Luci Angelita Quevedo Barreto

Título: Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir de chillangua (*Eryngium foetidum L*), en función del contenido de polifenoles y actividad antioxidante

Objetivo: Optimizar el proceso de extracción hidroalcohólica a partir del Chillangua (*Eryngium foetidum L*) en función del contenido de polifenoles y actividad antioxidante.

#### 2. Identificación del evaluador

Nombres y Apellidos del evaluador: Byron Adrián Herrera Chávez

Número de cédula o identidad: 0603228834

Título de cuarto Nivel o posgrado: Magister en Cadenas Productivas Agroindustriales

Número de Registro Senescyt: 1019-12-86028680

Institucional en la que se encuentra vinculado actualmente (Cargo e Institución):

Docente investigador agregado 2-Universidad Nacional de Chimborazo

Teléfonos: 0992988318

Correo electrónico: bherrera@unach.edu.ec

#### 3. Evaluación

Marque con una X la opción seleccionada.

Criterio	Excelente	Aceptable	Deficiente
a) El material constituye un aporte válido, vigente y relevante para el área de conocimiento en la cual se inscribe.	X		
b) El material es resultado de un proceso maduro de investigación, su contenido es producto de un desarrollo conceptual completo y del contraste crítico con otras investigaciones afines.		X	

c) Está debidamente estructurado y argumentado (planteamiento del problema, metodología y resultados) en relación con las prácticas de la disciplina a la que pertenece.		X	
d) La originalidad de los aportes y reflexiones del autor le confieren un valor agregado al material.	X		
e) Las referencias bibliográficas cumplen con la exactitud, pertinencia y actualidad requeridas.	X		
f) Es adecuado el título de la obra.		X	
g) La escritura presenta las calidades esperadas para el nivel de formación (apropiada redacción, léxico, ortografía, claridad conceptual, etc.).	X		
h) El material gráfico que acompaña los textos (imágenes de toda índole y tablas) es relevante, clarifica y añade valor en todos los casos.	X		
i) El texto presenta una introducción clara y precisa sobre los objetivos y problemas que se abordan en el documento.		X	
j) La extensión del texto es adecuada en función de la complejidad del tema, los objetivos y el público lector.	X		
k) ¿El texto brinda aportes en cuanto a aplicaciones, propuestas metodológicas, enfoque, y conceptualización?	X		
l) los objetivos planteados por el autor en la introducción se cumplen cabalmente, es decir, hay armonía entre los objetivos propuestos y los resultados obtenidos.	X		
m) Califique la solidez y actualidad de las reflexiones, ideas y/o información presentada en la publicación.		X	

**Por favor emita un comentario**

La investigación es novedosa, reúne los requisitos necesarios para ser considerada como un aporte al desarrollo científico. Este estudio contribuye de manera particular a los países en vías de desarrollo, el cual permite dar un aprovechamiento adecuado a los recursos naturales existentes, con un enfoque agroindustrial.

1. **TEMPORALIDAD:** ¿La propuesta es resultado de un proceso maduro de investigación, lo cual significa, que evidencia una estructura metodológica (problema, metodología y aplicación).

La propuesta es interesante, desde el punto de vista que la investigación mantiene una estructura sistemática que puede ser replicado y aplicada por otros investigadores.

2. **NORMALIDAD DE CONTENIDO** ¿El contenido de la propuesta se estructura y se escribe en forma adecuada para ser entendida y discutida por la comunidad educativa, e investigadores en el tema?

La propuesta puede ser fácilmente entendible y manejable por el lector, lo que permite ser considerada como un aporte para la sociedad.

3. **SELECTIVIDAD:** ¿La propuesta se puede considerar un aporte valido y significativo al conocimiento del área en cuestión?

Es un estudio que permite visualizar de una manera clara y precisa la optimización y aprovechamiento de posibles materias primas utilizadas en el campo agroindustrial.

4. ¿Desde el punto de vista del contenido y de la escritura, que ventajas competitivas presenta el texto respecto de otros que circulan en el mercado?

Es una investigación, que puede ser fácilmente adaptable y replicable en futuros estudios, puede significar un aporte importante de partida para nuevas investigaciones de interés agroindustrial.

