



# 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 del eneldo (*Anethum graveolens*) en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante”

---

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

**Autora:**

Ing. Silva Paredes Jeny Mariana

**Tutora:**

Ing. Trávez Castellano Ana Maricela Mg.

**LATACUNGA – ECUADOR**

**2022**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del eneldo (*Anethum graveolens*) en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante”, presentado por la Ing. Silva Paredes Jeny Mariana, para optar por el título magíster en Agroindustria 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 sometidos a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, febrero, 11, 2022



Ing. Trávez Castellano Ana Maricela Mg.  
CC. 0502270937

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del eneldo (*Anethum graveolens*) en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante”, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Agroindustria 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, febrero, 11, 2022

Quim. Rojas Molina Jaime Orlando Mg.

CC.0502645435

**Presidente del tribunal**

Ing. Edwin Fabián Cerda Andino Mg.

CC.0501369805

**Miembro 2**

Ing. Hernán Patricio Bastidas Pacheco Mg.

CC.0501886261

**Miembro 3**

## **DEDICATORIA**

Con todo mi amor y cariño a mi esposo Marco Antonio y a mis amados hijos Ángel y Jenny que son mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme día a día.

A mis padres por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo incondicional siempre con esas palabras aliento y a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron para el logro de mis objetivos.

Jeny Silva

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la vida y guiar mis pasos día a día.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi que una vez más me abrió las puertas para seguir ampliando mi campo profesional, a los Docentes que impartieron las cátedras con todo su profesionalismo.

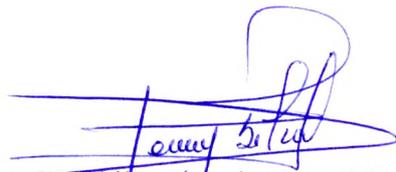
A mi tutor Mg. Ana Maricela Trávez y a mis lectores Mg. Orlando Rojas, Mg. Edwin Fabian Cerda, Mg. Hernán Patricio Bastidas, quienes dieron todo su contingente profesional y guiaron mi trabajo de investigación para culminar con éxito.

Jeny Silva

## **RESPONSABILIDAD DE AUTORIA**

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

Latacunga, febrero, 11, 2022

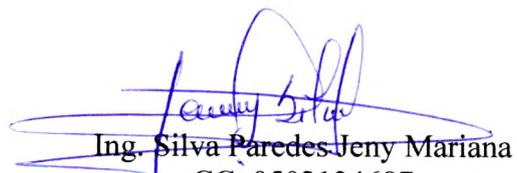
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jenny Silva', is written over a horizontal line. The signature is stylized and includes a large loop at the end.

Ing. Silva Paredes Jeny Mariana  
CC. 0502134687

## **RENUNCIA DE DERECHOS**

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

Latacunga, febrero, 11, 2022



Ing. Silva Paredes Jeny Mariana  
CC. 0502134687

## **AVAL DEL PRESIDENTE**

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN HIDROALCOHÓLICA A PARTIR DEL ENELDO (*Anethum graveolens*) EN FUNCIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE”, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, febrero, 11, 2022



Quim. Jaime Orlando Rojas Molina Mg.  
CC. 0502645435

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

**MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA MENCIÓN TECNOLOGÍA DE  
ALIMENTOS**

**Título: “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN HIDROALCOHÓLICA A PARTIR DEL ENELDO (*ANETHUM GRAVEOLENS*) EN FUNCIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE”.**

**Autora:** Ing. Silva Paredes Jeny Mariana

**Tutor:** Ing. Trávez Castellano Ana Maricela Mg.

**RESUMEN**

El eneldo tiene varios usos medicinales, alimenticios y cosméticos. Para optimizar el proceso de extracción hidroalcohólica de la droga de “Eneldo”; se deshidrató la planta en una estufa de aire forzado durante 48 horas a 40°C. Las corridas se establecieron mediante el programa Design Expert 8.0.6 el mismo que arrojó 17 corridas experimentales; los factores analizados fueron tiempo (6h, 15h y 24h), temperatura (30°C, 45°C y 60°C) y concentración etanol (60%, 75% y 90%). En el tamizaje fitoquímico realizado se destacan metabolitos secundarios como: compuestos grasos, triterpenos – esteroides, compuestos fenólicos, flavonoides, quinonas, mucílagos y principios amargos. Para cuantificar el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de las diferentes corridas experimentales se utilizaron los ensayos de Folin Ciocalteu y Frap respectivamente. La combinación óptima de factores que maximiza el rendimiento de polifenoles totales (12,9812 mgGAE/g) y actividad antioxidante (423,998  $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$ ) es el proceso realizado a 7:77 H a 58,36 °C con una concentración de etanol al 89,50%.

**Palabras claves:** perfil fitoquímico, polifenoles, antioxidantes, eneldo, enfermedades crónicas.

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

**MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA MENCIÓN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**Title:** “Optimization of the hydroalcoholic extraction process from dill (*Anethum graveolens*) based on the content of total polyphenols and antioxidant activity”.

Author: Ing. Silva Paredes Jeny Mariana  
Tutor: Ing. Trávez Castellano Ana Maricela Mg.

**ABSTRACT**

Dill has various medicinal, food and cosmetic uses. To optimize the hydroalcoholic extraction process of the “Eneldo” drug; the plant was dehydrated in a forced air oven for 48 hours at 40°C. The runs were established using the Design Expert 8.0.6 program, which produced 17 experimental runs; the factors analyzed were time (6h, 15h and 24h), temperature (30°C, 45°C and 60°C) and ethanol concentration (60%, 75% and 90%). In the phytochemical screening carried out, secondary metabolites stand out, such as: fatty compounds, triterpenes - steroids, phenolic compounds, flavonoids, quinones, mucilages and bitter principles. To quantify the content of total polyphenols and the antioxidant capacity of the different experimental runs, the Folin Ciocalteu and Frap assays were used, respectively. The optimal combination of factors that maximizes the yield of total polyphenols (12.9812 mgGAE/g) and antioxidant activity (423.998  $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$ ) is the process carried out at 7:77 H at 58.36 °C with an ethanol concentration at 89.50%.

**Keywords:** phytochemical profile, polyphenols, antioxidants, dill, chronic diseases.

M.Sc Nelson Wilfrido Guagchinga Chicaiza con cédula de identidad número: 0503246415  
Magister en: La enseñanza del Idioma Inglés como Lengua Extranjera con número de registro de la SENESCYT: 1010-2019-2041252 ; **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 del eneldo (*Anethum graveolens*) en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante” de: Silva Paredes Jeny Mariana, aspirante a magister en Maestría en Agroindustria Mención Tecnología de Alimentos

Latacunga, febrero, 08, 2022



.....  
M.Sc Nelson Wilfrido Guagchinga Chicaiza  
C.C: 0503246415

## ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
RESPONSABILIDAD DE AUTORIA .....	VI
RENUNCIA DE DERECHOS.....	VII
AVAL DEL PRESIDENTE.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIII
ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	XIV
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVI
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes .....	3
1.2. Justificación .....	5
1.3. Planteamiento del problema.....	7
1.4. Hipótesis .....	8
1.5. Objetivos de la investigación.....	9
CAPÍTULO II .....	11
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	11
2.1. Eneldo ( <i>Anethum graveolens</i> ).....	11
2.2. Extracto hidroalcohólico.....	14
2.3. Actividad antioxidante.....	15
2.4. Contenido Polifenol .....	16
2.5. Perfil fitoquímico.....	16
2.6. Fundamentación del estado del arte.....	20
CAPÍTULO III.....	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	23

3.1. Metodología .....	23
3.2. Materiales.....	24
3.3. Metodología .....	25
3.4. Investigación experimental .....	35
CAPÍTULO IV .....	36
4. APLICACIÓN Y / O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA .....	36
4.1. Resultados .....	36
4.2. Discusión .....	45
4.3. Evaluación de expertos .....	46
4.4. Evaluación de impactos o resultados .....	48
4.5. Propuesta de las aplicaciones industriales del extracto hidroalcohólico de eneldo ( <i>Anethum graveolens</i> ) en la industria alimentaria. ....	49
CAPÍTULO V .....	60
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
5.1. Conclusiones .....	60
5.2. Recomendaciones .....	61
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
7. ANEXOS .....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados..	10
<b>Tabla 2</b> Etapas del desarrollo .....	10
<b>Tabla 3</b> Características del eneldo.....	12
<b>Tabla 4</b> Clasificación taxonómica del eneldo .....	13
<b>Tabla 5</b> Variables de estudio .....	29
<b>Tabla 6</b> Presupuesto de la investigación. ....	33
<b>Tabla 7</b> Representación de las corridas experimentales.....	35
<b>Tabla 8</b> Perfil fitoquímico. ....	36
<b>Tabla 9</b> Matriz experimental para la evaluación de polifenoles y actividad antioxidante de la planta de eneldo. ....	38
<b>Tabla 10</b> Parámetros del modelo codificado de la cantidad de polifenoles totales. ....	39
<b>Tabla 11</b> Parámetros del modelo codificado del poder antioxidante reductor del hierro. ....	41
<b>Tabla 12</b> Optimización numérica del proceso de extracción hidroalcohólico de la droga cruda de eneldo. ....	42
<b>Tabla 13</b> Valores óptimos predichos y experimentales, obtenidos con las restricciones definidas en el proceso de optimización. ....	43
<b>Tabla 14</b> Caracterización del extracto optimizado.....	44

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1</b> Contenido de polifenoles totales .....	40
<b>Gráfica 2</b> Contenido del poder antioxidante reductor del hierro. ....	42
<b>Gráfica 3</b> Relación del optimizado.....	43

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

**Ilustración 1** Esquemática de los diferentes procesos de microencapsulación.... 51

**Ilustración 2** Transferencias que pueden ser controladas por barreras comestibles

..... 57

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Recolección del eneldo en el Barrio Bellavista.....	70
<b>Anexo 2</b> Selección y limpieza del eneldo .....	70
<b>Anexo 3</b> Secado de la planta y obtención de la droga de eneldo.....	71
<b>Anexo 4</b> Elaboración de los extractos hidroalcohólicos .....	71
<b>Anexo 5</b> Extracto optimizado .....	72
<b>Anexo 6</b> Curriculum vitae del experto.....	75

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

El trabajo de investigación está direccionado en la línea de investigación de “Desarrollo, seguridad alimentaria y procesos industriales” y la sub línea de investigación “Optimización de procesos tecnológicos agroindustriales”.

Desde la antigüedad, los seres humanos han utilizado plantas para satisfacer sus necesidades (comida, ropa, refugio y transporte). A lo largo de los siglos, el interés por la ciencia fue evolucionando, el hombre aprendió a identificar las plantas útiles, de las peligrosas para así descubrir su valor medicinal y su posterior aplicación en beneficio de la sociedad, especialmente para aquellos países más pobres que no tienen acceso a medicamentos.

Con el pasar del tiempo el crecimiento desmedido de la población ha impulsado a que la industria busque alternativas a base de productos sintéticos dejando de lado lo natural eso ha hecho perder la tradición de usar las plantas tradicionales, lo cual se desconoce las bondades que pueden ofrecer plantas e incluso existen plantas que no tienen base de datos.

La investigación de las plantas es el comienzo para estudios vinculados con el empleo de la biodiversidad existente, y estudios de tipo fitoquímicos y farmacéuticos.

Considerando lo anterior, el objetivo del presente estudio es promover los resultados de la optimización del extracto hidroalcohólico del eneldo (*Anethum graveolens*) en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante, con el propósito de brindar una alternativa de reemplazar los aditivos sintéticos por naturales en procesos agroindustriales.

Para lograr los objetivos planteados el trabajo de investigación se los dividió en cuatro capítulos principales: Introducción, Fundamentación Teórica, Materiales y Métodos, Aplicación y/o Validación de la Propuesta.

## 1.1. Antecedentes

Lema (2018) investigó la evaluación de la actividad antimicrobiana “in vitro” del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Melissa officinalis* (toronjil) en *Proteus spp.* Para la caracterización fitoquímica del extracto se recolectó, identificó, se extrajo con etanol (96%), se concentró y se llevó a cabo la identificación de sus metabolitos secundarios dando positivo para: saponinas, compuestos fenólicos, flavonoides, chalconas, auronas, alcaloides, y quinonas que son metabolitos con actividad antimicrobiana a diferentes concentraciones (25%, 50%, 75% y 100%). El extracto presentó actividad antimicrobiana frente a *Proteus spp.* Concluyó que es una planta medicinal utilizada por la población de la ciudad de Riobamba, para tratar ciertas infecciones y la misma presentó actividad antimicrobiana “in vitro” frente a *Proteus spp.*

La optimización de la extracción e identificación de compuestos polifenólicos en anís (*Pimpinella anisum*), clavo (*Syzygium aromaticum*) y cilantro (*Coriandrum sativum*) mediante HPLC acoplado a espectrometría de masas investigada por Torres y su grupo de investigación (2020). Las condiciones óptimas para la extracción de compuestos polifenólicos de anís, cilantro y clavo fueron una RSD 1:25 con 30 min de sonicación para el anís y 15 minutos para el cilantro y el clavo. La RSD tuvo mayor influencia, que el tiempo de sonicación, para mejorar la extracción de polifenoles de cilantro y clavo. En el anís se identificaron ácido clorogénico, ferúlico y sinápico. En el cilantro se encontró quercetín-3-rutinósido y naringenina. En el clavo se identificó el ácido gálico, clorogénico y elágico. El contenido de polifenoles y flavonoides en los extractos de cilantro y clavo se correlacionó positivamente con su actividad antioxidante.

Benítez con su equipo de investigación (2019) evaluaron el porcentaje de rendimiento de la extracción etanólica de las plantas medicinales Alegría (*Scutellaria incarnata*) y Amansatoros (*Justicia pectoralis*), con el material vegetal entero y molido, realizaron ensayos a distintas condiciones (6, 12, 24, 48 y 92 horas) de maceración con y sin agitación, hasta llegar a la estabilización de la extracción. Utilizaron el diseño experimental en bloques completos al azar con arreglo factorial (Anova), para determinar los valores estadísticos más relevantes en el proceso de

extracción (tiempo, método y tamaño de partícula). Para las dos plantas, en la obtención del extracto etanólico, el mejor tiempo fue de 48 horas, con el uso de material molido y la aplicación de agitación. Estas condiciones permitieron obtener rendimientos del 37.000 y 37.600% para el extracto etanólico de Amansatoros y Alegría, respectivamente.

Soto y Rosales (2016) realizaron el estudio sobre el efecto del solvente y de la relación masa/solvente, sobre la extracción de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de extractos de corteza de *Pinus durangensis* y *Quercus sideroxyla*, bajo un diseño experimental 2x3x3, estudiaron el efecto de soluciones hidroetanólicas 20, 50 y 80%, y la relación masa a extraer/volumen de disolvente 1/10, 1/20 y 1/30 sobre el rendimiento en sólidos, donde  $28,72 \pm 0,9\%$  correspondió a *Pinus durangensis* (PdE50-1/20) y  $24,95 \pm 1,2\%$  para *Quercus sideroxyla* (QsE50-1/30), la máxima concentración de fenoles totales se obtuvo con etanol 80%- 1/10 en ambas especies (PdE80-1/10 con  $712,36 \pm 13,4$  mg equivalentes de ácido gálico (GAE)/g) y QsE80-1/10 de  $592,97 \pm 10,6$  (GAE/g), mientras que la capacidad antioxidante evaluada mediante las técnicas de DPPH, ABTS y FRAP, mostró que PdE20-1/30 y QsE50-1/10, tuvieron la mayor actividad. Se encontraron diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos aplicados.

La investigación realizada por Márquez y su grupo (2015) tuvo como objetivo identificar los compuestos bioactivos y evaluar el efecto antifúngico de los extractos de Orégano (*Lippia graveolens*), Hoja Sen (*Florenxia cernuda DC*) y Sangre de Drago (*Jathropa sp.*) para adicionarlos en envases activos para la conservación de zarzamora. Los extractos etanólicos se obtuvieron por extracción asistida por ultrasonido y la identificación de los compuestos bioactivos se realizó mediante electroforesis capilar y HPLC. Para la elaboración del envase se utilizó carboximetilcelulosa (CMC) al 0.5% y maltodextrina 7% adicionado con 3000 ppm de extracto de cada planta. En las pruebas in vitro, el extracto de Hoja Sen a la concentración de 2000 ppm presentó 22 y 40% mayor poder antifúngico en comparación con el extracto de sangre de drago y orégano, respectivamente. Las formulaciones a base de CMC y maltodextrina con extracto de Hoja Sen presentaron la mayor inhibición (11.07 y 10% respectivamente) con respecto a los

demás envases activos evaluados. Este tipo de envases podrían ser una alternativa tecnológica para conservar la zarzamora.

## **1.2. Justificación**

En las crónicas del mundo se ha destacado a las plantas como parte fundamental para la existencia de los seres vivos. El ser humano ha considerado a la medicina natural a modo de tratamiento, puesto que al consumir productos naturales trata a la persona de manera general como un solo cuerpo, y no prioriza la enfermedad. Para los antepasados no existe una enfermedad sino un cuerpo enfermo, por lo tanto, interesa tratar al cuerpo para mantenerlo sano. Con el pasar de los años y la evolución de la sociedad, el conocimiento de las plantas vino a ser desvalorizado. Gran cantidad de enfermedades están relacionadas directamente con la nutrición y podrían prevenirse con una alimentación adecuada de alimentos funcionales, que contempla la posibilidad de mejorar la salud y reducir el riesgo de desarrollar determinadas enfermedades debido a que contiene componentes biológicamente activos.

De acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS), las enfermedades no transmisibles (ENT) más prioritarias son: enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus, cáncer y enfermedades respiratorias crónicas que comparten factores de riesgo como: dieta inadecuada e inactividad física, consumo de tabaco, consumo de alcohol, que a su vez se relacionan con el sobrepeso y obesidad, presión arterial elevada, glucosa elevada en sangre y colesterol elevado. En América las enfermedades no transmisibles causan el 81% de todas las muertes. En Ecuador según datos de la Encuesta STEPS ECUADOR 2018 MSP, INEC, OPS/OMS las ENT representaron el 53% total de las muertes de estas el 48,6% corresponde a enfermedades cardiovasculares, el 30% a cáncer, el 12,4% a diabetes y el 8,7% a enfermedades respiratorias crónicas.

