



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS

NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN
HIDROALCOHÓLICA A PARTIR DEL ALBAHACA (*Ocimum
basilicum*) EN FUNCIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES Y
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros
Agroindustriales

Autores:

Lozano Suquilanda Gladys Maritza

Sopalo Acero Alex Jefferson

Tutor:

Rojas Molina Jaime Orlando Quím. Mg

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2022

DECLARACIÓN DE AUTORIA

Gladys Maritza Lozano Suquilanda, con cédula de ciudadanía No. 1104874696; y, Alex Jefferson Sopalo Acero, con cédula de ciudadanía No. 1726112582; declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del albahaca (*Ocimum basilicum*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante”, siendo el Químico Mg. Jaime Orlando Rojas Molina, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 25 de marzo del 2022

Gladys Maritza Lozano Suquilanda
Estudiante
CC: 1104874696

Alex Jefferson Sopalo Acero
Estudiante
CC: 1726112582

Quím. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina
Docente tutor
CC: 0502645435

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **LOZANO SUQUILANDA GLADYS MARITZA**, identificada con cédula de ciudadanía **1104874696** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del albahaca (*Ocimum basilicum*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2017 - Agosto 2017

Finalización de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 07 de Enero del 2022

Tutor: Quím. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina

Tema: “Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del albahaca (*Ocimum basilicum*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.

- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 25 días del mes de marzo del 2022.

Gladys Maritza Lozano Suquilanda
LA CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **SOPALO ACERO ALEX JEFFERSON**, identificado con cédula de ciudadanía **1726112582** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del albahaca (*Ocimum basilicum*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2016 - Marzo 2017

Finalización de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 7 de Enero del 2022

Tutor: Quím. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina

Tema: “Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del albahaca (*Ocimum basilicum*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.

- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 25 días del mes de Marzo del 2022.

Alex Jefferson Sopalo Acero
EL CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN HIDROALCOHÓLICA A PARTIR DEL ALBAHACA (*Ocimum basilicum*) EN FUNCIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE”, de Lozano Suquilanda Gladys Maritza y Sopalo Acero Alex Jefferson de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 25 de marzo del 2022

Quím. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina

DOCENTE TUTOR

CC: 0502645435

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulante: Lozano Suquilanda Gladys Maritza y Sopalo Acero Alex Jefferson, con el título de Proyecto de Investigación: “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN HIDROALCOHÓLICA A PARTIR DEL ALBAHACA (*Ocimum basilicum*) EN FUNCIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 25 de marzo del 2022

Lector 1 (Presidenta)

Ing. Mg. Zoila Eliana Zambrano Ochoa

CC: 0501773931

Lector 2

Ing. Mg. Ana Maricela Trávez Castellano

CC: 0502270937

Lector 3

Ing. Mg. Edwin Ramiro Cevallos Carvajal

CC: 0501864854

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios y mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto demostrando que hermosa es la vida y lo justa que puede llegar a ser, con su dedicación y paciencia con la que cada día se preocupaban, es simplemente único y se ve reflejado en la vida de su hija. Gracias por ser los principales promotores de mis sueños.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales y a mi Carrera Ingeniería de Agroindustria y a cada uno de los docentes por haberme formado en el ámbito académico y profesional.

De la misma manera agradeciendo a nuestro tutor de tesis Mg. Jaime Orlando Rojas Molina, el cual nos ha apoyado en el desarrollo de nuestro proyecto de investigación previo a obtener el título de Ingeniero.

Lozano Suquilanda Gladys Maritza

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por su bendición y cuidado a mi familia y a mí durante cada etapa de la vida.

A mis padres que me han brindado su apoyo incondicional para cumplir cada uno de mis logros y objetivos, su confianza, esfuerzo me han dado la fortaleza, sabiduría para seguir adelante y no rendirme. Sus consejos y regaños me han guiado por el camino del bien y no caerme, que a pesar de las circunstancias mientras tengamos vida podemos seguir avanzando. Hermanos, compañeros, amigos por la compañía, los momentos felices, sus consejos y apoyos.

Los Docentes de mi carrera por su entrega, paciencia, esfuerzo y compromiso, que formaron gran parte de los conocimientos que hoy poseo y guiarme para ser una mejor persona y profesional.

A mi tutor de tesis Mg. Orlando Rojas por su apoyo, conocimiento y paciencia durante el desarrollo de nuestro proyecto, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial.

Finalmente me agradezco a mí por la fortaleza, valentía, perseverancia y decisión de no rendirme a pesar de los problemas y obstáculos, manteniendo en mente que en la vida hay que tener sueños, metas y objetivos para seguir adelante y como resultado he alcanzado un logro y algunos más a futuro, en la que me siento orgulloso y de esta manera compartir con mi querida familia.

Sopalo Acero Alex Jefferson

DEDICATORIA

A mis padres Manuel y María por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad, quienes con su amor paciencia y esfuerzo del día a día, me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por sembrar en mí el ejemplo de esfuerzo y dedicación, y no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mi hijo Sayri eres mi más grande inspiración y a mis hermanos, por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso por estar conmigo en todo momento, a mis abuelitos porque con sus oraciones consejos y palabras de aliento hicieron de mí una buena persona.

Lozano Suquilanda Gladys Maritza

DEDICATORIA

A mí madre María Acero por sentirme honrado de haber nacido en el vientre de ella, una mujer valiente, decidida, invencible ante la vida y luchadora por los hijos.

A mí padre Juan Sopalo por el esfuerzo en trabajar para que no faltará nada y por todo su amor, un hombre a modelo a seguir y ser un gran ejemplo.

A mis hermanos Cristofer y Sebastian por sus consejos, respaldo y cariño que me han impulsado a seguir adelante.

De esta manera dedico a mi familia que me han dado su confianza y esfuerzo para seguir adelante y como resultado han forjado la superación de triunfar, no rendirme, ser una persona amable, buena y deseos de salir adelante en el camino difícil de la vida.

Por eso entrego este trabajo a ellos, fruto de mi esfuerzo, constancia y dedicación por el objetivo cumplido.

Sopalo Acero Alex Jefferson

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN HIDROALCOHÓLICA A PARTIR DEL ALBAHACA (*Ocimum basilicum*) EN FUNCIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE”