5. **Impacto.** ¿Cuál considera que es el ámbito de su impacto? (Seleccione con una X)

Local	X
Regional	X
Nacional	X
Internacional	

6. **Comentarios y recomendaciones generales para el Autor**

**Profundizar el tema con otros estudios relacionados a la temática, por otro lado, incidir e interpretar de una manera más clara y precisa los resultados obtenidos.**



Firmado electrónicamente por:  
**BYRON ADRIAN  
HERRERA CHAVEZ**

**Firma del evaluador**

**C.I. 0603228834**

## Anexo 7 Validación del usuario

### UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

#### POSGRADO

#### MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

##### FORMATO VALIDACIÓN DE USUARIOS

#### 1. Datos de la Propuesta de Investigación:

Autor: Ing. Luci Angelita Quevedo Barreto

Título: Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir de chillangua (*Eryngium foetidum L*), en función del contenido de polifenoles y actividad antioxidante

Objetivo: Optimizar el proceso de extracción hidroalcohólica a partir del Chillangua (*Eryngium foetidum L*) en función del contenido de polifenoles y actividad antioxidante.

#### 2. Identificación del evaluador

Nombres y Apellidos del evaluador: Jessica Dayana Cisneros Corrales

Número de cédula o identidad: 0503631525

Título de tercer Nivel: Microbióloga

Número de Registro Senescyt: 1027-2020-2166111

Institucional en la que se encuentra vinculado actualmente (Cargo e Institución):

Ninguna

Teléfonos: 0984752557

Correo electrónico: [j-essi02@hotmail.com](mailto:j-essi02@hotmail.com) / [jessicacisneros102@gmail.com](mailto:jessicacisneros102@gmail.com)

#### 3. Evaluación

Marque con una X la opción seleccionada.

Criterio	Excelente	Aceptable	Deficiente
a) El material constituye un aporte válido, vigente y relevante para el área de conocimiento en la cual se inscribe.	X		
b) El material es resultado de un proceso maduro de investigación, su contenido es producto de un desarrollo conceptual completo y del contraste crítico con otras investigaciones afines.	X		
c) La originalidad de los aportes y reflexiones del autor le confieren un valor agregado al material.	X		

<b>d)</b> Aplicaría usted esta propuesta de investigación con sus usuarios.	X		
<b>e)</b> La escritura presenta las calidades esperadas para el nivel de formación (apropiada redacción, léxico, ortografía, claridad conceptual, etc.).	X		
<b>f)</b> El material gráfico que acompaña los textos (imágenes de toda índole y tablas) es relevante, clarifica y añade valor en todos los casos.	X		
<b>g)</b> Los objetivos planteados por el autor en la introducción se cumplen cabalmente, es decir, hay armonía entre los objetivos propuestos y los resultados obtenidos.	X		
<b>h)</b> Califique la solidez y actualidad de las reflexiones, ideas y/o información presentada en la publicación.	X		
<b>i)</b> La escritura presenta las calidades esperadas para el nivel de formación (apropiada redacción, léxico, ortografía, claridad conceptual, etc.).	X		

**Por favor emita un comentario**

1. ¿El contenido de la propuesta se estructura y se escribe en forma adecuada para ser entendida y aplicada por la comunidad educativa, e investigadores en el tema?

Tiene una estructura clara y concisa, se describe de manera adecuada para el desarrollo de diferentes proyectos que puedan ofrecerse en un futuro, de tal manera se puede utilizar este proyecto sin ninguna dificultad.

2. ¿La propuesta se puede considerar un aporte válido y significativo al conocimiento del área en cuestión?

Si se considera un aporte válido debido a que con la investigación realizada se puede generar nuevos proyectos con los conocimientos que nos infunde esta propuesta. Además está acorde al área de estudio.

3. ¿Desde el punto de vista del contenido y de la escritura, que ventajas competitivas presenta el texto respecto de otros que circulan en el mercado?

El contenido es específico en el estudio de esta hierba que se considera aromática (chillangua), nos aporta con el perfil fitoquímico que se detalla de manera clara, de la

misma manera con la optimización del proceso de extracción hidroalcohólica para polifenoles y la capacidad antioxidante.

4. Impacto. ¿Cuál considera que es el ámbito de su impacto? (Seleccione con una X)

Local	
Regional	
Nacional	X
Internacional	

**5. Conclusiones y recomendaciones generales para el Autor**

Como recomendaciones generales puedo mencionar que con este proyecto se debería seguir investigando más características de esta planta debido a que tiene compuestos muy buenos para un uso industrial, como se menciona puede utilizarse como un aditivo y puede ser empleado en diferentes sectores del área de alimentos según sea el caso.



**Firma del evaluador**

**C.I. 0503631525**