El eneldo contiene una larga lista de propiedades curativas y como condimento para alimentos, se ha utilizado durante siglos por muchas civilizaciones desde la antigüedad como prueba de ello aparece en el capitulare de villis vel curtis imperio es una acta legislativa que aparece a finales del siglo VII o principios del siglo IX Esta es una planta melífera que posee en abundancia vitaminas A y C, zinc, cobre,

sodio, potasio y magnesio etc. Sus compuestos bioactivos han despertado gran interés en optimizarlos y usarlos en la industria alimentaria.

La industria de alimentos busca continuamente la manera de sorprender, enganchar y llamar la atención sobre sus productos. Para lo cual su prioridad se basa en la investigación, el desarrollo y la innovación. Se buscan nuevos sabores, nuevos ingredientes para el mantenimiento de la salud con la finalidad de mantener la estabilidad fisicoquímica y mejorar las características sensoriales. Para de esta forma prevenir o disminuir el riesgo de padecer ciertas enfermedades.

Los extractos son productos extraídos de sustancias biológicamente activas que poseen las plantas, empleando solventes como agua, alcohol, etanol, etc. Hay muchos tipos de compuestos fotoquímicos presentes en los extractos vegetales en altas concentraciones, por lo que pueden realizar una función beneficiosa en el organismo a través de los alimentos o aplicación en la piel mediante un cosmético; también actúan como conservantes y antioxidantes.

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

Existe muy poca investigación con respecto a las plantas, las mismas que no han sido reconocidas y validadas, lo cual significa que sus aportes científicos, así como tecnológicos no logran una valoración para un eje de investigación, provocando la ausencia de patentes vigentes, por tal motivo no se logra aprovechar las ventajas que ofrecen en su composición química.

Los malos hábitos alimenticios pueden crear una deficiencia de nutrientes para el buen funcionamiento del organismo; a su vez, se incrementa la demanda y la tendencia a consumir alimentos funcionales debido a los múltiples beneficios y usos potenciales, por sus compuestos bioactivos que otorgan beneficios para la salud, contienen una cantidad mayor de nutrientes promocionando comodidad a los consumidores. Sin embargo, en Ecuador este es un mercado mínimamente explotado y demasiado potencial.

Los aditivos alimentarios son ingredientes que se agregan directamente en la producción de alimentos industrializados durante su elaboración, con el propósito de proporcionar estabilidad fisicoquímica, mejorar las características sensoriales y en muchos casos alargar la vida útil del alimento. Las personas que consumen productos con gran cantidad de aditivos, pueden considerar a los productos naturales como de inferior calidad.

La investigación sobre el extracto de eneldo tiene como objetivo caracterizar los compuestos bioactivos presentes en la planta, para su aplicación en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria.

## **Formulación del problema**

¿Cuáles son las concentraciones de etanol, tiempo y temperatura más óptimas para el proceso de extracción hidroalcohólica a partir del eneldo (*Anethum graveolens*) en función del contenido de polifenoles totales y la actividad antioxidante?

### **1.4. Hipótesis**

#### ***1.4.1. Hipótesis nula***

La concentración de etanol, tiempo y temperatura de extracción no influyen en la optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del eneldo (*Anethum graveolens*) en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante.

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

La concentración de etanol, tiempo y temperatura de extracción influyen en la optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del eneldo (*Anethum graveolens*) en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante.

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

### ***1.5.1. Objetivo general***

“Optimizar el proceso de extracción hidroalcohólica a partir del eneldo (*Anethum graveolens*) en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante”

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

- Analizar el perfil fitoquímico del eneldo (*Anethum graveolens*).
- Optimizar la extracción de los compuestos bioactivos del eneldo en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante.
- Caracterizar el extracto hidroalcohólico optimizado de la droga cruda de eneldo (*Anethum graveolens*).

## Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

### Tareas:

**Tabla 1** *Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados*

Objetivo	Actividad (tareas)
Analizar el perfil fitoquímico del eneldo ( <i>Anethum graveolens</i> ).	Obtención de la planta de eneldo. Selección y limpieza de la planta. Deshidratado del eneldo. Molienda para la obtención de la droga cruda de eneldo. Caracterización de los compuestos bioactivos del eneldo a través de ensayos de laboratorio
Optimizar la extracción de los compuestos bioactivos del eneldo en función del contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante.	Elaboración de los extractos hidroalcohólicos por maceración con las condiciones establecidas. Determinación experimental del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante. Cuantificar los polifenoles totales y la actividad antioxidante del extracto
Caracterizar el extracto hidroalcohólico optimizado de la droga cruda.	Caracterizar el mejor extracto optimizado de eneldo, las características sensoriales determinar el color, aspecto, homogeneidad y olor. En las características fisicoquímicas medir los polifenoles totales, los antioxidantes reductores de hierro y pH.

**Elaborado por:** Autora (Silva; 2021)

### Etapas:

**Tabla 2** *Etapas del desarrollo*

Etapas	Descripción
Planeación	Ordenación sistemática de las tareas para lograr los objetivos. Revisión bibliográfica.
Ejecución	Desarrollo de la parte experimental.
Publicación	Revisión del tribunal Impresión y empastado del documento.

**Elaborado por:** Autora (Silva; 2021)

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1. Eneldo (*Anethum graveolens*)

La literatura egipcia y cristiana menciona el eneldo. Han descubierto rastros de esta planta en la tumba del faraón egipcio Amenhotep II y ruinas romanas. Hipócrates valoró el efecto depurativo del eneldo y los soldados de la época trataban quemaduras (Editorial de HerbaZest, 2020).

Es una planta cultivada desde la antigüedad su importancia radica como alimento y con poderes curativos. Es originario de Asia y el Mediterráneo oriental. Crece naturalmente en Europa, en Rusia Meridional, en Asia y en África. Existen cultivos en algunos países: Alemania, Inglaterra, Holanda, India, Pakistán, Estados Unidos (Infoagro, s.f.)

El eneldo es una planta aromática que crece periódicamente que puede llegar a medir 1.5 metros. Posee un aroma muy semejante al anís con un toque a cítrico y puede ser confundido con el hinojo (Infoagro, s.f.). No soporta trasplante.

El eneldo crece en el exterior, madura alrededor de los noventa días después de la siembra, las hojas se pueden cosechar apenas sean lo suficientemente grandes como para usarse, son más sabrosas si se recogen antes de que comience la floración. Cortarlas cerca del tallo a primera hora de la mañana o a la última hora de la tarde. (Masabni, sf)

En la Tabla 3 se detallan las principales características del eneldo descritas en el folleto sobre Cultivo de Hierbas Aromáticas y Medicinales.

**Tabla 3** *Características del eneldo*

<b>Nombre científico</b>	Anethum graveolens L.
<b>Ciclo de vida</b>	Anual
<b>Época de siembra</b>	Todo el año
<b>Propagación</b>	Semilla botánica
<b>Tipo de siembra</b>	Directa/Trasplante
<b>Distanciamiento</b>	0,30 m entre plantas
<b>Riegos</b>	Frecuentes y ligeros
<b>Cosecha</b>	A los 80 días de la siembra. Se puede hacer 2 – 3 cortes antes de dejarlas florecer
<b>Usos</b>	Cocina: condimento de sopas y ensaladas Medicinal: flatulencia, hemorroides

**Fuente:** (Siura & Ugás, 2001)

### **2.1.1. Características botánicas de la planta de eneldo**

- **Raíz:** de 7-10(15) x 0,3 cm de largo, axonomorfa,
- **Tallos:** de hasta 45(100) x 0,3-0,5 cm, foliosos, estrías finas verdes y blancas.
- **Hojas:** son verdes, finas semejante a plumas de 17 x 4(6) cm, se acomodan en cada nudo, de contorno rómbico, pinnatisectas, con segmentaciones de último orden filiformes, mucronadas (Maestro, et al., 2017).
- **Flores:** Carecen de cáliz, poseen pétalos amarillos, enteros oblongos, suborbiculares, con el ápice curvado hacia dentro. Están agrupadas en umbrales (15-30 radios), desiguales, con el involucro y el involucelo nulos, es decir, sin brácteas ni bractéolas (Infoagro, s.f.).
- **Fruto:** Son planas, ovadas y de color marrón con los bordes de una tonalidad más clara, Los frutos son de 4-6 \* 25 milímetros, formados por 2 mericarpios alados (Tierra y Savia, s.f.).

### 2.1.2. Clasificación taxonómica

En la Tabla 4 se detalla la clasificación taxonómica del eneldo (*Anethum graveolens*).

**Tabla 4** Clasificación taxonómica del eneldo

<b>Reino</b>	<i>Plantae</i>
<b>Subreino</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>División</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Clase</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Subclase</b>	<i>Osidae</i>
<b>Orden</b>	<i>Apiales</i>
<b>Familia</b>	<i>Apiaceae</i>
<b>Género</b>	<i>Anethum</i>
<b>Especie</b>	<i>Anethum graveolens</i>
<b>Nombre común</b>	<i>Eneldo, anett, fetonil</i>

Elaborado por: (Campaña, et al., 2015) y (EcuRed, s.f.)

### 2.1.3. Propiedades del eneldo

Existen estudios que demuestran las diferentes propiedades que posee el eneldo como las carminativas, estomacales, antiespasmódicas, antisépticas, diuréticas, ya que provoca las secreciones digestivas y se usa contra flatulencias, reducción del colesterol y la glucosa. Hace poco se lo conoce como agente anticanceroso, antimicrobiano, anti gástrico, antiinflamatorio y antioxidante. En infusión el eneldo estimula la producción de leche en las mujeres embarazadas (Taghi, et al., 2016).

El eneldo se produce como fármaco hipolipidemico (tableta de *Anethum*) en Irán, que consiste en *Anethum graveolens* (68%), *Cichorium intybus* (5%), *Fumaria Parviflora* (5%) y lima (*Citrus aurantifolia*) (4%) (Khodadadi, et al., 2016).

Por su contenido en flavonoides y algunos ácidos le confieren propiedades como lactogogo, favoreciendo la secreción láctea. El eneldo no sólo se utiliza en el campo de la medicina, sino también en otros campos como: en farmacia, en aromaterapia; gen perfumería, en jabones y pomadas; en cocina, como aderezos de pescados, en ensaladas, aromatización de conservas; en cultivos, para controlar plagas y enfermedades. (Cano y Martínez)

## **2.2. Extracto hidroalcohólico**

Son extraídos por maceración de la droga cruda de la planta con un solvente (etanol-agua) para obtener sus principios activos, su rendimiento va a depender del porcentaje de disolvente, temperatura y tiempo (Carrillo & Díaz, 2019).

Entre la clasificación de los extractos se encuentran:

- Extractos fluidos o líquidos, son preparaciones líquidas en el que una parte por masa o de volumen es equivalente a una parte por masa de droga vegetal o droga cruda (Lenin, 2013), empleando como disolvente agua, alcohol o una mezcla hidroalcohólica donde cada mililitro contiene los contribuyentes extraídos de un gramo del material crudo que se representa o se especifique lo contrario. (Quiñones, 2016)
- Extractos semisólidos o blandos, son preparaciones de consistencias intermedias entre los extractos fluidos y pulverizados ya que estos son obtenidos por evaporación parcial del solvente (agua, alcohol o mezclas hidroalcohólica) empleado en la extracción. (Quiñones, 2016)
- Extractos pulverizados o secos, son preparaciones sólidas con consistencias de polvo obtenidos por la evaporación del disolvente utilizado para la extracción a esto se le puede aplicar en diferentes concentraciones de agua, alcohol o una mezcla hidroalcohólica. (Quiñones, 2016)

### ***2.2.1. Utilización de extractos vegetales en la industria alimentaria***

Los compuestos bioactivos son componentes de los alimentos que tienen un efecto en las actividades celulares y fisiológicas, logran un efecto positivo para la salud tras su ingesta.

Los extractos de plantas buscan productos sin aditivos considerados dañinos para la salud, los alimentos funcionales, son conceptos que guían tanto al consumidor como al fabricante a buscar ingredientes naturales como saborizantes, colorantes y antioxidantes naturales y como enriquecedores del alimento para agregar valor a los productos siguiendo aspectos legales (Duas Rodas, 2020).

Los extractos de plantas se han convertido en una alternativa saludable en la nueva tendencia de alimentación, buscan productos libres de contaminantes, sin aditivos considerados dañinos, un retorno a lo natural, alimentos funcionales. Esto se deriva

principalmente de las conjeturas de los efectos beneficiosos de las plantas que durante mucho tiempo han sido utilizadas como remedios naturales por culturas antiguas o medicinas tradicionales.

El proceso para obtener extractos vegetales es variable, todos estos componentes se obtienen en conjunto cuando se extraen de los diferentes órganos vegetativos previamente triturados con un tamaño de partícula determinado y en contacto con cantidad suficiente de solvente. Entre las técnicas de extracción se encuentra la percolación, el arrastre con vapor, la extracción soxhlet; se emplean distintos solventes donde se pueden obtener extractos acuosos, etanólicos, aceites esenciales o utilizar otros solventes para obtener diversos compuestos, acorde a su polaridad. Posterior a la extracción, la mezcla es filtrada, el material insoluble es lavado con el mismo solvente y los filtrados se mezclan para concentrar el extracto, y secarlos hasta sequedad. Según el tipo de método empleado se pueden presentar altos rendimientos de extracción y presentar una versatilidad en la separación de componentes por sus características polares, además de poder obtener extractos para el fraccionamiento y aislamiento de las sustancias marcadoras que son separadas por técnicas de cromatografías que permiten aislar los componentes principales a través de métodos de fraccionamiento guiado por bioensayo y técnicas de alta resolución para su caracterización como la cromatografía de alta resolución acoplada a espectrofotometría de masas (HPLC-DAD-MS) y la resonancia magnética nuclear (RMN) (Maldoni, 1991; García et al., 1995; Pardo et al., 2011; Mesa-Vanegas et al., 2015). (Mesa, 2019)

### **2.3. Actividad antioxidante**

Se define como antioxidante a toda sustancia que tiene la capacidad de retrasar o prevenir la oxidación de otras moléculas biológicas como proteínas, lípidos y ácidos nucleicos. El antioxidante al colisionar con el radical libre (RL), cede un electrón oxidándose y transformándose en un RL débil no tóxico (Trujillo, 2018).

Los antioxidantes tienen la capacidad de proteger las estructuras de la formación de radicales libres. Previenen el envejecimiento fisiológico general como en un amplio abanico de enfermedades (cardiovasculares, degenerativas, Alzheimer, Parkinson, entre otras enfermedades, tipos de cáncer) (Rioja, et al, 2018).

Uno de los métodos para determinar la capacidad antioxidante total (TAC) es mediante la capacidad de absorción del radical oxígeno (ORAC, siglas en inglés), utiliza la fluorescencia para realizar la cuantificación del poder por reducción del hierro, FRAP (siglas en inglés), se basa en la habilidad de los compuestos para reducir los complejos amarillos férricos a complejos azules ferrosos por la acción de electrón-donadora de los antioxidantes, la medida del complejo azul espectroscópicamente indica la capacidad reductora total. (Gordillo et al., s. f.)

#### **2.4. Contenido Polifenol**

Los componentes fenólicos son un grupo de sustancias no energéticas presentes en los alimentos de origen vegetal. Su capacidad para modular la actividad de diferentes enzimas y para interferir en distintos procesos celulares, puede deberse, al menos en parte, a las características fisicoquímicas de estos compuestos, que les permiten participar en distintas reacciones metabólicas celulares de óxido – reducción (Quiñones, 2012)

En la naturaleza existe una gran variedad de compuestos que presentan una estructura molecular caracterizada por la presencia de uno o varios anillos fenólicos; se originan principalmente en las plantas que lo sintetizan en gran cantidad como producto de su metabolismo secundario. Existen varias clases y subclases de polifenoles que se definen en función del número de anillos fenólicos y de los elementos estructurales que presentan los anillos; los principales grupos de polifenoles son: ácidos fenólicos, estilbenos, lignanos, alcoholes fenólicos y flavonoides.(Quiñones, 2012)

A los compuestos fenólicos también se los puede agrupar en flavonoides y no flavonoides, en el grupo de los flavonoides se encuentran: los flavonoles, flavonas, flavan-3-ols, isoflavonas, dehidroflavonoles, antocianinas y chalconas; mientras que en el grupo de los no flavonoides están: los ácidos hidroxibenzoicos, ácidos hidroxicinámicos, polifenoles volátiles, estilbenos y compuestos diversos (lignanos y cumarinas) (Valencia-Avilés et al., 2017)

#### **2.5. Perfil fitoquímico**

Permiten asilar e identificar metabolitos secundarios, en lo esencial de tipo fenólico como, flavonoides, antocianinas, taninos, entre otros, de los extractos de plantas

mediante solventes y reactivos óptimos. Los resultados estarán dados por las reacciones reportadas como (+) o (-) para el metabolito de que se trate (Plazas, 2015).

Los componentes que conforman el perfil fitoquímico son:

- **Compuestos grasos. Ensayo de Sudán III.**

El ensayo de Sudán permite reconocer en un extracto la presencia de compuestos grasos, para lo cual a la alícuota de la fracción en el solvente de extracción se le añade 1ml de una solución diluida en agua del colorante Sudán III. Calentar en baño de agua hasta evaporación del solvente, se considera positivo al aparecer gotas o una película coloreada de rojo.

Adicionar a una alícuota del extracto 2 mL de reactivo y calentar a baño maría por 5-10 minutos. Se considera positivo (+++) si la solución toma una tonalidad roja o apareció un precipitado rojo (Pujol, y otros, 2020).

- **Alcaloides. Ensayo de Dragendorff**

En una alícuota del extracto, añadir una gota de ácido clorhídrico concentrado, calentar suavemente, enfriar hasta que el pH sea ácido y añadir 3 gotas del reactivo de Dragendorff. Es positivos si hay Opalescencia (+), turbidez definida (++), precipitado (+++) (Pujol, y otros, 2020).

- **Agrupamiento lactónico. Ensayo de Baljet.**

Evaporar 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. Adicionar 1mL del resultado de la mezcla a los extractos (Dueñas, Castañeda, Martín, Ojito, & Guerra, 2020).

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

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

En el extracto añadir 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 (Lema, 2018).

Rosado a azul muy rápido (+++).