AUTORES: Lozano Suquilanda Gladys Maritza
Sopalo Acero Alex Jefferson

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo principal optimizar el proceso de extracción hidroalcohólica a partir de la planta de albahaca (*Ocimum basilicum*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante, por lo tanto, se recolectó el material vegetal y posteriormente se deshidrató en una estufa modelo universal 30 a una temperatura de 40°C durante 72 horas y se comprobó la humedad final de 5 % mediante la metodología de secado en estufa. La albahaca es una planta aromática que tiene la presencia de compuestos fenólicos, lo cual contribuye a su fuerte capacidad antioxidante. En la investigación se determinó el perfil fitoquímico de la droga cruda, obteniendo metabolitos secundarios; extracto etéreo los compuestos grasos, agrupamiento lactónico y triterpenos/esteroides, extracto etanólico los compuestos fenólicos, quinonas/benzoquinonas y flavonoides y en el extracto acuoso los alcaloides y mucílagos. Posteriormente se empleó un diseño superficie respuesta, en donde los factores de estudio fueron la concentración de etanol (60%, 75% y 90%), temperatura de extracción (30°C, 45°C y 60°C) y tiempo de extracción (6 horas, 15 horas y 24 horas). Para la elaboración del diseño experimental y el procesamiento de los datos se utilizó el programa estadístico Desing Expert 8.0.6, donde se obtuvo 27 corridas experimentales, dando como mejor tratamiento la corrida 23 con una temperatura de 60°C, un tiempo de 24 horas y una concentración de etanol de 90 %, obteniendo 102.42 (mg/g) de contenido de polifenoles y 770.13 (uM Fe²⁺/g muestra) en la actividad antioxidante. Se comprobó el proceso de optimización numérica, dando como condiciones óptimas en la concentración etanol 89.82%, tiempo de extracción 23.34 horas y temperatura de extracción 59.90°C, con un contenido de polifenoles de 102.442 (mg/g) y capacidad antioxidante de 778.403 (uM Fe²⁺/g muestra), mediante una comparación de los valores experimentales se realizaron los análisis fisicoquímicos del extracto optimizado, obteniendo valores de contenido de polifenoles de 103.23 mg AG/g, poder antioxidante de reducción férrica (frap) 779.88 uM Fe²⁺/g muestra, poder antioxidante de reducción férrica (abts) 15,12 µmol ET /g, un pH 5.67, acidez 0,31 %m/m ácido sulfúrico y una humedad de 98,02%. Los valores de los experimentos obtenidos en el caso del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante, resultaron valores superiores a la optimización numérica.

Palabras clave: contenido de polifenoles, capacidad antioxidante, optimización, extracción y albahaca.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “OPTIMIZATION OF THE HYDROALCOHOLIC EXTRACTION PROCESS FROM BASIL (*Ocimum basilicum*) BASED ON POLYPHENOL CONTENT AND ANTIOXIDANT CAPACITY”

AUTHORS: Lozano Suquilanda Gladys Maritza
Sopalo Acero Alex Jefferson

ABSTRACT

The main purpose of this research project was to optimize the hydroalcoholic extraction process from the basil plant (*Ocimum basilicum*) in terms of polyphenol content and antioxidant capacity, therefore, the plant material was collected and subsequently dehydrated in an oven model universal 30 at a temperature of 40°C for 72 hours and the final humidity of 5 % was checked using the oven-drying methodology. Basil is an aromatic plant with phenolic compounds, which contributes to its strong antioxidant capacity. In the research, the phytochemical profile of the crude drug was determined, obtaining secondary metabolites; ethereal extract the fatty compounds, lactonic clustering and triterpenes/steroids, ethanolic extract the phenolic compounds, quinones/benzoquinones and flavonoids and in the aqueous extract the alkaloids and mucilages. Subsequently, a response surface design was used, where the study factors were ethanol concentration (60%, 75%, and 90%), extraction temperature (30°C, 45°C, and 60°C), and extraction time (6 hours, 15 hours and 24 hours). For the elaboration of the experimental design and data processing, the statistical program Desing Expert 8.0.6 was used, where 27 experimental runs were obtained, giving as best treatment run 23 with a temperature of 60°C, a time of 24 hours and an ethanol concentration of 90%, obtaining 102.42 (mg/g) of polyphenol content and 770.13 (uM Fe²⁺/g sample) in antioxidant activity. The numerical optimization process was checked, giving as optimum conditions in ethanol concentration 89.82%, extraction time 23.34 hours, and extraction temperature 59.90°C, with a polyphenol content of 102.442 (mg/g) and antioxidant capacity of 778. 403 (uM Fe²⁺/g sample), through a comparison of the experimental values the physicochemical analysis of the optimized extract was performed, obtaining values of polyphenol content of 103.23 mgAG/g, the antioxidant power of ferric reduction (frap) 779.88 uM Fe²⁺ /g sample, the antioxidant power of ferric reduction (abts) 15.12 μmol ET /g, a pH 5.67, acidity 0.31 %m/m sulfuric acid and, a humidity of 98.02%. The experimental values obtained in the case of polyphenol content and antioxidant capacity were higher than the numerical optimization.

Keywords: polyphenol content, antioxidant capacity, optimization, extraction, and basil.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORIA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xxi
ÍNDICE DE FIGURAS	xxii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xxiii
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	3
3.1. Beneficiarios directos.....	3
3.2. Beneficiarios indirectos.....	3
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
5. OBJETIVOS	4
5.1. Objetivo General.....	4
5.2. Objetivo Específico.....	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
7.1. Antecedentes	6
7.2. Fundamentación teórica	8

7.2.1.	<i>Albahaca</i>	8
7.2.2.	<i>Origen</i>	8
7.2.3.	<i>Botánica de la planta</i>	8
7.2.4.	<i>Taxonomía</i>	9
7.2.5.	<i>Principios activos de la albahaca</i>	9
7.2.6.	<i>Composición química</i>	10
7.2.7.	<i>Propiedades medicinales</i>	10
7.2.8.	<i>Producción de albahaca</i>	11
7.2.9.	<i>Metabolitos secundarios</i>	12
7.2.10.	<i>Compuestos fenólicos</i>	12
7.2.10.1.	Flavonas	12
7.2.10.2.	Flavonoles	12
7.2.10.3.	Flavanoles	13
7.2.10.4.	Isaflavones	13
7.2.10.5.	Flavanonas	13
7.2.10.6.	Antiocianidinas.....	13
7.2.10.7.	Ácidos fenólicos	13
7.2.10.8.	Ligninas	14
7.2.10.9.	Taninos	14
7.2.10.10.	Lignanós.....	14
7.2.10.11.	Estilbenos	14

7.2.11.	<i>Terpenos</i>	14
7.2.11.1.	Sesquiterpenos	15
7.2.11.2.	Triterpenos	15
7.2.11.3.	Diterpenos	15
7.2.11.4.	Tetraterpenos	15
7.2.12.	<i>Compuestos nitrogenados</i>	15
7.2.12.1.	Alcaloides	15
7.2.12.2.	Los glicósidos cianogénicos	16
7.2.13.	<i>Extracción</i>	17
7.2.13.1.	Clasificación de extractos.....	17
7.2.14.	<i>Utilización de extractos en la industria alimentaria</i>	17
7.2.15.	<i>Extractos vegetales</i>	18
7.2.16.	<i>Secado</i>	18
7.2.16.1.	Dsecación	18
7.2.17.	<i>Métodos de extracción</i>	19
7.2.17.1.	Percolación.....	19
7.2.17.2.	Maceración.....	19
7.2.17.3.	Decocción	19
7.2.17.4.	Infusión	19
7.2.17.5.	Digestión.....	19
7.2.18.	<i>Factores que interfieren en la obtención de extractos vegetales</i>	19

7.2.18.1.	Superficie de la partícula	19
7.2.18.2.	Agitación.....	20
7.2.18.3.	Temperatura	20
7.2.18.4.	pH.....	20
7.2.18.5.	Solvente	20
7.2.18.6.	Tiempo.....	20
7.2.18.7.	Relación sólido-líquido	20
7.2.19.	<i>Identificación de compuestos</i>	21
7.2.19.1.	Perfil fitoquímico.....	21
7.2.19.2.	Tamizaje fitoquímico	21
7.2.20.	<i>Método de FRAP</i>	22
7.2.21.	<i>Metodo de Folin-Ciocalteau</i>	22
7.2.22.	<i>Método de ABTS</i>	23
7.3.	Marco Conceptual.....	23
8.	VALIDACIÓN DE LAS HIPÓTESIS	25
8.1.	Hipótesis nula	25
8.2.	Hipótesis alternativa.....	25
8.3.	Validación	25
9.	METODOLOGÍAS / DISEÑO EXPERIMENTAL	25
9.1.	Tipos de investigación.....	25
9.1.1.	<i>Investigación cuantitativa</i>	25