Verde intenso visible rápido (++)

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

- **Catequinas. Ensayo de Catequinas.**

Sobre el papel de filtro aplicar una gota de cada extracto y 1 gota de disolución de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sobre las manchas. La aparición de una mancha verde carmelita a la luz UV, indica positiva la prueba (Lema, 2018).

- **Resinas. Ensayo de Resinas**

En 2 mL de cada extracto adicionar 10 mL de agua. Si hay la aparición de un precipitado se considera positiva (Dueñas, Castañeda, Martín, Ojito, & Guerra, 2020).

- **Azúcares reductores. Ensayo de Fehling**

Evaporar el solvente de 1 mL del extracto etanólico. En 1-2 mL de agua disolver el residuo y adicionar 2 mL del reactivo de Fehling y calentar a baño maría.

Es positivo si la disolución se pigmenta de verde-naranja (+) o la aparición de un precipitado rojizo (+++) (Dueñas, et al, 2020).

- **Saponinas. Ensayo de Espuma.**

Diluir una determinada cantidad del extracto en 5 veces su volumen (agua), agitarlo por unos 5 minutos, el ensayo será positivo si se forma una espuma abundante que persista por más de dos minutos (Lema, 2018).

- **Compuestos fenólicos. Ensayo de Cloruro Férrico III.**

Evaporar el solvente de una alícuota del extracto y adicionar 3 gotas de una disolución de  $\text{FeCl}_3$  al 5%.

Es positivo (+++) si hay una pigmentación rojo-vino para compuestos fenólicos en general, verde intenso taninos pirocatecólicos y azul taninos pirogalotánicos (Pujol, et al, 2020).

- **Aminoácidos libres / aminos. Ensayo de Ninhidrina.**

Eliminado el solvente mezclar con 2 mL de la disolución de ninhidrina (2 %). Calentar en baño maria por 10 minutos. Se considera positivo si se desarrolla un color violáceo (Dueñas, et al, 2020).

- **Quinonas / benzoquinonas. Ensayo de Borntanger**

En 1 mL de cloroformo disolver el residuo del extracto evaporado el solvente, agregar 1 mL de hidróxido de sodio al 5% en agua, agitar y dejar reposar hasta la separación (Chacha, 2018).

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

- **Flavonoides. Ensayo de Shinoda**

Evaporar el solvente de la alícuota del extracto, disolverlo en 1 mL de HCl concentrado, añadir la cinta de magnesio metálico, esperar su reacción, añadir 1 mL de alcohol isoamílico, agitar y dejar reposar hasta que las fases se separen (Chacha, 2018).

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

- **Glucósidos cardiotónicos. Ensayo de Kedde**

Incorporar 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 dejar reposar por 5-10 minutos. Es positivo si hay una coloración violácea, persistente durante 1-2 horas (Dueñas, et al, 2020).

- **Mucílagos. Ensayo de mucílagos**

Enfriar el extracto a una temperatura de 0 C a 5C y observar toma una consistencia gelatinosa. Es positivo (+++) si la muestra una consistencia gelatinosa (Pujol, et al, 2020).

- **Principios amargos. Ensayo de principios amargos**

Catar el extracto acuoso y reconocer su sabor amargo.

## 2.6. Fundamentación del estado del arte

En el presente apartado se hace una revisión de investigaciones que hablan sobre la optimización de extractos. Con el fin de poner en evidencia que los extractos vegetales son una alternativa para la Industria Alimentaria.

En la investigación realizada por Núñez y su grupo de trabajo (2019) sobre la optimización del proceso de extracción de compuestos fenólicos de la angiosperma marina *Thalassia testudinum*. utilizaron el método de Box y Hunter y evaluaron el efecto de tres factores influyentes en la extracción de compuestos fenólicos (velocidad de agitación, relación material vegetal/% alcohol y concentración de etanol). Los resultados del diseño proporcionaron como condiciones óptimas en las variables estudiadas las siguientes: 1/11.5 p: v, 60% de EtOH y 800 r.p.m., alcanzando rendimiento de polifenoles totales, igual a 25.60 mg/g de extracto seco; superior a las restantes condiciones de extracción para un extracto bioactivo con potencialidades de uso en la industria farmacéutica o nutracéutica.

García y su equipo de investigación (2016) realizaron la optimización de las variables de extracción de flavonoides a partir de hojas de *Annona muricata* L. Para evaluar la influencia de parámetros operacionales de extracción en la obtención de flavonoides a partir de las hojas de *A. muricata*. La evaluación de las variables de operación la realizaron a partir de un diseño experimental de superficie respuesta compuesto central rotacional  $2^3$  con puntos estrellas, seleccionándose los intervalos entre 50 y 70 mL/g para la relación material vegetal-volumen de disolvente, entre 40 y 80 % la concentración de etanol y entre 2 y 3 h el tiempo de extracción. Se determinó la presencia de flavonoides y quercetina en los extractos obtenidos. La cuantificación de flavonoides totales se realizó por un método colorimétrico a 430 nm, expresado como quercetina. La condición óptima en la extracción de flavonoides totales se obtuvo a una concentración de etanol de un 96 %, una relación de 70 ml/g y un tiempo de 1,6 h. Las variables significativas resultaron los efectos cuadráticos de la relación material vegetal-volumen de disolvente y la concentración de etanol. Se seleccionaron las mejores condiciones de extracción en la obtención de un extracto a partir de hojas de guanábana con presencia de

flavonoides, a partir de las cuales se alcanzó un rendimiento del proceso de extracción de 87%.

Hernández, et al., (2020) en su investigación sobre la optimización del proceso de extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de Justicia *Spicigera Schltdl.* mediante la metodología de superficie de respuesta. Determinaron, a los extractos, el contenido fenólico total (método de Folin-Ciocalteu), actividad antioxidante (potencial antioxidante/reductor del hierro) y actividad secuestradora de radicales libres (método del radical libre 2,2-difenil-2-picrilhidrazil). El análisis de varianza (ANOVA) indicó que la concentración de agua en la mezcla del disolvente afecta de manera importante el rendimiento de los compuestos, así como la actividad antioxidante y antirradical. De acuerdo con la MSR, las condiciones óptimas para la extracción son 25% de agua en la mezcla del disolvente y un tiempo de sonicación de 16 minutos.

Luisetti, Lucero, y Ciappini (2020) en su estudio preliminar para optimizar la extracción de compuestos fenólicos bioactivos de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), aplicaron un diseño experimental de 3 variables a 3 niveles. Los factores fueron temperatura de secado (40, 60 y 80° C), relación Líquido/Sólido (20:1, 30:1 L/S) y concentración de etanol en el solvente (30, 50, 70% v/v). La cuantificación de los polifenoles fue realizada según el método de Folin-Ciocalteu, expresando los resultados como mg de ácido gálico equivalente (AGE)/100 g de quinoa (en base seca). Se obtuvieron resultados entre 179 y 229 mg de AGE /100 g de quinoa. Las predicciones del modelo se correlacionaron con los valores experimentales en un 93,62%. La relación L/S óptima fue 31:1 y la temperatura óptima fue de 54° C. Para la concentración de etanol en el solvente, la variable de mayor influencia en la extracción de compuestos fenólicos, el óptimo fue de 39%.

La investigación de la obtención de un extracto rico en antocianinas a partir de flor de majagua (*Talipariti elatum s.w.*). Realizada por Fernández y su grupo de investigación (2020) optimizaron el proceso de extracción en función del contenido total de polifenoles y antocianinas teniendo como factores el etanol (% v-v) y el tiempo de extracción. Las condiciones óptimas de extracción fueron un 79 % (v/v) de etanol y 12 H en el tiempo de extracción. El extracto hidroalcohólico optimizado

presentó contenidos de polifenoles totales y antocianinas de 12 034 mg ácido gálico/L y 10 mg/L. En el extracto optimizado identificaron metabolitos como: terpenos y esteroides, azúcares reductores, mucílagos, polifenoles (antocianinas, flavonoides y taninos).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Metodología**

En el siguiente capítulo se detalla el conjunto de procedimientos y técnicas que se aplicaron de manera ordenada y sistemática en la realización del estudio.

##### ***3.1.1. Tipos de investigación***

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizaron diferentes tipos de investigación que se detallan a continuación:

- **Investigación cuantitativa**

Se utilizó para el análisis de resultados experimentales que arrojan representaciones numéricas o estadísticas verificables. En base a los datos recogidos se pudo comprobar las hipótesis.

- **Investigación descriptiva**

Se empleó para realizar la investigación sin alterar o manipular ninguna de las variables del estudio, limitándose únicamente a la medición y descripción de las mismas.

- **Investigación experimental**

Para conocer los cambios que se dan en las variables dependiente al modificar las independientes, para obtener resultados representativos.

##### ***3.1.2. Técnicas***

Son el conjunto de procedimientos metodológicos y sistemáticos cuyo objetivo es garantizar la operatividad del proceso investigativo para resolver las preguntas. Las técnicas que se utilizaron fueron: la observación y el fichaje.

### **3.1.2.1. Observación**

Se utilizó con la finalidad de establecer una relación concreta e intensiva entre el investigador y el fenómeno de estudio. A través de la observación se recopiló la mayor cantidad de información para luego ser registrada para su posterior análisis

### **3.1.2.2. Fichaje**

El fichaje ayudó para registrar los datos obtenidos en el proceso de investigación.

## **3.2. Materiales**

Los materiales utilizados para la realización de la presente investigación se detallan a continuación:

### **Materiales de laboratorio**

- Matraz Erlenmeyer de vidrio 100 ml
- Matraz Erlenmeyer de vidrio 250 ml
- Matraz Aforado de t/plástico 100 ml
- Micropipeta 100µl
- Micropipeta 1000µl
- Pipeta de vidrio
- Piseta 500 ml plástica
- Punta 10 a 200µl puntas amarillas
- Matraz 50 ml aforado t/plástico
- Matraz 10 ml aforado t/plástico
- Vasos de precipitación (250 ml)
- Tubos de ensayo
- Gradillas
- Pinzas
- Goteros de plástico
- Papel filtro

### **Equipos**

- Espectrofotómetro GENESYS 20 Modelo 4001/4j
- Balanza Analítica
- Estufa marca Memmer, modelo Universal 30

## Reactivos

### Técnica FRAP

- FeCl
- Acetato de sodio
- Ácido acético
- Reactivo TPTZ
- Sal de Mohr
- Ácido clorhídrico

### Determinación de polifenoles

- Carbonato de sodio
- Folling
- Ácido gálico
- Etanol 99.8%
- Agua destilada

## 3.3. Metodología

La investigación se realizó en el Laboratorio de Microbiología de la Carrera de Agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ubicada en el Campus Salache.

### 3.3.1. Descripción del proceso de extracción hidroalcohólica del Eneldo

#### 3.3.1.1. Obtención de la materia prima:

La planta de eneldo (*Anethum graveolens*) se obtuvo en la provincia de Cotopaxi en el cantón Latacunga, parroquia San Buena Ventura en el barrio Bellavista. Se encuentra a una altitud de 2841 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas son 0°54'0" S y 78°36'0" W en formato DMS (grados, minutos, segundos) o -0.9 y -78.6 (en grados decimales) (Getamap, 2021).

#### 3.3.1.2. Selección y limpieza de la materia prima

Una vez que se realizó la recepción de la materia prima se sometió a un proceso de selección para que el eneldo esté en óptimas condiciones; que no presente grietas, alteraciones morfológicas, hongos, parásitos, manchas y posteriormente se sometió a un lavado en una solución de hipoclorito de sodio al 5% y agua destilada.

### **3.3.1.3. Secado**

Para no perder los compuestos bioactivos del eneldo fue secado en bandejas de aluminio a 40°C por 48 horas en una estufa de aire forzado hasta alcanzar una humedad del 8%.

### **3.3.1.4. Molido**

La planta seca de eneldo fue triturada en un molino manual (corona), la droga obtenida fue guardada en bolsas ziploc eliminando la mayor cantidad de aire posible y almacenadas en un lugar oscuro para mantener los compuestos bioactivos de la planta.

### **3.3.1.5. Análisis del perfil fitoquímico del eneldo**

Permitió identificar metabolitos secundarios, de los extractos de plantas mediante solventes y reactivos óptimos.

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

Para determinar el perfil fitoquímico se analizaron los siguientes compuestos:

- **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

- **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 (+++).

- **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 (++) .

- **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 (+)

- **Catequinas. Ensayo de Catequinas.**

Sobre el papel de filtro se aplicó una gota de cada extracto y 1 gota de disolución de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sobre las manchas. La aparición de una mancha verde carmelita a la luz UV, indica positiva la prueba.

- **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.

- **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 (+++).

- **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.

- **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  $\text{FeCl}_3$  al 5%. Es positivo (+++) si hay una pigmentación rojo-vino para compuestos fenólicos en general, verde intenso taninos pirocatecólicos y azul taninos pirogalotánicos.

- **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.

- **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

- **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.

- **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.

- **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.

- **Principios amargos. Ensayo de principios amargos**

Se cató el extracto acuoso y se reconoció su sabor amargo.

### **3.3.1.6. Extracción hidroalcohólica**

Para realizar el proceso de la extracción hidroalcohólica del eneldo se utilizó 1g de la droga cruda de eneldo para la elaboración de cada corrida experimental a

diferentes condiciones de concentración de etanol, tiempo y temperatura de extracción que se reportan en la Tabla 5 para su posterior análisis en base al contenido de polifenoles y actividad antioxidante.

**Tabla 5** *Variables de estudio*

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

**Elaborado por:** Autor (Silva; 2021)

### 3.3.1.7. Obtención del extracto

Los extractos se obtuvieron por maceración en el intervalo establecidos por Design expert para cada corrida, los residuos fueron eliminados por una bomba al vacío.

### 3.3.1.8. 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:

$$AAT = \frac{(A - a)}{b \times V \times fd} \times P.M. \quad \text{Ecuación 1}$$

**Donde:**

**AAT:** Actividad antioxidante total.

**A:** Absorbancia del extracto.

**a:** Intercepto 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.

### 3.3.1.9. Determinación del contenido de polifenoles totales

Los compuestos fenólicos se cuantificaron de acuerdo al método descrito por Slinkard y Singleton (1997) utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu. La preparación de la muestra consistió en tomar 2g del extracto homogenizado y centrifugada durante 10min a 3500min<sup>-1</sup>. Del sobrenadante obtenido se tomó 1mL y se disolvió convenientemente para la determinación. Se mezclaron 50µl de la muestra con 2,5mL de disolución acuosa de Folin-Ciocalteu diluida 1:10. La mezcla fue agitado 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:

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

Donde:

**CF:** Contenido de polifenoles totales.

**A:** Absorbancia.

**a:** Intercepto de la curva de calibración.

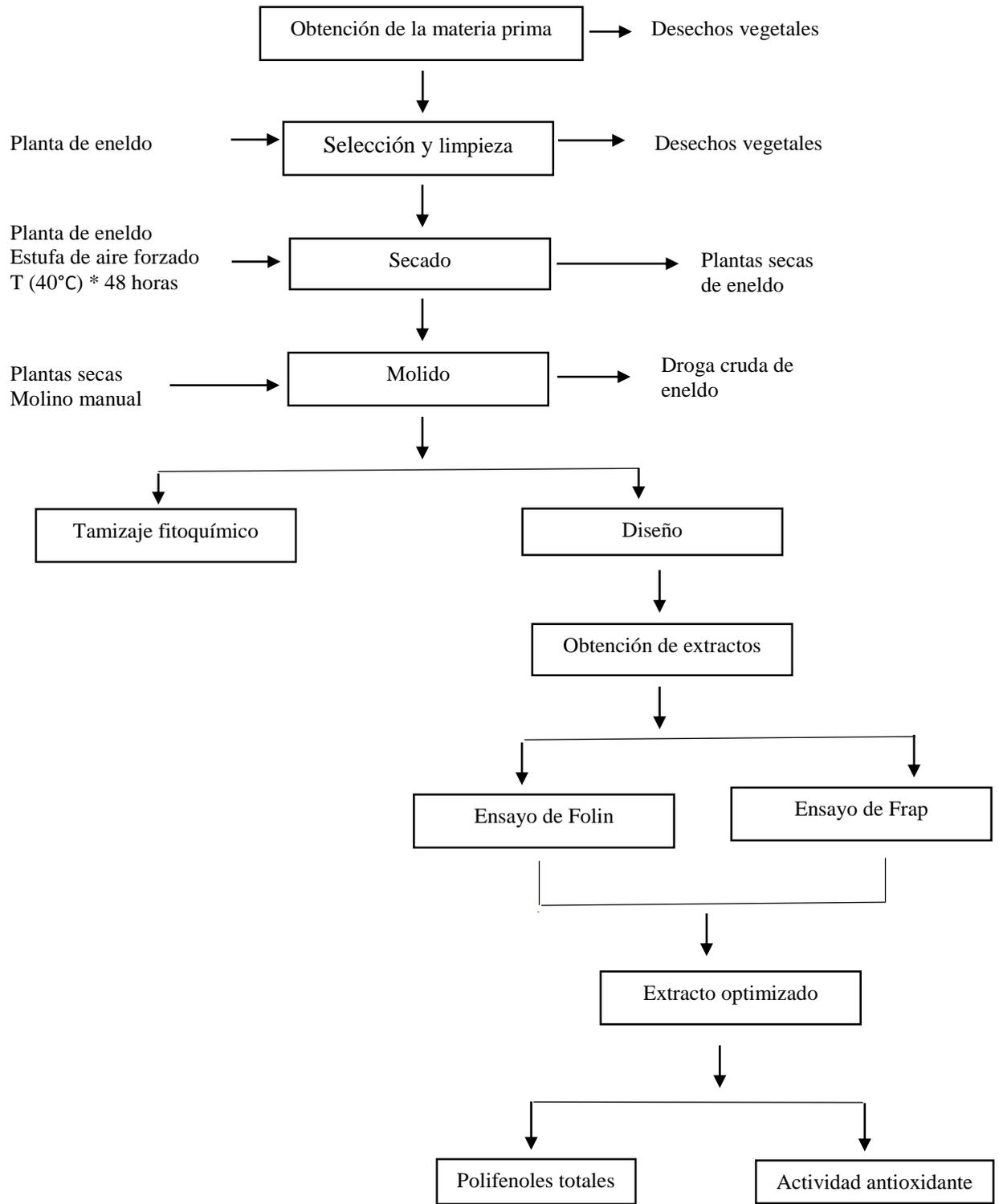
**b:** Pendiente de la curva de calibración.

**V:** Volumen total del extracto (mL).

**fd:** Factor de dilución de la muestra.

**PM:** Masa de la muestra

3.3.2. Diagrama de flujo de la extracción hidroalcohólica del eneldo.



Elaborado por: Autor (Silva; 2021)

### 3.3.3. Presupuesto

**Tabla 6** Presupuesto de la investigación.

<b>PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO</b>				
<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>H. uso</b>	<b>Valor Unitario \$</b>	<b>Depreciación de 120 días</b>
<b>Equipos</b>				
Estufa	1	120	0,0934	11,21
Balanza analítica	1	30	0,2461	7,38
Espectrofotómetro	1	30	0,1762	5,29
Incubadora	1	120	0,1370	16,44
Baño María	1	20	0,0695	1,40
				41,72
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unitario\$</b>	<b>Valor Total\$</b>
<b>Materiales y suministros</b>				
Matraz Erlenmeyer 100 ml de vidrio	15	U	2,20	33,00
Matraz Erlenmeyer 250 ml de vidrio	12	U	2,98	35,76
Matraz aforado 100ml t/plástico	3	U	6,05	18,15
Micropipeta 100 µl	1	U	85,00	85,00
Pipeta 10 ml	4	U	3,57	14,28
Piseta plástica 500ml	1	U	2,55	2,55
Micropipeta de 1000 µl paquete	1	U	20,00	20,00
Punta 10 a 200 µl con caja porta puntas amarillas	1	U	20,50	20,50
Matraz aforado 50 ml t/plástico	4	U	7,30	29,2
Matraz aforado 10 ml t/plástico	2	U	5,05	10,10
Vasos de precipitación 250 ml	3	U	3,00	9,00
Papel aluminio	1	U	2,25	2,25
Limpión industrial	1	M	3,13	3,13
Alcohol antiséptico	1	L	3,23	3,23
Agua destilada	2	L	1,50	3,00
Jabón líquido	1	L	1,75	1,75
				290,90
<b>Reactivos</b>				
Etanol	12	L	10	120
TPTZ 3g	1	G	450	450
Carbonato de sodio	1	G	65	65
Folin-Ciocalteu	1	MI	147	145
Ácido Gálico	1	G	135	135
				915

<b>Material Bibliográfico y fotocopias.</b>				
Esferos.	2	U	0,40	0,80
Impresiones.	180	U	0,2	3,60
Computadora	1	U	835	835
				839,40
<b>Gastos varios</b>				
Internet	810	Horas	0,10	81
Combustible	26	Días	10,00	260
Alimentación	10	Días	3,00	30
				371
<b>Materia prima</b>				
Eneldo	10	Kg	0.80	8
				8
<b>TOTAL</b>				2466,02

**Elaborado por:** Autora (Silva; 2021)

### 3.4. Investigación experimental

#### 3.4.1. Diseño experimental

Para el diseño experimental se utilizó el programa Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.). Se empleó el método superficie de respuesta para una optimización numérica a través de un diseño lineal, se generó un modelo matemático que describe los cambios en las variables de cada extracto.

#### 3.4.2. Factores de estudio

El software arrojó 17 corridas (Tabla 7) con diferente concentración de etanol (A), tiempo (B) y temperatura de extracción (C), obteniendo como variables respuesta el rendimiento de los parámetros del modelo codificado para la cantidad de polifenoles totales y del poder antioxidante reductor de hierro.

**Tabla 7** Representación de las corridas experimentales

Corridas	Temperatura(°C)	Tiempo (h)	Concentración etanol (%)
1	45	24	90
2	60	24	75
3	45	15	75
4	60	15	60
5	45	15	75
6	45	6	60
7	45	15	75
8	45	6	90
9	60	15	90
10	45	15	75
11	30	6	75
12	30	15	60
13	45	24	60
14	45	15	75
15	30	15	90
16	60	6	75
17	30	24	75

**Elaborado por:** Autora (Silva; 2021)

## CAPÍTULO IV

### APLICACIÓN Y / O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

#### 4.1. Resultados

Los resultados obtenidos de la investigación realizada se exponen a continuación.

##### 4.1.1. Perfil fitoquímico

En la tabla 8 se presentan los resultados obtenidos en el tamizaje fitoquímico mediante ensayos cualitativos de los extractos etéreos, etanólicos y acuosos del eneldo, que pueden ser de interés farmacológico, industrial y estético.

**Tabla 8** Perfil fitoquímico.

Metabolitos secundarios	Ensayo	Extracto etéreo	Extracto etanólico	Extracto acuoso
Compuestos grasos	<i>Sudan</i>	+++		
Alcaloides	<i>Dragendorff</i>	-	+	-
Agrupamiento lactónico	<i>Baljet</i>	++	-	
Triterpenos / esteroides	<i>Lieberman B.</i>	+++	-	
Catequinas	<i>Catequinas</i>		+/-	
Resinas	<i>Resinas</i>		-	
Azúcares reductores	<i>Fehling</i>		-	-
Saponinas	<i>Espuma</i>		++	-
Compuestos fenólicos	<i>Cloruro férrico (III)</i>		+++	+++
Aminoácidos libres / aminas	<i>Nihidrina</i>		-	
Quinonas / benzoquinonas	<i>Borntrager</i>		++	
Flavonoides	<i>Shinoda</i>		++	+++
Glucósidos cardiotónicos	<i>Kedde</i>		-	
Mucílagos	<i>Mucílagos</i>			+++
Principios amargos	<i>Principios amargos</i>			+++

+: Presencia    +/-: Regular    -: Ausencia

**Elaborado por:** Autora (Silva; 2021)

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede observar la presencia de metabolitos secundarios en el eneldo (*Anethum graveolens*); 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. El extracto acuoso contiene compuestos fenólicos, flavonoides, mucílagos y principios amargos.

Opalescencia (+) en el extracto etanólico para el ensayo de Dragendorff. Los compuestos fenólicos en el ensayo del cloruro férrico son derivados del pirocatecol (la coloración fue verde intensa y oscura) tanto en el extracto hidroalcohólico como en el acuoso.

Existió mayor presencia de metabolitos secundarios como taninos y flavonoides en el tamizaje fitoquímico del Tomillo (*Thymus vulgaris L.*) obtenido en un extracto etanólico al 96%, resultados obtenidos en el estudio realizado por (Bach.Huisa, 2020) “Tamizaje fitoquímico y capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de hojas y tallos de *Thymus vulgaris L.* (Tomillo), Arequipa-2020”.

El perfil fitoquímico permitió detectar la presencia de los metabolitos secundarios de interés para la investigación como los compuestos fenólicos y flavonoides que fueron cuantificados en el análisis del contenido de polifenoles totales.

#### **4.1.2. Matriz experimental**

La tabla 9 muestra las corridas con mayor actividad antioxidante y contenido de polifenoles totales de acuerdo a los factores de estudio (concentración de alcohol, tiempo y temperatura de extracción) presentes en el eneldo (*Anethum graveolens*), el mejor tratamiento en relación a la actividad antioxidante se dio a una temperatura de 60 °C, 15 horas y a una concentración de etanol del 90% con un contenido de 420,13  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ ; en relación al contenido de polifenoles totales el mejor tratamiento fue a una temperatura de 60 °C, 15 horas y a una concentración de alcohol del 90% con un contenido de 12,23 mg GAE/g.

Los datos obtenidos en relación a la actividad antioxidante y al contenido de polifenoles totales en el Eneldo fueron altos en relación a la investigación Actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico de cuatro plantas medicinales y estimulación de la proliferación de fibroblastos de (Gutiérrez et al., 2010); utiliza

cuatro plantas para el estudio que fueron; achiote (*Bixa orellana*) con un contenido de 3,9 g ácido gálico/100 g de polifenoles totales y una capacidad antioxidante de 1,38 mM/100 g de peso seco, asmachilca (*Eupatorium triplenerve*) con un contenido de 2,3 g ácido gálico/100 g y una actividad enzimática de 0,2 mM/100 g peso seco, aguaymanto (*Physalis peruviana*) con un contenido de polifenoles de 0,69 g ácido gálico/100 g y una actividad enzimática de 0,795 mM/100g de peso seco y cola de caballo (*Equisetum arvense*) con un contenido de polifenoles de 0,64 g ácido gálico/100 g y una actividad antioxidante de 0,102 mM/100 g peso seco.

En la investigación “Estudio de la actividad antioxidante de diversas plantas aromáticas y/o comestibles” (Gallegos, 2016); determinó la concentración de polifenoles totales, el extracto de hojas tomillo tuvo un contenido de polifenoles de 334±18,4 mg GAE/g de extracto liofilizado; con relación al contenido de polifenoles en el eneldo es alto.

**Tabla 9** *Matriz experimental para la evaluación de polifenoles y actividad antioxidante de la planta de eneldo.*

Corridas	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Etanol (%)	Actividad antioxidante (μmol Fe2+/ g)	Polifenoles totales (mg GAE/g)
1	45	24	90	380,14	11,01
2	60	24	75	410,23	11,12
3	45	15	75	360,67	9,12
4	60	15	60	383,23	8,09
5	45	15	75	362,34	8,56
6	45	6	60	312,45	8,25
7	45	15	75	359,12	10,87
8	45	6	90	382,34	10,56
9	60	15	90	420,13	12,23
10	45	15	75	358,9	9,01
11	30	6	75	320,22	6,12
12	30	15	60	300,23	4,23
13	45	24	60	311,76	8,32
14	45	15	75	361,56	7,34
15	30	15	90	354,65	9,23
16	60	6	75	408,13	11,89
17	30	24	75	323,12	6,76

Elaborado por: Autora (Silva; 2021)

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

En la Tabla 10 se observa que es significativo el modelo lineal para el contenido de polifenoles totales, también indica que la relación de temperatura y concentración

de etanol son determinantes para el estudio. El análisis de varianza indica que el valor de F es significativo (20,23), por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, en la cual se afirma que los diferentes factores de estudio si influyen en el proceso de extracción hidroalcohólica a partir del eneldo en función del contenido de polifenoles totales.

El coeficiente de regresión  $R^2$  expresa que el modelo ajustado es de 82,3% de la variación en el contenido de polifenoles totales, con un 95,0%, del nivel de confianza, esto indica que hay una conexión importante entre las variables dependientes del modelo con la concentración de etanol y temperatura de extracción.

Conforme a los resultados visibles en la tabla 10, la relación entre la concentración de etanol y temperatura de extracción (CPF y TEE) es significativa ( $p \leq 0,01$ ), mientras que el tiempo de extracción no es significativo (TIE).

La variabilidad de los coeficientes de la concentración de etanol y temperatura de extracción estarán relacionados directamente en la determinación del contenido de polifenoles.

**Tabla 10** *Parámetros del modelo codificado de la cantidad de polifenoles totales.*

<b>Indicador</b>	<b>Polifenoles totales (mg GAE/g)</b>
Intercepto	8,98
$X_{CPF}$	1,77*
$X_{TIE}$	0,049
$X_{TEE}$	2,12*
$R^2$	0,823
$R^2$ ajustado	0,783
$R^2$ predicho	0,715
F modelo	20,23*
F falta de ajuste	0,46
Precisión adecuada	15,99

CPF: concentración de etanol

TIE: tiempo de extracción

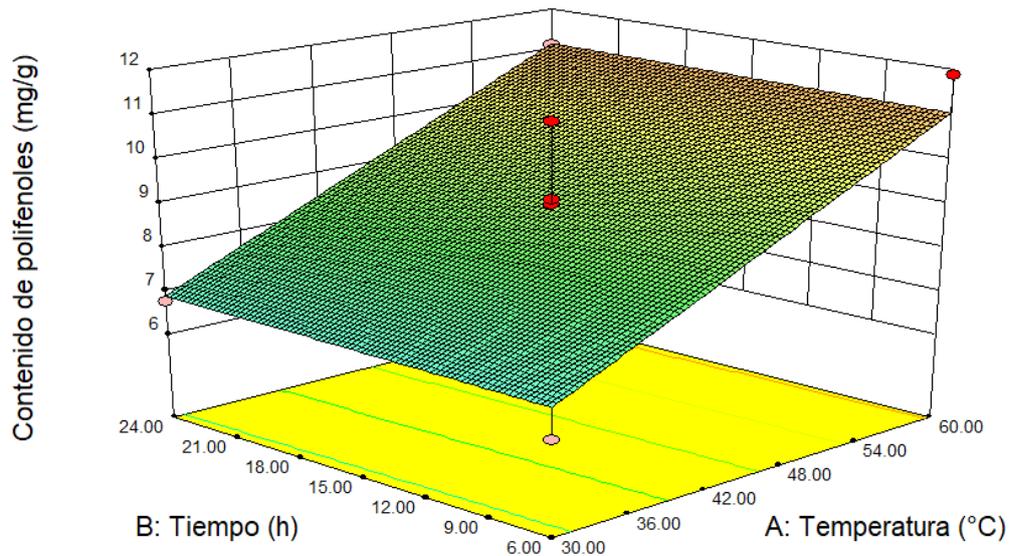
TEE: temperatura de extracción

\*Valor significativo para  $p \leq 0,01$

**Elaborado por:** Autora (Silva; 2021)

La gráfica 1 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.

**Gráfica 1** *Contenido de polifenoles totales*



Elaborado por: Autora (Silva; 2021)

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

En la Tabla 11 se observa que es significativo el modelo lineal para la actividad antioxidante del eneldo, también indica que la relación de temperatura y concentración de etanol son determinantes para el estudio. El análisis de varianza indica que el valor de F es significativo (62,51), por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, en la cual se afirma que los diferentes factores de estudio si influyen en el proceso de extracción hidroalcohólica a partir del eneldo en función a la capacidad antioxidante.

El coeficiente de regresión  $R^2$  expresa que el modelo ajustado es de 93,5% de la variación en el contenido de polifenoles totales, con un 95,0%, del nivel de confianza, esto indica que hay una conexión importante entre las variables dependientes del modelo con la concentración de etanol y temperatura de extracción.

Conforme a los resultados visibles en la tabla 11, la relación entre la concentración de etanol y temperatura de extracción (CPF y TEE) es significativa ( $p \leq 0,01$ ), mientras que el tiempo de extracción no es significativo (TIE).

La variabilidad de los coeficientes de la concentración de etanol y temperatura de extracción estarán relacionados directamente en la determinación del poder antioxidante reductor hierro.

**Tabla 11** *Parámetros del modelo codificado del poder antioxidante reductor del hierro.*

<b>Indicador</b>	<b><i>Poder antioxidante reductor del hierro</i></b> <b>(<math>\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}</math>)</b>
Intercepto	359,37
X <sub>CPF</sub>	28,70*
X <sub>TIE</sub>	0,26
X <sub>TEE</sub>	40,44*
R <sup>2</sup>	0,935
R <sup>2</sup> ajustado	0,920
R <sup>2</sup> predicho	0,865
F modelo	62,51*
F falta de ajuste	68,99
Precisión adecuada	27,83

CPF: concentración de etanol

TIE: tiempo de extracción

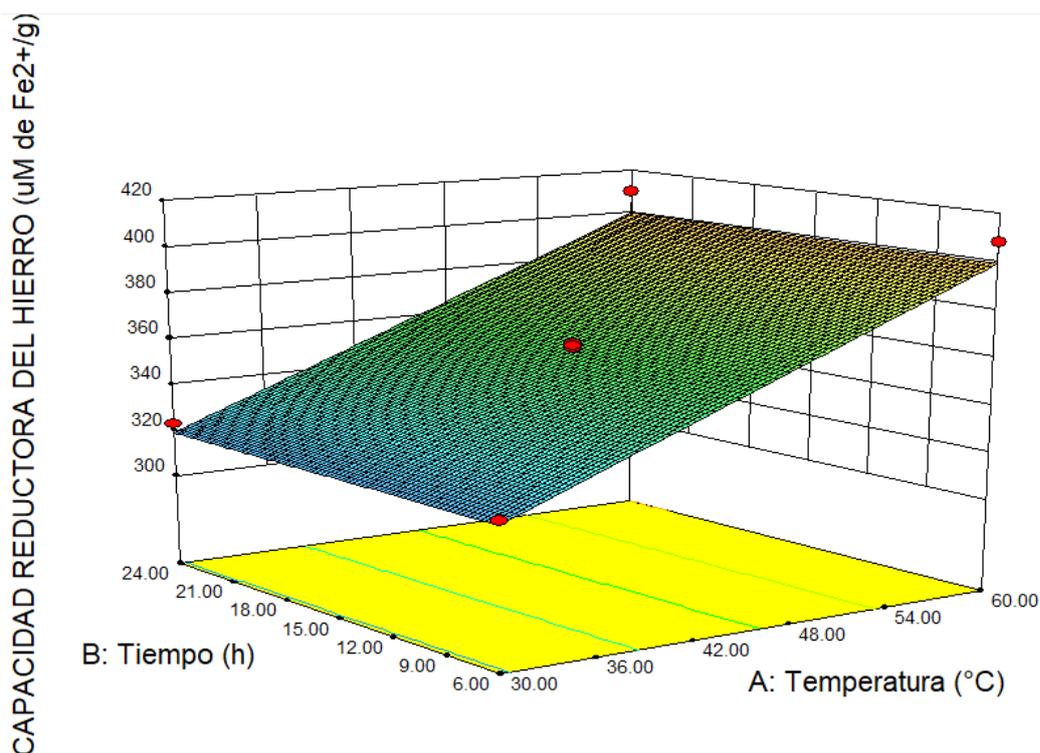
TEE: temperatura de extracción

\*Valor significativo para  $p \leq 0,01$

**Elaborado por:** Autora (Silva; 2021)

La gráfica 2 demuestra 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.

**Gráfica 2** Contenido del poder antioxidante reductor del hierro.



Elaborado por: Autora (Silva; 2021)

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

Para el rendimiento de polifenoles totales y poder antioxidante reductor hierro, presentes en la droga cruda de eneldo se optimizó numéricamente la extracción bajo condiciones de concentración de etanol, tiempo y temperatura (variables independientes). Con la finalidad de superar los datos arrojados por el programa en la concentración de metabolitos.

Desde el punto de vista estadístico la corrida de mayor significancia es la respuesta que predice el valor de las variables dependientes (tabla 12).