9.1.2.	<i>Investigación cualitativa</i>	26
9.1.3.	<i>Investigación descriptiva</i>	26
9.1.4.	<i>Investigación bibliográfica</i>	26
9.1.5.	<i>Investigación experimental</i>	26
9.2.	<i>Técnica</i>	27
9.2.1.	<i>Observación</i>	27
9.2.1.1.	<i>Instrumentos para registrar la investigación</i>	27
9.3.	<i>Materiales y equipos</i>	27
9.3.1.	<i>Equipos</i>	27
9.3.2.	<i>Materiales de laboratorio</i>	27
9.3.3.	<i>Reactivos</i>	28
9.4.	<i>Descripción del proceso para la obtención de la droga cruda</i>	29
9.4.1.	<i>Recepción</i>	29
9.4.2.	<i>Selección</i>	29
9.4.3.	<i>Secado</i>	30
9.4.4.	<i>Molido</i>	30
9.4.5.	<i>Envasado</i>	31
9.4.6.	<i>Almacenamiento</i>	31
9.4.7.	<i>Determinación del contenido de humedad</i>	32
9.4.8.	<i>Preparación de la muestra</i>	32
9.4.9.	<i>Obtención del extracto</i>	32

9.4.10.	<i>Determinación de contenido de polifenoles.....</i>	32
9.4.10.1.	Curva de patrón de Folin – Ciocalteu.....	33
9.4.11.	<i>Determinación de la capacidad antioxidante</i>	33
9.4.11.1.	Curva de patrón de FRAP	34
9.4.11.2.	Método ABTS	34
9.4.12.	<i>Caracterización físico-química de extracto vegetal.....</i>	34
9.4.12.1.	Propiedades organolépticas.	34
9.4.12.2.	Contenido de polifenoles y capacidad antioxidante	35
9.4.12.3.	pH.....	35
9.4.12.4.	Acidez.....	35
9.4.12.5.	Humedad.....	35
9.5.	Diagrama de flujo de la obtención de la droga cruda	36
9.6.	Diseño experimental	37
9.6.1.	<i>Factores de estudio</i>	37
9.6.2.	<i>Descripción de las corridas.....</i>	37
9.6.3.	<i>Operacionalización de las variables</i>	38
10.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	39
10.1.	Análisis perfil fitoquímico	39
10.2.	Matriz experimental.....	40
10.3.	Modelo codificado de la cantidad de polifenoles.....	41
10.4.	Modelo codificado de la capacidad antioxidante	43

10.5.	Optimización numérica del proceso de extracción hidroalcohólica de la droga cruda de albahaca.	46
10.6.	Caracterización físico-químicas del extracto optimizado	49
11.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES).....	51
11.1.	Impacto técnico	51
11.2.	Impacto social	51
11.3.	Impacto económico	51
11.4.	Impacto ambiental	51
12.	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTO.....	52
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
13.1.	Conclusiones	53
13.2.	Recomendaciones.....	54
14.	BIBLIOGRAFÍA.....	55
15.	ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Actividades en relación a los objetivos planteados.....	5
Tabla 2.	Taxonomía de la albahaca	9
Tabla 3.	Composición química de la albahaca (100g)	10
Tabla 4.	Métodos cualitativos e identificación de metabolitos secundarios.....	21
Tabla 5.	Descripción del diseño.	37
Tabla 6.	Representación de las corridas experimentales.	37
Tabla 7.	Operacionalización de las variables en estudio.	38

Tabla 8. Tamizaje fitoquímico de la droga cruda de la albahaca.	39
Tabla 9. Matriz experimental para la evaluación de polifenoles y actividad antioxidante de la albahaca.....	40
Tabla 10. Parámetros del modelo codificado para el contenido de polifenoles totales.....	41
Tabla 11. Parámetros del modelo codificado del poder antioxidante reductor del hierro.	43
Tabla 12. Solución optimizada que cumple con las restricciones.	46
Tabla 13. Valores obtenidos del predicho y experimental a las condiciones definidas en el proceso de optimización.	47
Tabla 14. Caracterizaciones sensoriales.....	49
Tabla 15. Caracterizaciones físico-químicas.	49
Tabla 16. Determinación de compuestos bioactivos.	50
Tabla 17. Presupuesto.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reacción de FRAP, a diferentes concentraciones del agente antioxidante.	22
Figura 2. Microplaca que muestra las coloraciones del reactivo de Folin-Ciocalteau a diferentes concentraciones de polifenoles.	23
Figura 3. Reacción del radical ABTS frente al TROLOX 15Mm a diferente tiempo de reacción.	23
Figura 4. Recepción de la planta de albahaca.....	29
Figura 5. Selección de la planta.....	30
Figura 6. Secado de la planta.	30
Figura 7. Molido de la planta deshidratada.	31
Figura 8. Envasado de la droga cruda.....	31
Figura 9. Diagrama de flujo de la obtención de la droga cruda.	36

Figura 10. Diagrama de flujo de la optimización del extracto.	36
Figura 11. Efecto de la temperatura y el tiempo sobre el contenido de polifenoles.	42
Figura 12. Efecto de la temperatura y el tiempo sobre la capacidad antioxidante.....	45
Figura 13. Relación del optimizado.	48
Figura 14. Recepción de la planta de albahaca.	62
Figura 15. Selección y limpieza.	62
Figura 16. Troceado y pesaje de la planta de albahaca.	63
Figura 17. Deshidratado de la albahaca a 40 °C por 72 horas.	63
Figura 18. Obtención de la droga cruda de albahaca a través de la molienda.....	63
Figura 19. Determinación de humedad de la droga cruda de albahaca.	64
Figura 20. Pesaje de las muestras.	64
Figura 21. Extractos hidroalcohólicos.	65
Figura 22. Procedimiento del método folin-cilcateur y frap.....	65
Figura 23. Determinación del contenido de poli fenólicos y capacidad antioxidante mediante el espectrofotómetro.	65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1. Proceso de la obtención de la droga cruda.....	62
Anexos 2. Proceso de la extracción hidroalcohólica de la albahaca.	64
Anexos 3. Hoja de vida del docente tutor	66
Anexos 4. Datos del postulante Lozano Gladys	67
Anexos 5. Datos del postulante Sopalo Alex	68

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título de investigación

“Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del albahaca (*Ocimum Basilicum*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante,”

Fecha de inicio

Abril 2021

Fecha de finalización

Febrero 2022

Lugar de ejecución

Barrio: Eloy Alfaro

Parroquia: Salache bajo

Cantón: Latacunga

Provincia: Cotopaxi – Zona 3

Institución

Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia

Carrera de Agroindustria

Nombres de equipo de investigación

Tutor de titulación

Rojas Molina Jaime Orlando Mg.

Estudiantes

Lozano Suquilanda Gladys Maritza

Sopalo Acero Alex Jefferson

Área de conocimiento

Área: Ingeniería, industria y construcción.