**Tabla 12** Optimización numérica del proceso de extracción hidroalcohólico de la droga cruda de eneldo.

Número	Temperatura	Tiempo	Concentración de etanol	Polifenoles	FRAP	
1	58,36	7,77	89,50	12,5441	422,916	1
2	58,83	23,26	87,94	12,5116	421,667	1

Elaborado por: Autora (Silva; 2021)

La tabla 13 muestra los valores experimentales del contenido de polifenoles totales es de 12,9812 mg GAE/g y el poder antioxidante reductor del hierro de 423,998  $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$ , fueron altos a los predichos arrojados por el programa Design expert.

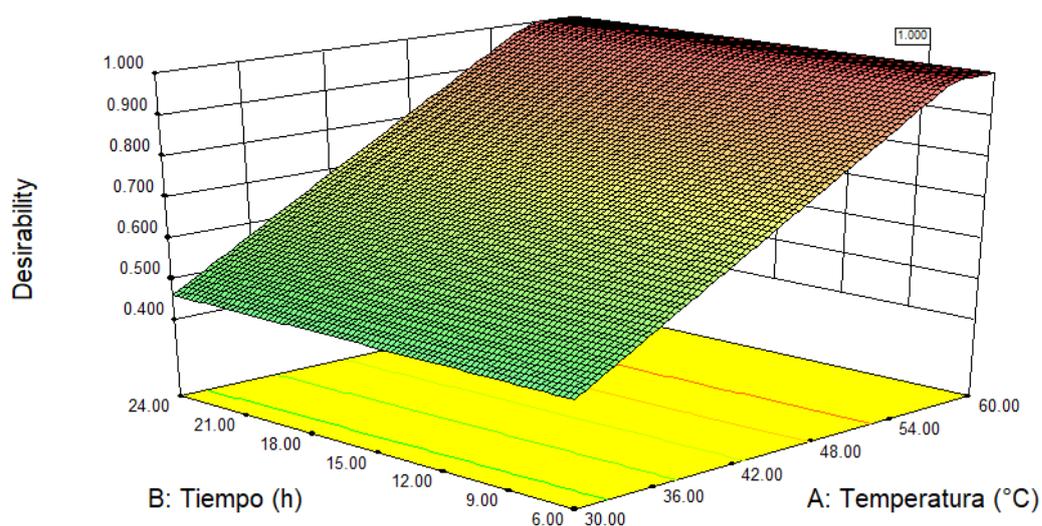
**Tabla 13** *Valores óptimos predichos y experimentales, obtenidos con las restricciones definidas en el proceso de optimización.*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor predicho</b>	<b>Valor experimental</b>
Polifenoles (mg GAE/g)	12,5441	12,9812
Capacidad antioxidante ( $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$ )	422,916	423,998

**Elaborado por:** Autora (Silva; 2021)

Después que se definió un buen ajuste y adecuación del modelo, se optimizó la concentración de etanol, temperatura y tiempo de extracción. La gráfica 3 evidencia la optimización de los factores de investigación como respuesta obtenida. Las condiciones óptimo arrojadas por el programa Design expert es una concentración de etanol de 89,50%, el tiempo es 7,77 h, la temperatura es 58,36 °C y una deseabilidad de 1. El contenido total de polifenoles es 12,9812 mg GAE / g y 423,998  $\mu\text{molFe}^{2+} / \text{g}$  del poder antioxidante reductor del hierro de lo que hace relación a los picos más altos en la gráfica.

**Gráfica 3** *Relación del optimizado.*



**Elaborado por:** Autora (Silva; 2021)

#### 4.1.6. Caracterización del extracto optimizado

**Tabla 14** Caracterización del extracto optimizado.

Parámetros		Unidad	Extracto etanólico
Características sensoriales	Color	-	Verde oscuro
	Olor	-	Característico
	Aspecto	-	Opaco
	Homogeneidad	-	Si
Características fisicoquímicas	Antioxidante reductor de Fe	$\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$	423,998
	Polifenoles	mg GAE/g	12,9812
	pH	-	5,4

Elaborado por: Autora (Silva; 2021)

En la tabla 14 se puede apreciar los parámetros evaluados al extracto optimizado de eneldo, en las características sensoriales se encontró un color verde oscuro, con un aroma característico de un aspecto opaco y homogéneo.

Las características fisicoquímicas arrojaron 423,998  $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$  del antioxidante reductor de hierro y un contenido de polifenoles de 12,9812 mg GAE/g y un pH de 5,4.

## 4.2. Discusión

En la actualidad, las propiedades de las plantas están siendo estudiadas por todos los aportes que puede proporcionar a la sociedad de manera industrial.

En el presente estudio se realizó sobre la optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del eneldo (*Anethum graveolens*) en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante.

Según Mena, et al., (2016) el secado es importante en el tratamiento de las drogas vegetales debido a que el agua demasía puede ocasionar crecimiento microbiano, presencia de hongos o insectos y deterioro de la droga, seguido de la hidrólisis de los principios activos. Por esa razón el eneldo fue secado en una estufa de aire forzado a 40°C para evitar que se volatilicen sus compuestos bioactivos.

El análisis fitoquímico de los extractos de eneldo reveló la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides, quinonas / benzoquinonas, saponinas, alcaloides, catequinas, mucílagos, principios amargos, compuestos grasos, triterpenos / esteroides y agrupamiento lactónico. La presencia de compuestos bioactivos ha sido reportada en otras familias de plantas como Estudio fitoquímico cualitativo preliminar y cuantificación de flavonoides y taninos del extracto etanólico de hojas de *Desmodium vargasianum* Schubert (Rengifo, 2018). No sé a encontrado estudios actuales sobre la familia umbelíferas.

La metodología de superficie de respuesta (MSR) representa una técnica de optimización con la finalidad de hacer eficientes los tratamientos de un proceso. La gráfica 1 y 2 muestra la presencia de los compuestos químicos del eneldo. Para el optimizado que se muestra en la gráfica 3 se lo debe realizar a condiciones de concentración de 89,50 % de etanol, con un tiempo de extracción de 7,77 horas y una temperatura de 58,36 °C, en la corrida experimental se obtuvo mayor cantidad de polifenoles totales y actividad antioxidante reductor de hierro.

El eneldo a pesar de ser una planta codiciada desde la antigüedad, no tiene estudios en los que se especifique o determine los parámetros máximos y mínimos que se obtendrá del tamizaje fitoquímico, contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante. Se sabe que el clima, la tierra en la que crezca la planta va a influir en el contenido de sus propiedades bioactivas.

### 4.3. Evaluación de expertos

#### 4.3.1. Aval del Experto

#### AVAL DEL EXPERTO

En calidad de Experto del Trabajo de Titulación **“Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del eneldo (*Anethum graveolens*) en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante”**, elaborado por la Ingeniera Silva Paredes Jeny Mariana aspirante al título de **Magíster en Agroindustria mención Tecnología de Alimentos**.

#### CERTIFICO

Que el trabajo de investigación reúne los requisitos suficientes y necesarios para ser considerados válidos y confiables, por tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos que se plantean en la investigación.

Latacunga, 06 de enero del 2022

Cordialmente,



Quim. Gustavo José Sandoval Cañas Mg.  
**DOCENTE INVESTIGADOR UTC**  
CI. 171369753-8  
Correo: [gustavo.sandoval7538@utc.edu.ec](mailto:gustavo.sandoval7538@utc.edu.ec)  
Telf. 0998030813

#### 4.3.2. Aval del usuario

### AVAL DEL USUARIO

Yo, **Marco Antonio Rivera Moreno** en calidad de **Director del Proyecto de Granos Andinos** en la Universidad Técnica de Cotopaxi experiencia que he adquirido durante **once años como Docente Investigador**, certifico que el proyecto de titulación con el tema: **“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN HIDROALCOHÓLICA A PARTIR DEL ENELDO (*Anethum graveolens*) EN FUNCIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE”** de la Ing. Silva Paredes Jeny Mariana, estudiante del programa de Maestría en Agroindustria: Mención Tecnología en alimentos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, cumple con los parámetros científicos abordados en la investigación los mismos que muestran interés y será beneficioso tanto para la industria alimentaria como para el público en general, es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad.

Para cuyo efecto reconozco y acepto las disposiciones establecidas en las reglamentaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, 06 de enero 2021

Atentamente,



Ing. Marco Antonio Rivera Moreno

**DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRANOS ANDINOS DE LA UTC**

C.I. 050151895-5

#### **4.4. Evaluación de impactos o resultados**

##### ***4.4.1. Técnicos***

En la agroindustria el eneldo puede ser de gran potencial por su composición de metabolitos, abre nuevas oportunidades para reemplazar los aditivos alimentarios sintéticos por naturales, mejorando la calidad de los productos.

##### ***4.4.2. Sociales***

La presente investigación permitirá conocer los compuestos químicos del eneldo. Comercialmente es positivo, posibilita la elaboración de productos innovadores o funcionales que satisfagan las necesidades de los consumidores.

##### ***4.4.3. Ambientales***

Por los principios bioactivos de los extractos pueden ser una alternativa para sustituir productos sintetizados, debido a que se degradan con facilidad y son menos tóxicos para la salud.

#### **4.5. Propuesta de las aplicaciones industriales del extracto hidroalcohólico de eneldo (*Anethum graveolens*) en la industria alimentaria.**

##### **Introducción**

Las exigencias de la alimentación, en la actualidad, se han incrementado respecto a la calidad (organoléptica, microbiológica y nutricional), así como la demanda de productos de carácter funcional debido a que mejoran la salud y/o previenen ciertas enfermedades.

Actualmente, existe una gran demanda de alimentos naturales con ingredientes que además de aportar nutrientes, ayude a mejorar la salud.

Los antioxidantes son compuestos químicos que el cuerpo humano utiliza para eliminar radicales libres, que son sustancias químicas muy reactivas que introducen oxígeno en las células y producen la oxidación de sus diferentes partes, alteraciones en el ADN y cambios diversos que aceleran el envejecimiento del cuerpo.

Los polifenoles son compuestos antioxidantes que constituyen un gran grupo de fitoquímicos que incluyen múltiples sub-clasificaciones como los flavonoides, estilbenos, ácidos fenólicos, cumarinas, lignanos y taninos. Estos no se identifican como nutrientes esenciales, pero se les atribuye efectos positivos sobre la salud de las personas, debido a su actividad antioxidante.

De acuerdo con lo anterior, es importante que como producto final de la presente investigación la autora presente la siguiente propuesta encaminada a la relevancia de la aplicación de los resultados obtenidos, entre los cuales; dentro del perfil fitoquímico se determinó la presencia de metabolitos secundarios; en el extracto etéreo existe la presencia de compuestos grasos, triterpenos / esteroides y agrupamiento lactónico; en el extracto etanólico se obtuvo la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides, quinonas / benzoquinonas, saponinas, alcaloides y catequinas, en el extracto acuoso contiene compuestos fenólicos, flavonoides, mucílagos y principios amargos.

El extracto optimizado hidroalcohólico de eneldo (*Anethum graveolens*) tiene una actividad antioxidante de 423,998 ( $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ ) y un contenido de polifenoles totales de 12,9812 (mg GAE/g) que se obtuvo en una extracción hidroalcohólica a 58,36°C, 7,77 horas y a una concentración de alcohol del 89,50%.

Con los resultados antes expuestos se puede establecer múltiples aplicaciones encaminadas a la elaboración de productos alimenticios funcionales, es decir que, a más de constituir un alimento de calidad, también contribuyen con la salud y bienestar de las personas; además, se pueden establecer aplicaciones en la elaboración de productos no alimenticios.

Finalmente, la autora de la investigación pone al servicio de los investigadores este estudio de mucha actualidad, para que a futuro pueda servir como un antecedente para futuras investigaciones.

### **Contenido de la propuesta**

A continuación, se expone algunos de los posibles usos que se le puede dar al extracto hidroalcohólico de eneldo (*Anethum graveolens*) en la industria alimentaria:

#### **- Microencapsulación**

La microencapsulación es un proceso en el que un compuesto de interés es atrapado en un agente encapsulante; las microcápsulas ayudan a crear una barrera funcional y protectora del núcleo de factores como calor y humedad, permitiendo mantener su estabilidad, viabilidad y valor nutritivo.

La microcápsula más simple posee una estructura que está compuesta de dos elementos, el material activo y una delgada pared que envuelve al primero.

Las microcápsulas deben ser caracterizadas y controladas de acuerdo a ensayos que aseguren la calidad y homogeneidad, así como su comportamiento en la liberación del material activo. Los ensayos característicos que se suelen realizar a las microcápsulas son:

Características morfológicas, tamaño de partícula, estructura interna, densidad.

Rendimiento de producción.

Eficacia de la encapsulación y contenido de material activo.

Estudio de liberación del material activo.

Estado físico e interacciones polímero-material activo.

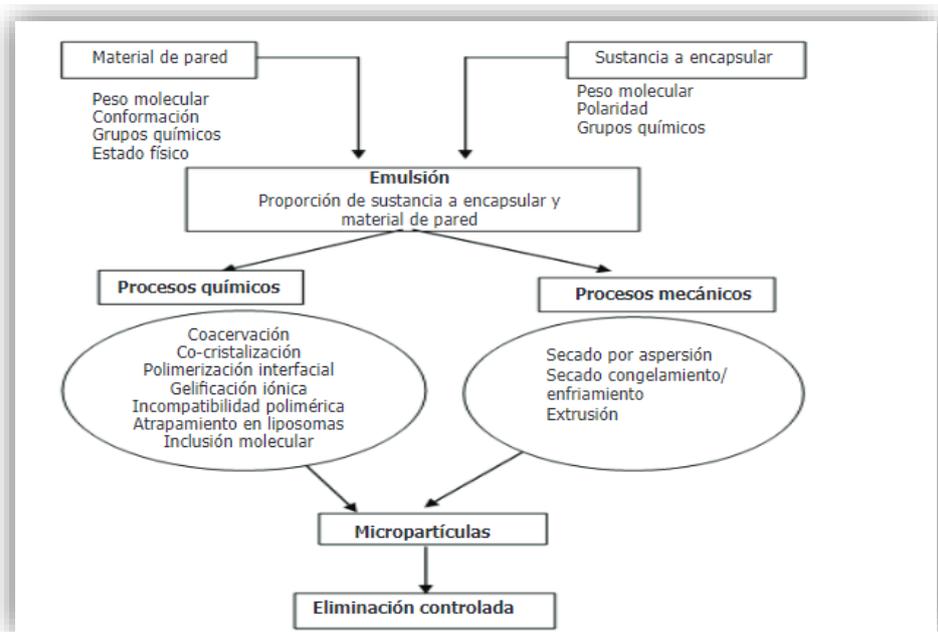
La encapsulación es una tecnología que puede ser una estrategia para mejorar la estabilidad de los polifenoles y extender su vida útil. Existen diferentes técnicas que se utilizan para la encapsulación de polifenoles, tales como fase dispersa en aceite

– Secado por atomización, emulsión, doble emulsión, extrusión,

emulsificación/gelificación térmica, síntesis de microgel, secado en frío, extracción con fluido supercrítico, extrusión electrostática, absorción, entre otros.

El secado por atomización es el método más utilizado en la industria de alimentos, tiene la ventaja de convertir un líquido en polvo con baja humedad, lo cual simplifica el transporte, manejo y almacenamiento del producto final con calidad microbiológica.

**Ilustración 1** Esquemática de los diferentes procesos de microencapsulación



Fuente: (Parra, 2011)

- **Uso del antioxidante natural de eneldo para prolongar la vida útil de la carne y productos cárnicos.**

Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas. Los antioxidantes se agregan a un alimento para proteger la fracción lipídica; en algunos casos pueden proteger los pigmentos relacionados con la coloración de los alimentos. Hay que tomar en cuenta que los antioxidantes no deben cambiar las características del alimento, tales como su sabor, color, olor.

La oxidación en los alimentos comprende tres períodos:

1. Período de latencia o iniciación, existe una evidencia clara del periodo de oxidación en que se puede detectar a simple vista que un alimento se está

oxidando. Por un lado, se produce una captación de los rayos ultravioleta de la luz o simplemente del calor, por parte de las grasas contenidas en los alimentos, formándose radicales libres a partir de los ácidos grasos.

2. Período de propagación, los radicales libres aceleran el proceso de oxidación; se caracteriza por una cierta acumulación de peróxidos lipídicos. Es la etapa de oxidación de los ácidos grasos insaturados.
3. Período de terminación, el proceso de oxidación continúa mientras queden grasas por oxidarse, produciéndose a su vez algunas sustancias que generan ese olor a rancio característico. En esta etapa los radicales libres provenientes de la descomposición de hidroxiperóxidos, se asocian para formar productos no – radicales (aldehídos, cetonas de bajo peso molecular, responsables del olor a rancio).

Existen fundamentalmente dos formas de prevenir la oxidación en los alimentos: a) reduciendo o eliminando los factores favorecedores de la misma, especialmente los pigmentos, radiaciones ultravioletas (UV), enzimas, metales, temperaturas altas, presión de oxígeno y radiaciones ionizantes; b) añadiendo algunas sustancias que frenan el proceso o lo impidan, que son los antioxidantes propiamente dichos.

Particularmente, para el caso del deterioro de la carne por oxidación, este se debe a que la estabilidad de los lípidos y proteínas dependen del balance entre los antioxidantes musculares y los componentes pro-oxidantes. La exposición de la carne al oxígeno y a la luz durante su vida de anaquel es uno de los principales factores que originan su oxidación. La oxidación de las proteínas puede llevar a una disminución del valor nutritivo de la carne debido a una menor biodisponibilidad de los aminoácidos esenciales y digestibilidad de las proteínas, también se altera el color rojo brillante característico de la carne, dado por la oximioglobina ya que cuando el pigmento de la carne se oxida se torna púrpura o amarronado, afectando de manera negativa la percepción del consumidor. (Valenzuela, et al, 2016).

El uso de antioxidantes naturales puede alargar el tiempo de vida útil de la carne y productos cárnicos, principalmente por generar un retardo de la oxidación lipídica, medido por la generación de sustancias reactivas al ácido tio-barbitúrico (TBARS); además los aminoácidos tienen propiedades antimicrobianas

Se puede incorporar antioxidantes naturales en forma de polvo a la formulación de mezcla de hamburguesas, nuggets o embutidos cuyo principal efecto que se persigue es una disminución de la oxidación de lípidos y proteína de la carne.

También se puede utilizar antioxidantes naturales en la industria de la carne en el marinado que se refiere al proceso mediante el cual se añade a la carne una solución acuosa que contiene diferentes aditivos (sal, fosfatos, hidro-coloides, polisacáridos, entre otros). A nivel industrial el proceso de marinado se lo realiza por inyección de la solución de marinado o también se lo puede realizar por inmersión.

- **Estabilizante del color y vida útil en pulpa de frutas.**

Las frutas y vegetales están constituidas por tejidos biológicamente activos y por lo tanto contienen gran cantidad de enzimas. Después de la recolección los frutos en general continúan con su actividad respiratoria y se producen cambios durante el almacenamiento. La actividad más común en frutas se deriva en las enzimas pectinasa, lipasa, lipoxigenasa, clorofilasa, proteasa, peroxidasa, polifenoloxidasa y la ascórbico oxidasa que deterioran la calidad de los frutos frescos.

El pardeamiento enzimático en frutas puede ser considerado como un conjunto de reacciones bioquímicas que deterioran un atributo de calidad de gran importancia como es el color, un cambio que puede señalar otras alteraciones y reducir la aceptabilidad del consumidor y se hace evidente de forma inmediata cuando los tejidos de las frutas se exponen al contacto del ambiente. Dichas reacciones son un gran problema para la industria procesadora de frutas, debido a la generación de características sensoriales indeseables durante las etapas de manipulación, procesamiento y almacenamiento, minimizando la vida comercial del producto.

El pardeamiento enzimático se lleva a cabo cuando están presentes tres componentes: la polifenoloxidasa, el oxígeno y el sustrato adecuado (monofenoles, ortofenoles, difenoles); la eliminación de uno de ellos evitará el pardeamiento del alimento.

Para el control de las etapas indicadoras del proceso del pardeamiento enzimático se debe actuar sobre dos de estos factores: la actividad enzimática y la disponibilidad del oxígeno.

Entre los métodos empleados para el control del pardeamiento están los tratamientos físicos, tales como los tratamientos térmicos, radiación ionizante, radiación no ionizante, bajas temperaturas y manejo de la composición de la atmósfera, ya sea mediante el uso de envasado en atmósfera modificada o recubrimientos comestibles. (Silveira, 2017).

El pardeamiento enzimático también puede ser controlado a través del uso de agentes antioxidantes, la principal acción de estos es evitar el pardeamiento mediante la reducción de las o-quinonas a sus o-difenoles precursores. (Silveira, 2017).

Como una aplicación experimental a continuación, se sugiere el proceso para la obtención de pulpa de fruta:

- Recepción de la fruta.
- Pesaje.
- Selección: se rechaza unidades no aptas.
- Lavado.
- Desinfección: hipoclorito de sodio 150 ppm de 5 a 10 minutos.
- Enjuague.
- Escaldado: a una temperatura de 80°C de 5 a 8 minutos.
- Despulpado.
- Mezcla: adición el extracto hidroalcohólico de eneldo.
- Caracterización: °Brix, pH, acidez titulable.
- Pasteurización: a una temperatura de 80°C, de 3 a 5 minutos.
- Empaque.
- Choque térmico: a una temperatura de 30°C.
- Almacenamiento etiquetado.

Para determinar la efectividad del extracto hidroalcohólico de eneldo se sugiere realizar a la pulpa de fruta varios análisis tales como: análisis sensorial, análisis colorimétrico, análisis microbiológico.

#### - **Recubrimiento comestible en frutas y hortalizas**

Un recubrimiento comestible se puede definir como una matriz continua, delgada, que se encuentra alrededor del alimento generalmente mediante la inmersión del

mismo en una solución formadora del recubrimiento (García, *et al.*, 2010). Las soluciones formadoras de los recubrimientos comestibles pueden estar conformadas por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de los mismos.

El uso de películas y recubrimientos se han creado para mejorar la calidad de vida de las frutas y vegetales, ya que tienen las características físicas de retardar la velocidad de respiración, disminuye la pérdida de vapor de agua y el intercambio gaseoso; además de combatir, controlar y prevenir el crecimiento de microorganismos y parásitos. (Ortiz, 2015).

El recubrimiento comestible posee propiedades mecánicas, genera un efecto barrero frente al transporte de gases y puede adquirir diversas propiedades funcionales, dependiendo de las características de las sustancias encapsuladas y formadoras de dichas matrices.

Un recubrimiento comestible o una película comestible es un material de envoltura (empaquete) delgado empleado en la industria de alimentos y que puede ser consumido como parte del mismo, debido a que proviene de polímeros biodegradables, no tóxicos y que ayudan a incrementar la calidad de los alimentos durante su conservación (Sánchez, *et al.*, 2011). Según (Falguera, *et al.*, 2011) las películas y recubrimientos deben presentar ciertas exigencias funcionales que permitan controlar o aminorar las causas de alteración de los alimentos a recubrir, algunas de estas ventajas y propiedades son: ser libres de tóxicos y seguros para la salud, deben requerir una tecnología simple para su elaboración, ser protectores de la acción física, química y mecánica, presentan propiedades sensoriales: deben ser transparentes y no ser detectados durante su consumo, mejoran las propiedades mecánicas y preservan la textura, prolongan la vida útil de alimentos a través del control sobre el desarrollo de microorganismos. (Fernández, *et al.*, 2015)

Para la elaboración de recubrimientos se usan diferentes biopolímeros los cuales se clasifican en base a diversos factores como son: composición, carga molecular y solubilidad en agua, entre los cuales están el uso de polisacáridos, ceras de origen natural y resinas (Bósquez y Molina, 2004).

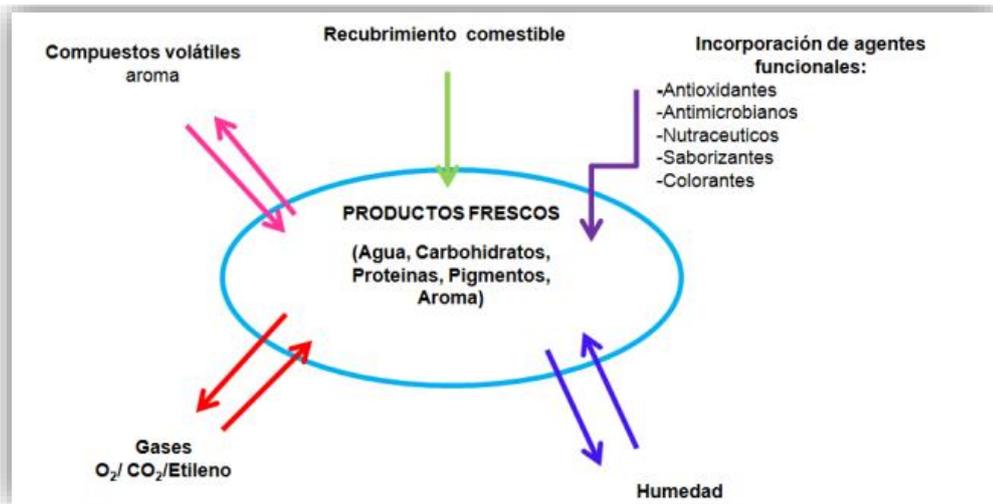
Los biopolímeros utilizados en el desarrollo de películas y recubrimientos comestibles son:

- a. Quitosano: es un biopolímero que ofrece un amplio potencial que puede ser aplicado a la industria alimentaria debido a sus propiedades fisicoquímicas particulares, tales como la biodegradabilidad, biocompatibilidad, no es tóxico y presenta propiedades antimicrobianas y antifúngicas.
- b. Goma policaju: a partir de la goma exudada del árbol de marañón: Éstas han sido evaluadas teniendo en cuenta su opacidad, fuerza tensil, porcentaje de elongación a la rotura y permeabilidad al vapor de agua.
- c. Galactomananos: son hidrocoloides, se encuentran almacenados como polisacáridos de reserva, son extraídos de semillas y su estructura polimérica se encuentra influenciada principalmente por la proporción de unidades de manosa/galactosa.

Otros componentes de gran importancia en la elaboración de películas comestibles y recubrimientos comestibles son los plastificantes y emulsificantes. En el caso particular de los plastificantes (moléculas pequeñas de bajo peso molecular), se adicionan con el objetivo de mejorar la flexibilidad y funcionabilidad de los recubrimientos, haciéndolos menos frágiles. Dentro de los agentes plastificantes más utilizados se encuentran: el glicerol, ácidos grasos, sorbitol, aceites, ceras y otros, mientras que, los emulsificantes favorecen la dispersión del lípido en la matriz hidrocoloide y reducen la actividad de agua superficial, además también se emplea la adición de antioxidantes a fin de mejorar las propiedades y la capacidad de las cubiertas: (Fernández, et al., 2015)

Los recubrimientos comestibles presentan propiedades de barrera como transferencia de distintas sustancias, adecuada permeabilidad al vapor de agua, solutos y una permeabilidad selectiva a gases y volátiles, desde el alimento hacia el exterior y viceversa en la siguiente ilustración se puede observar las transferencias que pueden ser controladas por barreras comestibles.

**Ilustración 2** Transferencias que pueden ser controladas por barreras



**Fuente:** (Fernández, et al., 2015)

Una solución de recubrimiento comestible de quitosano se puede preparar al 5 % (p/v) con agua destilada homogenizando por 30 min mediante un agitador mecánico. Posteriormente, adicionar glicerol (0,5 % v/v) y homogenizar por 10 min. Una vez homogenizado se incorpora el extracto hidroalcohólico de eneldo al 25%.

## Bibliografía

- Castillo, D. (2019). *Uso de extractos naturales de Simira ecuadorensis como antioxidante para la industria alimentaria*. [Universidad Técnica Particular de Loja]. Repositorio institucional <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/20.500.11962/25127/1/Castillo%20Ochoa%2c%20Daniela%20Alejandra.pdf>
- Doménech Asensi, Guillermo, Durango Villadiego, Alba Manuela, & Ros Berruezo, Gaspar. (2017). *Moringa oleifera: Revisión sobre aplicaciones y usos en alimentos*. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 67(2), 86-97.

- Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222017000200003&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222017000200003&lng=es&tlng=es).
- Domínguez, L. (2012). *Efecto de la aplicación del extracto hidroalcohólico de flores de caléndula (Calendula officinalis) en la estabilización del color y vida útil en pulpa de frutas*. [Universidad Nacional de Colombia] <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/10871/ladyelizabethdominguezmarin.2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  - Fernández Valdés, Daybelis, Bautista Baños, Silvia, Fernández Valdés, Dayvis, Ocampo Ramírez, Arturo, García Pereira, Annia, & Falcón Rodríguez, Alejandro. (2015). *Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación postcosecha de frutas y hortalizas*. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 52-57. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542015000300008&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000300008&lng=es&tlng=es).
  - Leyva, Juan Manuel, Pérez-Carlón, Julio Jesumar, González-Aguilar, Gustavo Adolfo, Esqueda, Martín, & Ayala-Zavala, Jesús Fernando. (2013). Funcionalidad antibacteriana y antioxidante de extractos hidroalcohólicos de *Phellinus merrillii*. *Revista mexicana de micología*, 37, 11-17. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-31802013000100003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802013000100003&lng=es&tlng=es).
  - Lopretti, M., Barriero, F., Fernandes, I., Damboriarena, A., Ottati, C., & Olivera, A. (2011). *Microencapsulación de compuestos de actividad biológica*. *INNOTEC*, (2 ene-dic), 19–23. <https://doi.org/10.26461/02.06>
  - Ortiz, C. (2015). *Acción antimicrobiana de soluciones formadoras de recubrimientos comestibles a base de quitosano y extracto hidroalcohólico de mango (Mangifera indica) frente a microorganismos de interés sanitario*. [Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional <file:///C:/Users/PC/Downloads/BCIEQ-T-0141%20Ortiz%20Choez%20Cristhian%20Adolfo.pdf>

- Parra Huertas, Ricardo Adolfo. (2010). REVISIÓN:  
*MICROENCAPSULACIÓN DE ALIMENTOS*. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* , 63 (2), 5669-5684. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472010000200020&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472010000200020&lng=en&tlng=es).
- Pasin, L., Azón, G., & Garriga, M. (s. f.). *Microencapsulación con alginato en alimentos. Técnicas y aplicaciones*. 22. *Revista venezolana de Ciencia y Tecnología*.
- Silveira, Ana Cecilia. (2017). Uso de aditivos y métodos físicos para mantener la calidad de los productos de IV gama o mínimamente procesados. *Agrociencia (Uruguay)*, 21(1), 1-6. Obtenido de [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2301-15482017000100001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482017000100001&lng=es&tlng=es).
- Valenzuela V, Carolina, & Pérez M, Patricio. (2016). *Actualización en el uso de antioxidantes naturales derivados de frutas y verduras para prolongar la vida útil de la carne y productos cárneos*. *Revista chilena de nutrición*, 43(2), 188-195. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000200012>

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Por medio del tamizaje fitoquímico preliminar se demostró la presencia de metabolitos secundarios en la droga de eneldo, en el extracto hidroalcohólico se obtuvo la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides, quinonas / benzoquinonas, saponinas, alcaloides y catequinas. El extracto acuoso contiene compuestos fenólicos, flavonoides, mucílagos y principios amargos. El extracto etéreo mostró compuestos grasos, triterpenos / esteroides y agrupamiento lactónico.
- Se comprobó el mejor proceso de extracción por un buen ajuste matemático una vez realizadas las diferentes corridas experimentales, obteniendo las condiciones óptimas (concentración de etanol de 89,50%, el tiempo de 7,77 horas y 58,36 °C de temperatura de extracción) para el extracto optimizado.
- En la optimización numérica de la extracción hidroalcohólica en los valores experimentales se obtuvieron en polifenoles totales (12,9812 mg GAE/g) y actividad antioxidante (423. 998  $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$ )
- En la caracterización del extracto optimizado en las características sensoriales se obtuvo un color verde oscuro que puede estar dado por la dilución de las clorofilas en el solvente de aspecto opaco, homogéneo y de un olor característico de anís dulce y un pH de 5,4.

## 5.2. Recomendaciones

- El proceso de secado está directamente relacionado con la cantidad de metabolitos secundarios, por lo que se recomienda no exceder los 40 °C.
- Apreciar en futuras investigaciones el tiempo de almacenamiento del extracto optimizado para garantizar la estabilidad de los principios activos en estudio, además almacenar el extracto en un frasco ámbar y en refrigeración.
- Considerar que los polifenoles son fotosensibles, por lo que es recomendable realizar la cuantificación en espacios con poca luz visible para obtener la concentración de los polifenoles por espectrofotometría.
- Se recomienda realizar investigaciones sobre la aplicación del extracto hidroalcohólico de eneldo (*Anethum graveolens*) en la industria alimentaria, de acuerdo a la propuesta realizada se recomienda utilizarlo en la tecnología de microencapsulado, para prolongar la vida útil de la carne y productos cárnicos, como estabilizante del color y vida útil en pulpa de frutas y como recubrimiento comestible en frutas y hortalizas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benítez, R., Sarria, R., Gallo, J., Pérez, N., Álvarez, J., & Giraldo, C. (2019). Obtención y rendimiento del extracto etanólico de dos plantas medicinales. *Facultad de Ciencias Básicas*, 15(1). doi:<https://doi.org/10.18359/rfcb.3597>
- Cabrera, J., Jaramillo, C., Dután, F., Cun, J., García, P., & Rojas, L. (2017). Variación del contenido de alcaloides, fenoles, flavonoides y taninos en *Moringa oleifera* Lam. en función de su edad y altura. *Acíelo*, 29(1), 53-60. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612017000100006](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612017000100006)
- Camacho, M., Ramos, D., Ávila, N., Sánchez, E., & López, S. (2020). Las defensas físico-químicas de las plantas y su efecto en la alimentación de los rumiantes. *Tierra Latinoamericana*, 38(2), 443-453. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/573/57363391020/html/>
- Campaña, A., Jácome, P., Muñoz, A., & Sigüenza, S. (2015). Album de plantas alimenticias y hornamentales. *Isuu*, 44. Obtenido de [https://issuu.com/sashavaleriasiguenzarobles/docs/album\\_de\\_plantas\\_alimenticias\\_y\\_hor/77](https://issuu.com/sashavaleriasiguenzarobles/docs/album_de_plantas_alimenticias_y_hor/77)
- Carrillo, C., & Díaz, R. (2019). Actividad antimicrobiana de extractos hidroalcohólicos de hojas de dos variedades de *Mangifera indica* L. *Redalyc*, 13(32), 69-77. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5826/582661898007/html/>
- Castañeda, A., & Zavaleta, N. (2019). Optimización del proceso de extracción del mucílago de *Linum usitatissimum* utilizando un diseño secuencial. *SciELO*, 10(1), 19-28. Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172019000100002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172019000100002&script=sci_arttext)
- Castro, D., Pantoja, A., & Gomajoa, H. (2017). Evaluación in vitro de la capacidad antimicrobiana del aceite esencial de eneldo -*Anethum*

graveolens- como inhibidor del crecimiento de Staphylococcus aureus, coliformes y hongos presentes en la carne de trucha. *Scielo*, 64(2).  
doi:<https://doi.org/10.15446/rfmvz.v64n2.67212>

Chacha, G. (2018). *Evaluación de la actividad antimicrobiana In Vitro de extracto hidroetanólico de las hojas de Taraxacum officinale en Proteus spp [Maestría en Farmacia Clínica y Hospitalaria; UNIANDES]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/8751>

Choque, R., Gemio, R., & Nogales, J. (2017). Estudio de propiedades moleculares de cuatro flavonoides de Baccharis boliviensis. *Scielo*, 5(1), 39-55. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2310-02652017000100004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2310-02652017000100004&script=sci_arttext)

Duas Rodas. (23 de Julio de 2020). *Métodos y tecnologías aplicados para extraer los componentes activos de plantas y producir los extractos naturales, ingredientes que están en alta en el mercado global de alimentos y bebidas, alineados a la tendencia creciente de los consumidores por nat.* Obtenido de Flavors & Botanicals: <https://www.duasrodas.com/blog/es/calidad/conozca-los-principales-procesos-de-fabricacion-de-extractos-vegetales-para-la-industria-alimenticia/>