Sub-área: Industria y producción

Línea de investigación

Línea: Desarrollo y seguridad alimentaria.

Sublínea: Optimización de procesos tecnológicos agroindustriales.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Las civilizaciones han utilizado las plantas con fines medicinales, a través de la historia por la capacidad de observar y comprender patrones, reconocieron el poder curativo de las plantas. En ese momento no encontraron una explicación de cómo funcionaban por lo cual asociaron sus efectos a la magia o a la intervención de los dioses. El avance de la ciencia y la tecnología ayudó a sintetizar químicamente los principios activos presentes en las plantas (Maldonado et al., 2020)

La albahaca (*Ocimum basilicum*) posee un aroma intenso, por sus compuestos bioactivos los mismos que previenen y combaten problemas de salud como resfriados, presión alta, enfermedades cardiovasculares, insomnio, malestar digestivo, es un excelente diurético, mitiga el dolor de la cabeza, mejora el sistema inmune, respiratorio, estrés, sedante para calmar los nervios, cicatrizante, antiinflamatorio, antibacteriano, analgésico, antirreumáticos y antivirales. En la actualidad por el estilo de vida, la alimentación está cargada de productos procesados, aditivos, pesticidas, hormonas de crecimiento, y es muy baja en nutrientes esenciales, conduciendo que muchas personas no sigan una alimentación equilibrada, todo eso lleva a una lenta degeneración celular que se convertirá a lo largo de los años en enfermedades crónicas, inflamatorias o de difícil diagnóstico (Palomares, 2020).

Los extractos hidroalcohólicos son maceraciones con una concentración de ciertos principios activos de la planta. Su grado de alterabilidad es pequeño comparado con los otros extractos y

tienen la ventaja de llevar incluida la esencia de la planta. El alcohol tiene efectos antibacterianos, inhibe la actividad enzimática y tiene mayor capacidad de extracción que el agua (Amaguaña & Churuchumbi, 2018).

La agroindustria busca elaborar productos seguros, eficaces y de calidad, controlando todos los factores que pueden influir en el proceso de producción. Es por este motivo que la presente investigación busca optimizar la extracción hidroalcohólica de la albahaca en base a su contenido total de polifenoles y actividad antioxidante, mediante corridas experimentales Desing Expert determinará las mejores condiciones para mayor concentración de compuestos bioactivos. De tal manera que el aporte investigativo proveerá información muy útil para próximas investigaciones con el fin de aprovechar sus bondades en la industria alimentaria para dar valor agregado a los productos finales para que este satisfaga las necesidades del consumidor, estandarizar el proceso y ser una base para futuras investigaciones.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

3.1. Beneficiarios directos

Según (MAG 2022) manifiesta que la provincia de Tungurahua zona 3 cuenta con una población total de 608.583 en el cual más de 20 familias campesinas se dedican a la producción agroecológica y sin químicos, los cuales serán beneficiados los que se dedican al cultivo de albahaca.

3.2. Beneficiarios indirectos

Los docentes y estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la carrera de ingeniería agroindustrial ya que aportan en el apoyo institucional a la investigación sobre el potencial de la albahaca y llevar a cabo investigaciones con la aplicación de la planta en la agroindustria.

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los consumidores buscan productos innovadores sin comprometer el sabor y conveniencia, porque existe desconfianza sobre el uso de aditivos considerando que creen que su uso no es

seguro, puede ser por información insuficiente o errónea, provocando incertidumbre en los consumidores. Los aditivos sintéticos son económicos, sin embargo, los beneficios y los riesgos es algo complejo muchos de ellos son indispensables, pero con el tiempo afectan a la salud del consumidor desatándose en enfermedades catastróficas. Los aditivos naturales son una alternativa para un mejor estilo de vida.

La estandarización del extracto de albahaca permite caracterizar los compuestos bioactivos, lo cual da una alternativa a la industria para su aplicación en productos que satisfagan las necesidades de los consumidores. Los extractos vegetales y su empleo en la industria alimentaria se encuentran sometidos a una gran paradoja, por sus métodos de extracción, variabilidad de los disolventes, etc. Al no apoyar esta investigación, se estará perdiendo una lista más de compuestos bioactivos que contiene dicha planta para su posterior aplicación.

Debido a la presencia de compuestos bioactivos en la albahaca como antioxidantes y polifenoles estos son antiinflamatorios, antibacterianos, potencial acción del sistema inmunitario, facilitando la actividad de determinadas enzimas imprescindibles para una buena digestión, entre otras. La estandarización está limitada por falta de tecnología, el cual si existiera suficientes medios nos permitiría optimizar, simplificar, ahorrar costos y tiempo, buscando la excelencia del producto, actualmente la ingeniería Agroindustrial ha venido desempeñando un papel importante por su capacidad de adaptarse a nuevos conocimientos, siendo el principio para la utilización de sistemas de diseño y manufactura permitiendo obtener resultados precisos.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

- Optimizar el proceso de extracción hidroalcohólica a partir del albahaca (*Ocimum basilicum*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante.

5.2. Objetivo Específico

- Determinar el perfil fitoquímico de la albahaca por medio de ensayos cualitativos.
- Extraer los compuestos bioactivos de la planta de albahaca a través de soluciones hidroalcohólicas.
- Caracterizar el extracto hidroalcohólico de la droga cruda optimizada mediante ensayos físicos-químicos.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. *Actividades en relación a los objetivos planteados*

Objetivos	Actividad	Resultado de la Actividad	Medios de verificación
Determinar el perfil fitoquímico de la albahaca por medio de ensayos cualitativos.	Recolección de las muestras. Selección de la planta. Deshidratado y molido de la albahaca. Mediante ensayos cualitativos determinar los compuestos químicos.	Confirmar la existencia de metabolitos secundarios que se encuentran en el extracto de albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>)	Datos del perfil fitoquímico de la droga cruda de albahaca. (<i>Ocimum basilicum</i>) (Tabla 8).
Extraer los compuestos bioactivos de la planta de albahaca a través de soluciones hidroalcohólicas.	Determinación experimental del contenido de polifenoles y actividad antioxidante. Efectuar los respectivos cálculos. Insertar en Desing Expert los datos obtenidos.	Valorar la actividad antioxidante y polifenoles totales del extracto de albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>).	Informe de resultados del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante (Figura 11y 12).
Caracterizar el	Determinación de las	Expresar	Tabla de resultados

extracto hidroalcohólico de la droga cruda optimizada mediante ensayos físicos-químicos.	características sensoriales y fisicoquímicas del extracto hidroalcohólico optimizado.	cuantitativamente y cualitativamente el extracto optimizado de albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>).	de las características físico-químicas del extracto optimizado (Tabla 14,15 y 16).
--	---	--	--

Elaborado por: (Lozano G. & Sopalo A.)

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. Antecedentes

Según Marín (2019) el trabajo de titulación “Contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante in vitro del extracto seco de semillas de albahaca (*Ocimum basilicum L.*)” realizada en la Universidad Católica los Ángeles Chimote, manifiesta que para demostrar la actividad antioxidante depende directamente del contenido de los polifenoles libres y solubles, mediante el método de Foling Ciocalteau los resultados son expresado en $\mu\text{g/ml}$ de equivalente de ácido gálico y para actividad antioxidante, método de cambio de color DPPH, expresado como porcentaje de decoloración.