Dueñas, A., Castañeda, R., Martín, L., Ojito, K., & Guerra, J. (2020). Estudio fitoquímico de la especie endémica cubana Zanthoxylum pseudodumosum, una planta con potencial actividad antifúngica. *SciELO*, 32(3), 406-419. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2224-54212020000300406](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2224-54212020000300406)

EcuRed. (s.f.). *Eneldo*. Obtenido de EcuRed: [https://www.ecured.cu/Eneldo#Nombres\\_cient.C3.ADfico\\_y\\_com.C3.BA](https://www.ecured.cu/Eneldo#Nombres_cient.C3.ADfico_y_com.C3.BA)  
n

- Editorial de HerbaZest. (18 de junio de 2020). *El eneldo una popular hierba aromática, ampliamente utilizada como especia culinaria, pero que también cuenta con sorprendentes propiedades medicinales*. Obtenido de HerbaZest: <https://www.herbazest.com/es/hierbas/eneldo>
- Fernández, A., Iglesias, D., Cartaya, R., & Arencibia, J. (2020). Obtención de un extracto rico en antocianinas a partir de flor de majagua (*Talipariti Elatum* S.W.). *CENIC*, *51*(2), 122-130. Obtenido de <https://revista.cnic.cu/index.php/RevBiol/article/view/339>
- García, Y., Izquierdo, S., Acosta, J., Romero, A., López, M., & Mercado, J. (2016). Optimización de las variables de extracción de flavonoides a partir de hojas de *Annona muricata* L. *SciElo*, *21*(3), 298-308. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962016000300005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962016000300005)
- García, Y., Izquierdo, S., Acosta, J., Romero, A., López, M., & Mercado, J. (2016). Optimización de las variables de extracción de flavonoides a partir de hojas de *Annona muricata* L. *SciElo*, *21*(3), 298-308. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962016000300005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962016000300005)
- Getamap. (2021). *San Buenaventura / Provincia de Cotopaxi*. Obtenido de [http://es.getamap.net/mapas/ecuador/cotopaxi/\\_sanbuenaventura/](http://es.getamap.net/mapas/ecuador/cotopaxi/_sanbuenaventura/)
- Guevara , R. (2016). El estado del arte en la investigación: ¿análisis de los conocimientos acumulados o indagación por nuevos sentidos? *Redalyc*(44), 165-179. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=345945922011>
- Heisler, E., Budó, M., Schimith, M., Badke, M., Ceolin, S., & Heck, R. (2015). Uso de plantas medicinales en el cuidado de la salud: la producción científica de tesis y disertaciones de enfermería brasileña. *SciElo*, *14*(39), 390-4003. Obtenido de [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1695-61412015000300018](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1695-61412015000300018)

- Hernández, S., Quiroz, C., Ramírez, M., Ronquillo, E., & Aguilar, M. (2020). Optimización del proceso de extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de *Justicia spicigera* Schltdl. mediante la metodología de superficie de respuesta. *Scielo*, 23, 1-7. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-888X2020000100104&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-888X2020000100104&script=sci_arttext)
- Infoagro. (s.f.). *El eneldo es una planta aromática y decorativa con larga historia como hierba medicinal y culinaria. En la Europa continental es habitual el uso del eneldo en todos los guisos de pescado, pues mejora su sabor y los hace más fáciles de digerir.* Obtenido de Infoagro: [https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_del\\_eneldo\\_\\_parte\\_i\\_a\\_sp](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_eneldo__parte_i_a_sp)
- Jaramillo, C., Jaramillo, A., D'Armas, H., Troccoli, L., & Rojas, L. (2016). Concentraciones de alcaloides, glucósidos cianogénicos, polifenoles y saponinas en plantas medicinales seleccionadas en Ecuador y su relación con la toxicidad aguda contra *Artemia salina*. *Redalyc*, 64(3), 1171-1184. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44946472020>
- Khodadadi, I., Tavilani, H., Goodarzi, M., & Oshaghi, E. (2016). Effect of dill tablet (*Anethum graveolens* L) on antioxidant status and biochemical factors on carbon tetrachloride-induced liver damage on rat. *Google Académico*, 6(2), 111-114. doi:10.4103 / 2229-516X.179019
- Lema, A. (2018). *Evaluación de la actividad antimicrobiana In Vitro del extracto hidroalcohólico de las hojas de Melissa officinallis (Toronjil) en proteus spp*[Magister e farmacia clínica y hospitalaria; UNIANDES]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/8752>
- Lema, A. (2018). *Evaluación de la actividad antimicrobiana In Vitro del extracto hidroalcohólico de las hojas de Melissa officinallis (Toronjil) en proteus spp*[Magister en farmacia clínica y hospitalaria; UNIANDES].

Repositorio institucional. Obtenido de  
<https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/8752>

- Leyva, E., Loredo, E., López, L., Escobedo, E., & Navarro, G. (2017). Importancia química y biológica de naftoquinonas. Revisión bibliográfica. *Dialnet*, 74(577), 36-50. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6139313>
- Luisetti, J., Lucero, H., & Ciappini, M. (2020). Estudio preliminar para optimizar la extracción de compuestos fenólicos bioactivos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Dialnet*, 33(1), 94-99. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7488356>
- Lujano, E., Manganiello, L., Contento, A., & Ríos, Á. (2019). Identificación y cuantificación de (+) - Catequinas y Procianidinas en cacao procedente de Ocumare de la Costa, Venezuela. *Redalyc*, 26(2), 192-201. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/707/70760276008/html/>
- Maestro, C., Ladero, M., Santos, T., Alonso, T., & Ladero, I. (2017). Plantas medicinales españolas familia umbelliferae (Apiaceae). *Ecuador Documents*, 13-17. Obtenido de <https://fdocuments.ec/document/plantas-medicinales-espanolas-familia-umbelliferae-apiaceae.html>
- Márquez, A., Vargas, G., Sánchez, A., Lira, A., Pascual, S., Granados, G., & Villavicencio, A. (2015). Extracción de compuestos bioactivos de plantas del desierto mexicano para su aplicación en envases activos para zarzamora. *Redalyc*, 16(1), 101-107. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81339864015>
- Martín, D. (2018). Los Compuestos Fenólicos, Un Acercamiento A Su Biosíntesis, Síntesis Y Actividad Biológica. *RIAA*, 9(1), 81-103. doi:<https://doi.org/10.22490/21456453.1968>
- Mena, L., Tamargo, B., Salas, E., Plaza, L., Blanco, Y., Otero, A., & Sierra, G. (2015). Determinación de saponinas y otros metabolitos secundarios en extractos acuosos de *Sapindus saponaria* L. (jaboncillo). *Scielo*, 20(1), 106-116. Obtenido de

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962015000100010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962015000100010)

Mena, Y., Gonzáles, D., Valido, A., Pizarro, A., Castillo, O., & Escobar, R. (2016). Estudio fitoquímico de extractos de hojas de *Cnidocolus chayamansa* Mc Vaugh (Chaya). *Cubana Plant Med*, 21(4), 1-15.

Obtenido de

<http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/390/198>

Merriam-Webster. (2021). *Triterpeno*. Obtenido de Diccionario médico:

<http://meaning88.com/medical/triterpene>

Núñez, R., Quintana, L., Gutiérrez, R., Olga, V., González, K., Hernández, Y., . . .

Ortiz, E. (2019). Optimización del proceso de extracción de compuestos fenólicos de la angiosperma marina *Thalassia testudinum*. *Colombiana de biotecnología*, 21(2), 109-117 .

doi:<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v21n2.74552>

Plazas, E. (2015). Tamizaje fitoquímico preliminar, evaluación de la actividad antioxidante in vitro y toxicidad de seis especies de *Ericaceas* colombianas.

*SciElo*, 20(2), 182-199. Obtenido de

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962015000200004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962015000200004)

Pujol, A., Tamargo, B., Salas, E., Calzadilla, C., Acevedo, R., & Sierra, G.

(2020). Tamizaje fitoquímico de extractos obtenidos de la planta *Sapindus saponaria* L que crece en Cuba. *Bionatura*, 1209-1214.

doi:<http://dx.doi.org/10.21931/RB/20120.05.03.7>

Quiroz, J., & Magaña, M. (2015). Resinas naturales de especies vegetales

mexicanas: usos actuales y potenciales. *Scielo*, 21(3). Obtenido de

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712015000300013](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712015000300013)

Rengifo, D. (2018). Estudio fitoquímico cualitativo preliminar y cuantificación de flavonoides y taninos del extracto etanólico de hojas de *Desmodium*

vargasianum Schubert. *SciElo*, 84(2). Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2018000200002&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000200002&lng=es&nrm=iso)

Rioja, A., Vizaluque, B., Aliaga, E., Tejeda, L., Book, O., Mollinedo, P., & Pañarreta, M. (2018). Determinación de la capacidad antioxidante total, fenoles totales, y la actividad enzimática en una bebida no láctea en base a granos de chenopodium quinoa. *Redalyc*, 35(5), 168-176. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/4263/426358213006/html/>

Sepúlveda, C., Ciro, G., & Zapata, J. (2016). Extracción de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de hojas de Bixa orellana L. (achiote). *SciELO*, 21(2), 133-144. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962016000200002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962016000200002)

Soto, M., & Rosales, M. (2016). Efecto del solvente y de la relación masa/solvente, sobre la extracción de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de extractos de corteza de Pinus durangensis y Quercus sideroxylla. *SciELO*, 18(4), 701-714. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2016005000061>

Taghi, M., Khadadadi, I., Tavilani, H., & Abbasi, E. (2016). The Role of Anethum graveolens L. (Dill) in the Management of Diabetes. *Tropical Medicine*, 2016, 11. doi:<https://doi.org/10.1155/2016/1098916>

Tierra y Savia. (s.f.). *Hiervas - aromaticas*. Obtenido de Tierra y savia: <https://tierraysavia.com/hierbas-aromaticas-2/eneldo/>

Torres, G., Muñoz, Ó., Parrilla, E., Núñez, J., Wall, A., Sáyago, S., & de la Rosa, L. (2020). Optimización de la extracción e identificación de compuestos polifenólicos en anís (Pimpinella anisum), clavo (Syzygium aromaticum) y cilantro (Coriandrum sativum) mediante HPLC acoplado a espectrometría de masas. *SciELO*, 21(2), 103 - 112. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-888X2018000200103](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2018000200103)

Trujillo, C. (2018). *Estudio de la actividad antioxidante en hierbas y frutos*[*Master en ciencia y tecnología química - UNED*]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://espacio.uned.es/fez/view/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Ctrujillo>

Vergara, P. (2005). *Optimización de procesos industriales y control de calidad*. Santiago de Chile: Universidad Tecnológica metropolitana. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/282249380\\_Optimizacion\\_de\\_Prosesos\\_Industriales\\_y\\_Control\\_de\\_Calidad\\_Pedro\\_Vergara\\_Vera\\_ISBN\\_956-7359-45-8\\_Ediciones\\_Universidad\\_Tecnologica](https://www.researchgate.net/publication/282249380_Optimizacion_de_Prosesos_Industriales_y_Control_de_Calidad_Pedro_Vergara_Vera_ISBN_956-7359-45-8_Ediciones_Universidad_Tecnologica)

## ANEXOS

### *Anexo 1 Recolección del eneldo en el Barrio Bellavista*



**Fuente:** Autora (Silva; 2021)

### *Anexo 2 Selección y limpieza del eneldo*



**Fuente:** Autora (Silva; 2021)

### **Anexo 3** *Secado de la planta y obtención de la droga de eneldo*



**Fuente:** Autora (Silva; 2021)

### **Anexo 4** *Elaboración de los extractos hidroalcohólicos*



**Fuente:** Autora (Silva; 2021)

**Anexo 5** *Extracto optimizado*

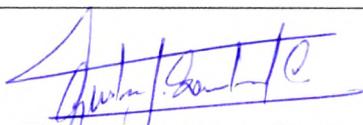


**Fuente:** Autora (Silva; 2021)

Anexo 6 Aval del experto

<b>GUÍA PARA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN POR EXPERTOS</b>							
<b>Tema de Investigación:</b> “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN HIDROALCOHÓLICA A PARTIR DEL ENELDO ( <i>Anethum graveolens</i> ) EN FUNCIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE”							
<b>Nombre del Autor / Investigador:</b> Silva Paredes Jeny Silva							
<b>Experto Evaluador 1:</b> Quim. Gustavo Sandoval Mg.							
<b>Perfil Profesional :</b> Químico en Alimentos							
<b>Área de Desempeño :</b> Docente en la Universidad Técnica de Cotopaxi							
<i>El trabajo de investigación será evaluado bajo la escala de Likert determinando los siguientes valores</i>							
<b>Nivel de Likert</b>	<b>Significado</b>	<b>Rango de porcentaje de satisfacción del experto</b>					
1	Totalmente en Desacuerdo	0-20					
2	En desacuerdo	20-40					
3	Ni en acuerdo , Ni en desacuerdo	40-60					
4	De acuerdo	60-80					
5	Totalmente de Acuerdo	80-100					
<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN</b>		<b>Puntuación</b>					<b>Observaciones</b>
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
<b>CUALIDADES DEL TEMA</b>	Importancia del problema					x	
	Originalidad					x	
	Interés al público					x	
	Factibilidad					x	
	Delimitación					x	
<b>CUALIDADES TEORICAS-FUNDAMENTOS</b>	Formulación del problema					x	
	Objetivos de la Investigación					x	
	Limitaciones del tema de investigación				x		
	Revisión literaria					x	
	Definición de términos						No aplica
	Sistema de variables						No aplica
	Sistema de Hipótesis					x	

<b>CUALIDADES METODOLÓGICAS</b>	Calculo de población y muestra						No aplica
	Diseño de la Observación / experimentación					x	
	Instrumentos aplicados					x	
	Aplicación de técnicas de recolección de datos					x	
	Recursos utilizados					x	
	Presentación y discusión de resultados					x	
<b>CUALIDADES FORMALES</b>	Lenguaje escrito					x	
	Presentación y estilo del documento					x	
	Bibliografía					x	
	Anexos					x	
<b>Sugerencias del Experto Evaluador : Ninguna</b>							



**Firma del experto Evaluador**  
 Quim. Gustavo Sandoval Mg.  
 C.C. 1713697538



## GUSTAVO JOSÉ SANDOVAL CAÑAS

Químico de Alimentos, con intereses en la docencia e investigación, comprometido con su trabajo y su familia. Soy una persona proactiva, bastante perceptivo y tolerante. Mi aspiración es desarrollarme en el ámbito profesional como personal. Tengo deseos de aprender y adaptarme a demandas laborales de diversas índoles. Me gusta perfeccionarme cada vez más. Tengo experiencia profesional en el área alimenticia, farmacéutica, docencia e investigación. Me gusta el fútbol y andar en bicicleta; leer y escuchar música.

### **DATOS PERSONALES**

Domicilio: CA 0e1N SN C 5, Conjunto Residencial ATMEC. Quitumbe, Quito-Ecuador  
Teléfono: | 0998030813 (Celular) | 024515953 (Convencional) |  
E-mail: [tavitosc@gmail.com](mailto:tavitosc@gmail.com)

### **IDIOMAS**

ESPAÑOL: Idioma materno  
PORTUGUES: INTERMEDIO SUPERIOR (CELPE-BRAS: Certificado de suficiencia en lengua portuguesa para extranjeros)  
INGLES: INTERMEDIO (cursando el programa de enseñanza de inglés de la comisión Fullbright, nivel 3).

### **FORMACIÓN ACADÉMICA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
**Maestría en Educación en Ciencias: Química de la Vida y Salud** **2019**  
TESIS: ALIMENTOS FUNCIONALES Y SU POTENCIAL ANTIOXIDANTE: CONTEXTUALIZANDO LA QUÍMICA EN LA ACADEMIA.  
(Registro Senescyt No.: 0761143265)

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
**Químico de Alimentos** **2013**  
TESIS: DETERMINACIÓN DE AFLATOXINAS TOTALES EN MATRIZ DE CEREALES: MAÍZ Y CEBADA  
(Registro Senescyt No. 1005-13-125441)

COLEGIO NACIONAL EXPERIMENTAL "JUAN PÍO MONTÚFAR"  
**Bachiller en Ciencias Químico Biológicas** **2005**

### **EXPERIENCIA DOCENTE**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI (CARRERA DE AGROINDUSTRIA)  
**DOCENTE OCASIONAL (TIEMPO COMPLETO)** **08/04/2019 – Actualidad**

- Profesor de Química Inorgánica, Química Orgánica, Análisis e Interpretación Instrumental, Bioquímica, Microbiología y Física.
- Coordinador de la Cátedra Integradora de primer y tercer semestre, prácticas preprofesionales de vinculación.
- Participación en Proyecto de Investigación de Bebidas Ancestrales.
- Diseño de nuevas carreras.
- Educación continua.
- Docente de apoyo de investigación.

<b>GUSTAVO JOSÉ SANDOVAL CAÑAS</b>	<b>PÁGINA 2</b>
UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR (CARRERA DE AGRONOMÍA) <b>DOCENTE DE QUÍMICA</b>	<b>01/03/2015 – 01/07/2015</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profesor de Química General (teórica y práctica) en el curso de nivelación.</li> </ul>	
COLEGIO PARTICULAR DE LAS AMÉRCAS QUITUMBE <b>DOCENTE DE QUÍMICA (BACHILLERATO)</b>	<b>06/09/2010 – 02/02/2012</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profesor de Química General (teórica y práctica) en los cursos de bachillerato.</li> </ul>	
<b><u>EXPERIENCIA PROFESIONAL</u></b>	
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOTECNOLÓGICAS DEL ECUADOR (CIBE) <b>ANALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN 2</b>	<b>01/08/2016 – 02/02/2017</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encargado del manejo de HPLC. Área de Bioproductos.</li> </ul>	
AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO (AGROCALIDAD) <b>ANALISTA DE CALIDAD DE FERTILIZANTES</b>	<b>01/07/2015 – 31/07/2016</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de calidad de fertilizantes, determinación de macro y micronutrientes, materia orgánica, cloruros, realización de informes técnicos, seguimiento y mejora del sistema de gestión de calidad</li> </ul>	
FARMACID S. A. <b>ANALISTA QUÍMICO</b>	<b>19/01/2015 – 27/02/2015</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis químico de materias primas, producto proceso, producto terminado, elaboración de informes técnicos, valoración de principios activos por HPLC.</li> </ul>	
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP) <b>INVESTIGADOR AGROPECUARIO 1</b>	<b>27/03/2014 – 31/12/2014</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar bibliografía sobre caracterización de biomoléculas de interés funcional en café y cacao.</li> <li>• Adaptar la metodología de avances para la determinación de cafeína y ácidos cafeicos en café, utilizando cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) acoplado a detector de arreglo de diodos.</li> <li>• Tomar muestras y análisis de ocratoxina A, cafeína y ácidos cafeicos en muestras de café verde de las provincias de Manabí y Sucumbios.</li> <li>• Adaptar la metodología de análisis para la determinación de aflatoxinas B y G en muestras de maíz de endospermo duro utilizando Cromatografía Líquida de Alta Resolución acoplado al detector de fluorescencia y derivatización electroquímica.</li> <li>• Realizar la puesta a punto del método de análisis de ácidos grasos en cacao, utilizando cromatografía de gases acoplado al detector FID y análisis de muestras de cacao nacional y CCN51.</li> <li>• Elaborar informes técnicos relacionados con las actividades desarrolladas en los laboratorios.</li> <li>• Desarrollo de una técnica para el análisis de Cromo en mora utilizando espectrofotometría de absorción atómica.</li> </ul>	
FARBIOVET S. A. <b>ANALISTA DE CONTROL DE CALIDAD Y VALIDACIONES</b>	<b>02/05/2013 – 21/02/2014</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de procedimientos operativos estándar.</li> <li>• Muestreo de materia prima, material de envase y empaque, producto semielaborado y producto terminado.</li> <li>• Análisis físico químico y microbiológico de materia prima, material de envase, empaque, producto semielaborado y producto terminado y otros.</li> <li>• Análisis fisicoquímico y microbiológico del sistema de aguas y áreas de producción.</li> <li>• Liberación de producto terminado.</li> <li>• Valoración de principios activos por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).</li> </ul>	

**GUSTAVO JOSÉ SANDOVAL CAÑAS**

PÁGINA 3

- Calificación y verificación de métodos, procesos y equipos.
- Elaboración y seguimiento de la documentación que respalda a la validación de cada método, proceso y equipo.
- Reporte de resultados de validación, así como las variaciones que se determinen en las diferentes etapas.
- Coordinar junto con aseguramiento de la calidad el seguimiento a las validaciones realizadas y la planificación de la revalidación.
- Establecer el cronograma para la realización de cada validación en las diferentes etapas.

**REYBANPAC S. A.****ANALISTA DE CONTROL DE CALIDAD**

04/02/2012 - 30/06/2012

- Tomar muestras de materias primas, productos en proceso y productos terminados para los respectivos análisis y posterior liberación.
- Reportar inconformidades y hallazgos encontrados durante la ejecución de sus funciones de manera inmediata y directamente a sus superiores.
- Manejar adecuadamente los materiales, equipos y demás suministros de laboratorio y seguridad requeridos para sus actividades.
- Realizar reportes para superiores a fin de proporcionar información para una ágil toma de decisiones y mejora continua.
- Generar registros que fortalezcan el mantenimiento del sistema HACCP/ BPM y esquema de calidad.
- Cumplir con las buenas prácticas de laboratorio y plan de autocontrol.
- Manejo de HPLC para la detección de GMP en leche cruda.

**MULTIANALYTICA S. A.****ANALISTA DE LABORATORIO**

02/08/2010 - 28/02/2011

*Área instrumental HPLC:*

- Preparación de muestras y reactivos
- Análisis de vitaminas
- Análisis de conservantes y colorantes
- Análisis de aflatoxinas

*Área Fisicoquímica:*

- Preparación de muestras y reactivos
- Análisis proximales
- Análisis de proteína
- Análisis de aguas
- Análisis de productos ambientales, desinfectantes, etc.

**REFERENCIAS LABORALES**

- Dr. Iván Samaniego  
INIAP "Estación Santa Catalina" (Machachi - Ecuador)  
Director - Departamento de Nutrición y Calidad  
Teléfono: 0984606202 / E-mail: [ivanrsm78@hotmail.com](mailto:ivanrsm78@hotmail.com)
- Profa. Dra. Mara E.F. Braibante  
Universidade Federal de Santa Maria (Santa Maria, RS - Brasil)  
Depto de Química-UFSM  
Teléfono: (55)3220-8762-32208759-32208871 / E-mail: [maraeffb@gmail.com](mailto:maraeffb@gmail.com)
- Ing. Alexandra Alemán  
Farbiopharma (Quito - Ecuador)  
Jefa de Marketing y Ventas  
Teléfono: 0995540997 / E-mail: [alexaleman07@gmail.com](mailto:alexaleman07@gmail.com)

**REFERENCIAS PERSONALES**

- Q. A. Eder Ocaña  
Amigo (Quito - Ecuador), ADITMAQ, Teléfono: 0998337723  
E-mail: [edersin\\_er7@hotmail.com](mailto:edersin_er7@hotmail.com)
- Sr. David Pérez  
Amigo (Quito - Ecuador), Gerente General, LAVATEK, Teléfono: 0987224839  
E-mail: [davidpj2209@gmail.com](mailto:davidpj2209@gmail.com)

- Sra. Martha Jones  
Amiga (Quito - Ecuador), Jubilada, CENACE, Teléfono: 022321064

#### **ARTÍCULOS PUBLICADOS**

2020. ANCESTRAL FERMENTED INDIGENOUS BEVERAGES FROM SOUTH AMERICA MADE FROM CASSAVA (MANIHOT ESCULENTA).

DOI: [HTTP://DX.DOI.ORG/10.1590/FST.15220](http://dx.doi.org/10.1590/FST.15220)

[HTTPS://WWW.SCIOLO.BR/PDF/CTA/2020NAHEAD/0101-2061-CTA-FST15220.PDF](https://www.scielo.br/pdf/cta/2020nahead/0101-2061-cta-fst15220.pdf)

REVISTA FOOD SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY - CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, CAMPINAS, SP - BRASIL. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. QUARTIL: Q2 (FOOD SCIENCE, SCIMAGO).

2019. A QUÍMICA DOS ALIMENTOS FUNCIONAIS (LA QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS FUNCIONALES).

DOI: [HTTP://DX.DOI.ORG/10.21577/0104-8899.20160168](http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160168)

[HTTP://QNESEC.SBO.ORG.BR/ONLINE/QNESEC41\\_3/03-QS-87-18.PDF](http://qnesc.sbo.org.br/online/qnesc41_3/03-QS-87-18.pdf)

REVISTA QUÍMICA NOVA NA ESCOLA. SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA. BRASIL  
QUALIS: ENSINO B1, CIÊNCIAS AMBIENTAIS B4, INTERDISCIPLINAR B3, EDUCAÇÃO B1, QUÍMICA B5

#### **LIBROS PUBLICADOS**

2021. ALIMENTOS FUNCIONAIS E SEU POTENCIAL ANTIOXIDANTE: CONTEXTUALIZANDO A QUÍMICA NA ESCOLA". ESTADO: EN FORMATAÇÃO. EL TRABAJO ESTÁ EN EL CAPÍTULO 36 EN LA PÁGINA 461. LINK DE ACCESO: [HTTPS://BIT.LY/309MUFN](https://bit.ly/309MUFN). CAPÍTULO DE LIBRO.

2020. EL PODER ANTIOXIDANTE DE LOS COMPUESTOS FUNCIONALES: METODOLOGÍAS PARA LA ENSEÑANZA EN LA ACADEMIA.VPRIMERA EDICIÓN, MARZO DE 2020, 150 EJEMPLARES. AUTORES: MG. GUSTAVO SANDOVAL CAÑAS Y MG. ROBERTO ORDOÑEZ ARAQUE. PUBLICADO POR: UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA DEL ECUADOR. SANDOVAL, G., & ORDOÑEZ, R. (2020). EL PODER ANTIOXIDANTE DE LOS COMPUESTOS FUNCIONALES: METODOLOGÍAS PARA LA ENSEÑANZA EN LA ACADEMIA. QUITO: UNIB.E. 147 PP. ISBN: 978-9942-8831-0-0

#### **PONENCIAS**

2021. "ALIMENTOS FUNCIONAIS E SEU POTENCIAL ANTIOXIDANTE: CONTEXTUALIZANDO A QUÍMICA NA ESCOLA". XIV CONGRESO INTERNACIONAL DE EDUCACIÓN E INNOVACIÓN.

2021. "ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LECHE Y PASTOS EN LA PARROQUIA MULALÓ, PROVINCIA DE COTOPAXI". I CONGRESO INTERNACIONAL DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL. PONENCIA

2021. "CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS COMPUESTOS FUNCIONALES". II JORNADAS DE DIFUSIÓN CIENTÍFICA AGROINDUSTRIAL.

2020. FUNDAMENTOS DE QUÍMICA Y EL PROCESO DE DESTILACIÓN AL VACÍO. UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS CARRERA DE GASTRONOMÍA.

#### **CURSOS Y CAPACITACIONES**

2021. 2021. XIV CONGRESO INTERNACIONAL DE EDUCACIÓN E INNOVACIÓN.

2021. I CONGRESO INTERNACIONAL DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL.

2021. II JORNADAS DE DIFUSIÓN CIENTÍFICA AGROINDUSTRIAL

2020- 10 PASOS PARA LA PURIFICACIÓN DE CBD.

2020. CAPACITACIÓN TIC'S PARA DOCENTES. OCEANO EDUCACIÓN (EN CURSO).

2020. CAPACITACIÓN DOCENTE EN LA ESCRITURA DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS.

2020. CAPACITACIÓN SOBRE EXTRACCIÓN DE CBD DE CANNABIS.

2020. II CONGRESO NACIONAL ONLINE DE QUÍMICA. BRASIL

2020. INTERNATIONAL ONLINE CONGRESS OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY - FOOD SECURITY: STRATEGIES IN THE PANDEMIC PERIOD.

2019. JORNADAS DE DIFUSIÓN DE INVESTIGACIÓN AGROINDUSTRIAL.

2019. II SEMINARIO INTERNACIONAL AGROINDUSTRIAL: DESAFÍOS EN NUESTRA REGIÓN EN PROCESOS TECNOLÓGICOS, DESARROLLO E INNOVACIÓN, INVESTIGACIÓN Y PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS.

2018. CAPACITACIÓN SOBRE EL SERVICIO DESCOBERTA. BIBLIOTECA UFSM. SANTA MARIA-RS-BRASIL

2018. OFICINA INFOGRÁFICOS NA EDUCAÇÃO. UFSM. NÚCLEO DE TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO. SANTA MARIA-RS-BRASIL.

2017. CRIAÇÃO DE JOGOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS. SANTA MARIA-RS-BRASIL

2017. ENCONTRO REGIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS. SANTA MARIA-RS. PERSONAL DE APOYO (ORGANIZADOR). SANTA MARIA-RS-BRASIL

2017. ENCONTRO REGIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS. SANTA MARIA-RS.

2017. CONQUISTANDO AL CLIENTE CON UN SERVICIO INTEGRAL. GUAYAQUIL-ECUADOR

2017. ACADEMIC WRITTING WORKSHOP. GUAYAQUIL-ECUADOR

2016. III CONGRESO INTERNACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIODIVERSIDAD. GUAYAQUIL-ECUADOR
2016. CURSO DE LA NORMA TÉCNICA NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 Y CRITERIOS GENERALES DE ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN.
2015. CURSO ARTÍCULOS CIENTÍFICOS: ASPECTOS DE SU PREPARACIÓN Y MANEJO.
2014. SEMINARIO "APROVECHAMIENTO DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA, AGROECOLÓGICA Y LAS OPORTUNIDADES DEL MERCADO, EN LA GENERACIÓN DE INVESTIGACIÓN EN I&D DE TECNOLOGÍAS INNOVADORAS PARA LA AGROINDUSTRIA"
2013. CURSO - TALLER. SISTEMA DE CALIDAD UN ENFOQUE MODERNO BMP. GMP TRAINING & CONSULTING.
2013. CURSO - TALLER. C - C - V: CALIFICAR - CALIBRAR - VALIDAD. GMP TRAINING & CONSULTING.
2013. CURSO - TALLER. VALIDACIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS. CHEM CONSULTORES.
2011. III FORO DEL SECTOR LECHERO ECUATORIANO.
2011. SEMINARIO - TALLER. ACTUALIZACIÓN Y FORTALECIMIENTO CURRICULAR.
2011. SEMINARIO - TALLER. PLANIFICACIÓN CURRICULAR POR COMPETENCIAS.
2010. PRIMER CONGRESO DE INOCUIDAD ALIMENTARIA. MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA. OAE. HOTEL PLAZA.
2010. SIMPOSIO DE BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA Y DE ALIMENTOS. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO.
2010. II FORO DEL SECTOR LECHERO ECUATORIANO



GUSTAVO JOSÉ  
SANDOVAL CAÑAS

## Anexo 8 Registro SENESYT del experto



Secretaría de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

Quito, 10/11/2021

### CERTIFICADO DE REGISTRO DE TÍTULO

La Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, SENESYT, certifica que SANDOVAL CAÑAS GUSTAVO JOSE, con documento de identificación número 1713697538, registra en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador (SNIESE), la siguiente información:

Nombre: SANDOVAL CAÑAS GUSTAVO JOSE  
Número de documento de identificación: 1713697538  
Nacionalidad: Ecuador  
Género: MASCULINO

#### Título(s) de tercer nivel de grado

Número de registro	1005-13-1254412
Institución de origen	UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
Institución que reconoce	
Título	QUIMICO DE ALIMENTOS
Tipo	Nacional
Fecha de registro	2013-12-13
Observaciones	

Título(s) de cuarto nivel o posgrado

Número de registro	0761143265
Institución de origen	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA RIO GRANDE DEL SUR
Institución que reconoce	
Título	MASTER EN EDUCACION EN CIENCIAS: QUIMICA DE LA VIDA Y SALUD AREA DE CONCENTRACION: EDUCACION EN CIENCIAS
Tipo	Extranjero
Fecha de registro	2019-04-08
Observaciones	

**OBSERVACIÓN:**

- Los títulos de tercer nivel de grado ecuatorianos están habilitados para el ingreso a un posgrado.
- Los títulos registrados tanto nacionales como extranjero han sido otorgados por instituciones de educación superior vigentes al momento de la emisión de la titulación.
- El cambio de nivel de formación de educación superior de los títulos técnicos y tecnológicos emitidos por instituciones de educación superior nacionales se ejecutó en cumplimiento a la Disposición Transitoria Octava de la Ley Orgánica Reformatoria a la LOES, expedida el 2 de agosto de 2018.

**IMPORTANTE:** La información proporcionada en este documento es la que consta en el SNIESE, que se alimenta de la información suministrada por las instituciones del sistema de educación superior, conforme lo disponen los artículos 126 y 129 de la Ley Orgánica de Educación Superior y 56 de su Reglamento. El reconocimiento/registro del título no habilita al ejercicio de las profesiones reguladas por leyes específicas, y de manera especial al ejercicio de las profesiones que pongan en riesgo de modo directo la vida, salud y seguridad ciudadana conforme el artículo 104 de la Ley Orgánica de Educación Superior. Según la Resolución RPC-SO-16-No.256-2016.

En caso de detectar inconsistencias en la información proporcionada de titulaciones nacionales, se recomienda solicitar a la institución de educación superior nacional que emitió el título, la rectificación correspondiente y de ser una titulación extranjera solicitar la rectificación a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación.

Para comprobar la veracidad de la información proporcionada, usted debe acceder a la siguiente dirección:  
[www.educacionsuperior.gob.ec](http://www.educacionsuperior.gob.ec)



Alexandra Navarrete Fuertes  
Directora de Registro de Títulos  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



GENERADO: 10/11/2021 2.02 PM

Dirección: Alpeña 67-185 entre Av. Diego de Almagro y Whymper.  
Código postal: 170518 / Quito Ecuador  
Teléfono: 003-2 3914-300 / [www.educacionsuperior.gob.ec](http://www.educacionsuperior.gob.ec)

 Gobierno  
del Encuentro | Juntos  
lo logramos

## Anexo 9 Aval de URKUND



### Document Information

Analyzed document	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN HIDROALCOLICA DEL ENELDO.docx (D124637617)
Submitted	2022-01-11T22:51:00.0000000
Submitted by	Jeny Silva
Submitter email	jeny.silva@utc.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	gustavo.sandoval7538 utc@analysis.orkund.com

### Sources included in the report

SA	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / extracto hidroalcoholico del mortiño.pdf</b> Document extracto hidroalcoholico del mortiño pdf (D117788113) Submitted by: karla.zurita8231@utc.edu.ec Receiver: gustavo.sandoval7538 utc@analysis.orkund.com	5
SA	<b>Tesis.pdf</b> Document Tesis pdf (D98216187)	4
W	URL: <a href="http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1810-634X2018000200002&amp;lng=es&amp;nrm=iso">http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1810-634X2018000200002&amp;lng=es&amp;nrm=iso</a> Rioja, Fetched: 2022-01-11T22:52:00.0000000	3
SA	<b>Trabajo de titulación_Adriana Sofia Ortega Rodriguez.docx</b> Document Trabajo de titulación_Adriana Sofia Ortega Rodriguez.docx (D64894686)	3
SA	<b>TESIS NARCISA PALCHIZACA.docx</b> Document TESIS NARCISA PALCHIZACA.docx (D47212044)	2
SA	<b>Trabajo de Titulación-Cedeño-Liliana-Ganchozo-Jorge.docx</b> Document Trabajo de Titulación-Cedeño-Liliana-Ganchozo-Jorge.docx (D35199414)	5
W	URL: <a href="https://www.ecured.cu/Eneldo#Nombres_cient.C3.ADFico_y_com.C3.BAEditorial">https://www.ecured.cu/Eneldo#Nombres_cient.C3.ADFico_y_com.C3.BAEditorial</a> Fetched: 2022-01-11T22:52:00.0000000	1
W	URL: <a href="https://scholar.archive.org/work/jdrfr5xuiindhvaj7rth2a26i6i">https://scholar.archive.org/work/jdrfr5xuiindhvaj7rth2a26i6i</a> Fetched: 2022-01-11T22:51:58.3400000	1
W	URL: <a href="http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/390/198">http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/390/198</a> Merriam-Webster. Fetched: 2022-01-11T22:52:00.0000000	1

173697538  
Gustavo Sandoval

Maricela Trávez  
0509270937