Según Morales et al., (2016) en el libro “Investigación en plantas de importancia médica” menciona en la preparación de extractos, para los principios activos se extrae por medio de decocción o infusión, en cambio para analizar compuestos bioactivos de una droga vegetal, se utilizan métodos de extracción más sofisticados, que cuantifican los principios activos. La extracción por maceración es un método de extracción sólido-líquido, del cual se procede el material vegetal se corta en pequeños trozos o molido, fresco o secos, se coloca en un recipiente adecuado, añadiendo el solvente seleccionado en reposo o agitación continua, a temperatura ambiente.

Según López & Escobar (2018) en el trabajo de titulación “Obtención de un ingrediente activo micro encapsulado con propiedades antiinflamatorias a partir de 8 plantas medicinales” describe que la planta de albahaca tienen compuestos químicos conocidos por sus propiedades

medicinales, flavonoides poli fenólicos como la orientina y la vicenina, aceites esenciales como el eugenol, citronelol, lináloe, cidral, limoneno y terpinol, betacaroteno, vitamina A, criptoxantina, luteína y zeaxantina, además propiedades antiinflamatorias, antibacterianas y antioxidantes, protección contra los radicales libres y las especies reactivas de oxígeno que juegan un papel importante en el envejecimiento, filtra los rayos UV.

Según Barre et al, (2019) en su investigación “Efecto del extracto de albahaca y moringa en la estabilidad y vida útil del aceite de soya” menciona que los extractos de la hoja de moringa y de la hoja de albahaca presenta potentes antioxidantes, lo cuales pueden ser reemplazadas por antioxidantes sintéticos como el butilhidroxianisol (BHT), la Terbutilhidroquinona (TBHQ), y los galatos. De esta manera se han demostrado que reducen el doble los niveles de peróxidos, dienos, trienos conjugados y los valores de p-anisidina, en los aceites a los que se añadió el extracto.

Según Rosas et al, (2018) en el capítulo “Actividad antimicrobiano y antioxidante de extractos naturales de plantas en productos cárnicos” del libro titulado Tecnología aplicadas en la producción, calidad y competitividad de la carne de especies pecuarias, indica que la oxidación de lípidos y el crecimiento microbiano proporciona la degradación de la carne y disminuyendo su vida de anaquel, dando uso a los conservadores sintéticos, pero se ha demostrado efectos negativos contra la salud. Por lo tanto, la demanda de productos cárnicos de calidad, saludables y seguros ha dado lugar a estudios de origen natural que tienen el potencial de reemplazar los productos sintéticos, entre ellas el extracto de albahaca presenta una actividad antioxidante, que reduce en algunos casos el 50% de los radicales libres, esta actividad antioxidante y antimicrobiana puede deberse a los compuestos presentes como carvacrol, eugenol y timol.

Según Gavilanez (2020) en la tesis investigada “Optimización del proceso de extracción a partir del orégano (*Origanum vulgare L.*)” indica que el empleo del programa Desing Expert

8.0.6 para el diseño experimental, selecciona al extracto que presenta mayor rendimiento en los polifenoles totales y actividad antioxidante, posteriormente el método de optimización numérica a través de un diseño superficie respuesta, genera un modelo matemático que describe las variaciones de las variables de cada extracto.

7.2. Fundamentación teórica

7.2.1. Albahaca

Es una planta aromática perenne, anual, con tallos erectos y ramificados, sus hojas son de forma oval con bordes ligeramente dentadas y sus flores de color blanca que se cultiva en lugares templados es conocida por sus propiedades medicinales y usos culinarios (Singh et al., 2020).

7.2.2. Origen

Para Fonnegra & Luz considera que la albahaca es una planta majestuosa con agradable aroma debido a que “El nombre del género *Ocimum* proviene de la palabra griega *ókimon*, que significa oloroso, en alusión al aroma de hojas. El nombre del epíteto *basilicum* viene de *basilikon* o *basiléus*, que significa rey, real o regio” (2007, pág. 35).

Esta planta es originaria del Asia meridional, principalmente de la India, se ha cultivado desde la antigüedad hace 5.000 años y actualmente se encuentra en todos los climas templados y tierras bajas del mundo. Se le llama hierba sagrada o hierba real, en esta cultura se la considera un símbolo de felicidad y amor, en los hogares se cree que ofrece protección al alma, de manera similar la colocación de una hoja de albahaca sobre el difunto garantiza la entrada al paraíso (Ramírez, 2005).

7.2.3. Botánica de la planta

Es una planta herbácea anual, posee tallos erectos ramificados, alcanza una altura de 30 a 50 cm y sus hojas son lanceoladas ligeramente dentadas, suaves de un tamaño

aproximado de 2 a 5 cm. Las flores son blancas dispuestas en espigas alargadas, se encuentran en la parte superior del tallo o en los extremos de las ramas (Ruiz et al., 2016).

7.2.4. *Taxonomía*

Tabla 2. *Taxonomía de la albahaca*

Clasificación Taxonómica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asterida
Orden	Lamiales
Familia	Lamiaceae
Subfamilia	Napetoideae
Género	Ocimum
Especie	Ocimum basilicum L

Fuente: (Calderón 2016)

7.2.5. *Principios activos de la albahaca*

Las plantas medicinales son las principales fuentes para el desarrollo de la medicina moderna, su acción curativa es producidos por sustancias químicas que generan efectos fisiológicos en el organismo. Estas sustancias se denominan principios activos y son productos del metabolismo secundario que genera la planta, estas presentan propiedades medicinales, algunos actúan como antimicrobiano, antibióticos, analgésicos o estimulantes (Gonzáles, 2004).

Para Condori menciona que “La albahaca contiene compuestos fenólicos y flavonoides, por ejemplo: el ácido cinámico, el ácido cafeico y ácido ferúlico. Estos compuestos son antioxidantes potentes, limpiadores de radicales libres y agentes quelantes” (2020,pág 18).

La actividad antioxidante está relacionada con la presencia de polifenoles o compuestos fenólicos y gracias a su poder antioxidante presenta efectos positivos, como son antimicrobiano, anticancer, antiinflamatorias entre otros (Darío, 2018).

7.2.6. Composición química

Tabla 3. Composición química de la albahaca (100g)

Factor / Nutriente	Contenido	Unidad
Agua	90.96	%
Energía	27	kcal
Proteína	2.54	g
Grasa total	0.61	g
Carbohidratos	4.34	g
Fibra dietética total	3.90	g
Ceniza	1.55	g
Calcio	154	mg
Fosforo	69	mg
Hierro	3.17	mg
Tiamina	0.03	mg
Riboflavina	0,076	mg
Niacina	0,093	mg
Vitamina C	18	mg
Vitaminas A	264	mcg
Equivalente de Retinol		
Ac, grasos mono-insat.	0.09	g
Ac, grasos poli-insaturados	0.39	g
Ac, grasos saturados	0.04	g
Colesterol	0	mg
Potasio	462	mg
Sodio	4	mg
Zinc	0.85	mg
Magnesio	81	mg
Vit. B6	0.13	mcg
Vit. B12	0.00	mcg
Ácido fólico	0	mcg

Fuente: (Teran, 2019)

7.2.7. Propiedades medicinales

La albahaca es una planta medicinal porque contiene compuestos volátiles responsables de su aroma y sabor. Las investigaciones reportan compuestos aromáticos como monoterpenos, fenilpropanoides, sesquiterpenos, aldehído y ésteres. Además, contiene vitaminas y minerales como el calcio, hierro, manganeso, magnesio, potasio y vitamina C (Palomares, 2020).

Las hojas de albahaca como uso de té sirven para prevenir la gripe, asma, inflamaciones, diabetes, fiebre, dolor estomacal, conjuntivitis e infecciones en la piel (Leos et al., 2020).

Así mismo el uso como ingrediente activo en productos orales, por su actividad antimicrobiana y propiedades antioxidantes, se ha utilizado en la industria farmacéutica. El consumo de la albahaca es beneficioso para los problemas de insomnio y ansiedad, activa la función intestinal, combate el cansancio físico y mental, elimina los cálculos renales, favorece la digestión de los alimentos, previene la debilidad muscular, alivia el dolor de estómago y los vómitos, mejora las condiciones respiratorias, repele los mosquitos, activa el sistema inmunológico, combate el envejecimiento prematuro, mejora la salud de las arterias, reduce la inflamación, elimina o alivia los dolores de cabeza, eficaz para la laringitis y faringitis, se utiliza para aliviar el dolor del oído, la tos, fortalece y previene la caída del cabello y la cicatrización de las heridas (Palomares, 2020).

En infusión caliente aplicada en compresas sobre zonas afectadas para los dolores reumáticos, además actúa extraordinariamente en las inflamaciones crónicas de los riñones, resultando ligeramente diurético, sobre todo en las inflamaciones de las mucosas de uréteres, vejiga y uretra. Para la conciliación de sueño, sobre todo para aquellas personas que tienen digestiones pesadas después de las cenas a pesar de hacerlas moderadas, se recomienda utilizar para depurar el tubo digestivo, se toma la infusión en ayunas a los 10 o 15 minutos de haberlo tomado una cucharada de aceite de oliva (Ara, 1994).

7.2.8. Producción de albahaca

En el comercio mundial la albahaca exporta e importa cómo un total en 2013 de (820.162 MT- 8201.77 MT) y los principales exportadores es China, India, Madagascar, Egipto, México, mientras los principales importadores fueron China, incluye Hong Kong SA, EE.UU., Alemania, Madagascar. [Fuentes: Cálculos del ITC basados en estadísticas de COMTRADE de las Naciones Unidas. En el mercado mundial es importada en 2013, fue valuado en 3.086.654 miles de USD y la exportada fue de 2.829.966 miles de USD, China aporta aproximadamente el 25% del mercado de exportación en 2013. Demostrando que la

albahaca obtiene un crecimiento internacional en cantidad exportada entre 2012 y 2013 (613.772- 820.162) MT respectivamente, un porcentaje de 25% (CODEX, 2016).

7.2.9. Metabolitos secundarios

Estas sustancias no participan de forma directa en el crecimiento de la planta, sino que aportan a que produzca una ventaja para responder a estímulos del entorno (Verde et al., 2016).

La composición depende de la etapa de crecimiento de la planta y sus niveles aumentan por estrés abiótico o biótico. Este aumento es importante para la supervivencia, ya que constituyen parte importante a la respuesta de defensa o ataques (Sierra et al., 2018).

7.2.10. Compuestos fenólicos

Poseen un anillo aromático con un grupo hidroxilo, estas sustancias son solubles en solventes orgánicos, otros son ácidos carboxílicos y glicósidos solubles en agua, algunos polímeros muy insolubles (Gershenzon, 2006).

La clasificación general de los compuestos fenólicos se divide en dos grandes grupos; los compuestos flavonoides y no flavonoides (Barraza et al, 2017).

7.2.10.1. Flavonas

Están formados de un grupo carbonilo en posición 4 del anillo C y carecen de un grupo hidroxilo y carecen del grupo hidroxilo en la posición C3, los estudios han demostrado que presenta actividades como, farmacológica, antioxidantes, citotóxica, antimicrobiano, antiinflamatoria y antialérgica (Barraza et al, 2017).

7.2.10.2. Flavonoles

La quercetina se encuentra en este grupo, presenta un grupo carbonilo y un grupo hidroxilo, se unen en azúcares en C3 y con menor frecuencia en la C7 del anillo (Barraza et al, 2017).

7.2.10.3. Flavanoles

En este grupo se integran la catequina y epicatequina, diversos estudios han reportado que presenta un potencial antivirales y protectores de los eritrocitos humanos (Barraza et al, 2017).

7.2.10.4. Isoflavones

Tienen un grupo hidroxilo en la posición 7 y 4, esto le confiere la capacidad de unirse a los receptores de estrógeno (Barraza et al, 2017).

7.2.10.5. Flavanonas

Existen en muy pequeñas cantidades, son incoloros o solo ligeramente amarillos. Demuestran una actividad antitumoral, en enfermedades cardiovasculares (Barraza et al, 2017).

7.2.10.6. Antiocianidinas

Son pigmentos solubles en agua compuestas de una aglicona y un azúcar unido en C3 o la posición 5 o 7 en el anillo. Estos son responsables de la mayoría de los colores rojo, morado, rosado y azul de las plantas, debido a que colorean las flores y frutas son muy importantes en la atracción de animales para la polinización y dispersión de semillas (Barraza et al, 2017).

7.2.10.7. Ácidos fenólicos

Se encuentran diversamente en verduras, frutas, cereales y vino, su actividad biológica aumenta la captación de glucosa y la síntesis de glucógeno. Se pueden distinguir del ácido cinámico y ácido benzoico, las frutas presentan un mayor contenido de estos ácidos fenólicos (Barraza et al, 2017).

7.2.10.8. Ligninas

Es uno de los biopolímeros más abundantes, junto con la celulosa y hemicelulosa conforman la pared celular de las plantas. Protegen los hepatocitos primarios de rata contra el estrés oxidativo inducido por etanol (Barraza et al, 2017).

7.2.10.9. Taninos

Se dividen en dos grupos principales, los condensados y los hidrolizados, el primer grupo de polímeros son catequinas y epicatequina y en el segundo grupo son los polímeros, ácido gálico, elágico y cafeico. Así mismo se ha comprobado que son antiinflamatorios y su consumo son beneficiosas para la salud (Barraza et al, 2017).

7.2.10.10. Lignanós

Están formados de dos unidades de fenilpropano, su fuente dietética se encuentra en la linaza, diversos estudios han demostrado que estos compuestos reducen parcialmente los tipos de riesgo de cáncer y enfermedades cardiovasculares (Barraza et al, 2017).

7.2.10.11. Estilbenos

Son compuestos de estructura C6-C2-C6, sintetizados por la adición de 1 a 3 moléculas de malonil-CoA con ácidos cinámicos, se derivan de la ruta de biosíntesis de fenilpropano. Actúan como fitoalexinas en respuesta a lesiones, enfermedades y estrés, también contribuyen al sabor y las actividades biológicas de las plantas. El resveratrol presenta propiedades que ayudan a prevenir el cáncer y enfermedades degenerativas. Estos principales compuestos están presentes en las uvas y el vino (Barraza et al, 2017).

7.2.11. Terpenos

Terpenos o terpenoides es el mayor grupo de productos secundarios y son generalmente insolubles en agua, se clasifican por el número de carbonos a partir de cinco unidades. Los terpenos de diez carbonos se denominan monoterpenos, los 15 carbonos son sesquiterpenos, el de 20 carbonos son diterpenos, de 30 carbonos triterpenos, el de 40

carbonos tetraterpenos y mayores a 40 son politerpenoides (Almeyda, 2017). La clasificación de los terpenos:

7.2.11.1. Sesquiterpenos

Su estructura se basa en tres unidades de isopreno, están formadas por cadenas hidrocarbonadas alifáticas abiertas y sistemas cíclicos. Estos compuestos son importantes en la interacción con los insectos y microbios, actúan como atrayentes, repelentes, fitoalexinas y anti alimentarios (Almeyda, 2017).

7.2.11.2. Triterpenos

Son formados de seis unidades de isopreno, se han mostrado una amplia actividad biológica, tal caso del ácido betulínico, se encuentra en la especie *Betula* los componentes tienen propiedades estimulantes, antirreumáticas y diaforéticas (Almeyda, 2017).

7.2.11.3. Diterpenos

Las giberelinas, un grupo importante de las hormonas vegetales (Gershenzon, 2006).

7.2.11.4. Tetraterpenos

Presentan los carotenoides rojos, naranjas y amarillos, actúan como pigmentos complementarios en la fotosíntesis y protege de la fotooxidación (Gershenzon, 2006).

7.2.12. Compuestos nitrogenados

Presentan una mayor cantidad de metabolitos secundarios que contienen nitrógeno es sus estructuras, están compuestos están incluidos en las defensas contra herbívoro, conocidos como alcaloides y glúcósidos cianogénicos, estos dos grupos son de gran interés debido a sus propiedades medicinales y toxicidad (Gershenzon, 2006).

7.2.12.1. Alcaloides

Estos se encuentran aproximadamente en un 20 % de las especies de plantas vasculares, son conocidas por sus efectos farmacológicos en los animales vertebrados. Los alcaloides se sintetizan a partir de unos pocos aminoácidos, tirosina, lisina y triptófano, sin

embargo, algunos contienen un componente derivado de la ruta de terpenos. Los principales tipos de alcaloides y aminoácidos son: pirrolidina, piperidina, tropano, pirrolicidina, isoquinolina, quinolicidina e indol (Gershenzon, 2006).

Pirrolidina. El precursor biosintético es la omitina (aspartato), un ejemplo es la nicotina, el efecto que tiene es estimulante, tranquilizante y calmante (Gershenzon, 2006).

Tropano. La omitina, un ejemplo es la atropina, su uso sirve para la prevención de espasmos intestinales, antídotos contra otros venenos (Gershenzon, 2006).

Piperidina. Su precursor biosintético es la lisina, un ejemplo la cocaína, su consumo estimula el sistema nervioso central (Gershenzon, 2006).

Pirrolicidina. El precursor biosintético la omitina, un ejemplo es retrorsina (Gershenzon, 2006).

Quinilicidina. Su precursor biosintético es la lisina, un ejemplo la lupinina, su uso restaura el ritmo cardíaco (Gershenzon, 2006).

Isoquinolina. El precursor biosintético la tirosina, un ejemplo la codeína su uso sirve como analgésico y tratamiento para la tos (Gershenzon, 2006).

Indol. su precursor biosintético la triptótano, un ejemplo la reserpina, su uso como tratamiento para la hipertensión y tratamiento de psicosis. La psicocibina como alicinogeno (Gershenzon, 2006).

7.2.12.2. Los glicósidos cianogénicos

Estos compuestos no son tóxicos por sí mismos, pero al momento que se degradan de forma rápida, estos liberan venenos volátiles. Uno de los más conocidos es el gas de cianuro de hidrógeno. Los glicósidos cianogénicos no se degradan en una planta intacta porque el glicósido y las enzimas degradativas están separadas, pero cuando un herbívoro daña sus hojas, durante la ingestión los contenidos se mezclan y formando el HCN, estos grupos se encuentran ampliamente distribuidas en el reino vegetal y están frecuentemente en

leguminosas, herbáceas y otras especies de la familia de las rosas. La segunda clase de glicósidos vegetales son los glucosinolatos, estos al ser degradados liberan sustancias de defensa volátiles. Principalmente se encuentran en las Brassicaceae y familias vegetales próximas, las cuales liberan compuestos responsables del olor y gusto de algunos vegetales, tales como el brócoli, rábanos y repollo (Gershenzon, 2006).

7.2.13. Extracción

Es un conjunto de resultados y métodos analíticos, numéricos su objetivo es identificar el principal tratamiento en una serie de opciones sin la necesidad de enumerar y evaluar cada alternativa. La optimización en los extractos vegetales requiere de varios factores, las cuales dependen de la temperatura, concentración, tipo de solvente, tiempo, relación masa-disolvente y tamaño de partículas, resolviendo la problemática de estudio (Ferraro et al., 2012).

7.2.13.1. Clasificación de extractos

Extractos fluidos. Son extractos de droga con concentraciones de etanol, la cual están preparados a una parte de droga corresponda una parte o dos partes de extracto de fluido, manifestando que 85 partes de droga seca corresponde 100 partes de planta fresca (Ferraro et al., 2012)

Extractos secos. Se obtiene por evaporación de disolventes y desecación del residuo, esta no debe presentar un contenido de humedad mayor del 5% (Ferraro et al., 2012)

Extractos blandos. Para ello el disolvente puede ser agua o mezclas hidroalcohólicas, las desventajas de estos extractos es que son poco estables lo cual resultan difíciles de manipular y resultan no muy utilizados (Ferraro et al., 2012)

7.2.14. Utilización de extractos en la industria alimentaria

En la industria alimentaria se utilizan antioxidantes de usos sintéticos como terbutilhidroquinona (TBHQ), el butilhidroxianisol (BHA), y butilhidroxitolueno (BHT) y los galatos, son frecuentemente utilizados perjudicando la salud del ser humano, generando la

búsqueda de antioxidantes naturales que reemplacen a los productos sintéticos. La aplicación del extracto de albahaca como antioxidante natural tiene un mayor efecto en la estabilidad y vida útil del aceite de soya (Zambrano et al. 2019).

El aporte en los productos cárnicos son efectivos para inhibir el crecimiento de *Brochothrix thermosphacta*, *Echerichia coli*, *Listeria innocua*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas putida*, *Salmonella typhimurium* y *Shewanella putrefaciens* (Rosas et al., 2018).

7.2.15. Extractos vegetales

Los extractos vegetales son productos extraídos de la planta mediante la utilización de disolventes apropiados. Por lo general se usan todas las partes, pero depende de las sustancias activas y el método de extracción (Ferraro et al., 2012).

Uno de los aspectos más importantes para la obtención de los extractos es el rendimiento del material vegetal y elevado contenido de sustancias activas, esto dependerá: la elección del material vegetal, los factores de precosecha y factores de postcosecha. El material fresco debe ser manipulado de forma adecuada, retirando partes manchadas o enfermas y así como realizar el lavado con agua corriente si es necesario (Badía & García, 2014).

7.2.16. Secado

7.2.16.1. Desecación

La desecación puede realizarse de manera lenta o puede ser rápida: es el proceso lento en la que se emplea bandejas, telas metálicas galvanizadas, papeles extendidos sobre un armazón de madera y con la acción de la luz solar para su desecación. La desecación artificial permite un control de la temperatura, humedad y el tiempo del proceso, el objetivo es conservar su color y aroma. Por lo general las hojas y flores deben secarse entre 20 a 40 °C, cortezas y raíces de 30 a 65°C (Ferraro et al., 2012).

7.2.17. Métodos de extracción

7.2.17.1. Percolación

Este método es una mezcla hidroalcohólica, la masa de droga pulverizada atraviesa concentraciones crecientes de tal modo exista un equilibrio entre el solvente dentro y fuera del marco, estos se realizan en recipientes cilíndricos o cónicos que poseen dispositivo de carga y descarga, logrando una extracción total de principios activos (Carrión & García, 2010).

7.2.17.2. Maceración

Consiste en el contacto prolongado de cierto tiempo de la droga con el disolvente, circulando a través de todas las direcciones y disolviendo sus principios activos hasta producir una concentración en equilibrio con el contenido celular (Carrión & García, 2010).

7.2.17.3. Decocción

La decocción o cocimiento consiste en llevar la mezcla de la droga a temperaturas de ebullición del agua, manteniendo esta temperatura de 15 a 30 minutos (Carrión & García, 2010).

7.2.17.4. Infusión

La droga previamente humedecida se somete al contacto con el solvente a temperaturas de ebullición del agua por cinco minutos, se la deja enfriar hasta una temperatura ambiente y se prepara al 5% (Carrión & García, 2010).

7.2.17.5. Digestión

Es una maceración realizada a una temperatura de alrededor de los 50 o 60°C, con el aumento de la temperatura se consigue mayor rendimiento de extracción (Carrión & García, 2010).

7.2.18. Factores que interfieren en la obtención de extractos vegetales

7.2.18.1. Superficie de la partícula

La eficiencia del proceso extractivo sería a mayor en cuanto menor sea el tamaño de la partícula, mayoría será el área de contacto con el solvente. Pero en la práctica la presencia de

partícula finas, dificulta el proceso de percolación por esta razón se recomienda de polvos modernamente gruesas (Amaguaña & Churuchumbi, 2018)

7.2.18.2. Agitación

La eficiencia de la agitación hace que la cantidad de solvente, entre en contacto con el sólido y un nuevo punto de equilibrio de saturación sea alcanzado (Amaguaña & Churuchumbi, 2018).

7.2.18.3. Temperatura

La disolución es facilitada por el aumento de la temperatura, así mismo la agitación contribuye al equilibrio de saturación y el aumento de la eficiencia del proceso. A mayor temperatura favorece la extracción, pero las elevadas temperaturas conducen a la lixiviación de solutos indeseables (Amaguaña & Churuchumbi, 2018).

7.2.18.4. pH

Influye en la solubilidad de diversos compuestos que permite la posibilidad de formación de sales (Amaguaña & Churuchumbi, 2018).

7.2.18.5. Solvente

Son los alcoholes alifáticos de hasta 3 carbonos o mezclas de éstos con agua, estos solventes logran extraer sustancias naturales de interés como los alcaloides, flavonoides, glicósidos cardiotónicos y los terpenos (Amaguaña & Churuchumbi, 2018).

7.2.18.6. Tiempo

Esto se determina experimentalmente en función del solvente y del equipo utilizado. A mayor tiempo de contacto con el disolvente, esto obtendrá alta concentración de principios activos, logrando tener un mayor rendimiento del producto (Amaguaña & Churuchumbi, 2018).

7.2.18.7. Relación sólido-líquido

La cantidad adecuada ayuda a extraer la mayor cantidad de principios activos de interés (Amaguaña & Churuchumbi, 2018).

7.2.19. Identificación de compuestos

7.2.19.1. Perfil fitoquímico

La fitoquímica comprende el estudio de metabolitos secundarios presentes en especies vegetales, los cuales pueden ser fenoles y polifenoles, quinonas, flavonas y flavonoides, taninos, cumarinas, terpenoides y aceites esenciales, alcaloides, lectinas y polipéptidos, glucósidos y saponinas, así como esteroides y xantomas. Para conocer el tipo de compuesto presente en la planta, existe técnicas tales como tamizaje fitoquímico, cromatografía de gases, cromatografía de capa delgada, cromatografía de líquidos de alta resolución, espectrofotometría de masas entre otros (Olvera et al., 2017).

7.2.19.2. Tamizaje fitoquímico

Permite obtener extractos de plantas con solventes adecuados, estas pruebas se llevan a cabo a las reacciones de coloración. Por otra parte, es la parte fundamental de la identificación de metabolitos secundarios presentes en los extractos vegetales, a través de reacciones y análisis químico (Garcia et al., 2020).

Tabla 4. *Métodos cualitativos e identificación de metabolitos secundarios.*

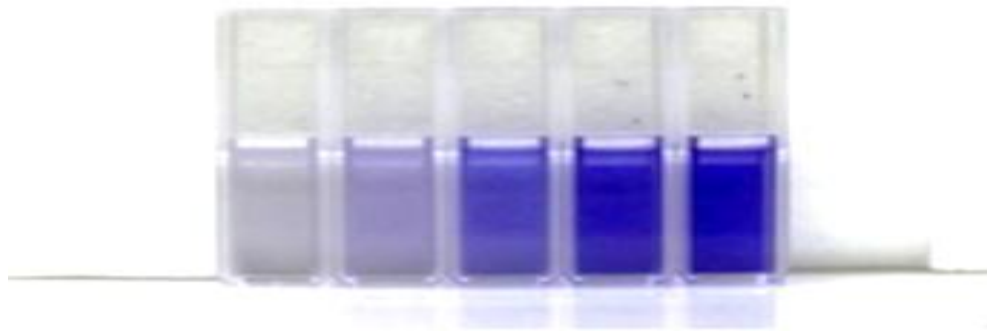
Ensayos	Metabolitos o grupos	Resultados
Prueba Dragendorff y Mayer	Alcaloides	Opalescencia, turbidez definida, precipitado coposo
Prueba Baljet	Cumarinas	Amarillo
Prueba Sudán III	Ácidos grasos	Gotas o película coloreadas de color rojo en el tubo de ensayo.
Prueba Borntrager	Quinonas	Rojo
Prueba Liebermann-Burchard	Triterpenos	Rojo, rosado o púrpura.
	Esteroides	Azul o azul verdoso
Prueba Cloruro férrico	Compuestos fenólicos	Azul o verde
	Taninos	Azul o verde oscuro
Prueba Ninhidrina	Aminoácidos libres y generales	Violeta
Prueba Shinoda	Flavonoides	Amarillo
Prueba de Espuma	Saponinas	Capa de espumas
Prueba Fehling	Azucres reductores	Precipitado rojo
Prueba Kedde	Glucósidos cardiotónicos	Marrón

Fuente: (Garcia et al., 2020)

7.2.20. Método de FRAP

Consiste en determinar la capacidad que tiene una sustancia antioxidante para reducir el Fe^{3+} a Fe^{2+} que es menos antioxidante, el complejo férrico-2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ) incoloro se reduce al complejo ferroso coloreado. Para ello se mide la densidad óptima del Fe^{2+} , cuanto más antioxidante es la sustancia, mayor es la reducción y concentración de Fe^{2+} , como resultado más alto la señal de absorción. El complejo va poder ser reducido por productos con potenciales de redox (TPTZ). Para la curva de calibración se desarrolla usando el trolox como control positivo 3.99 nM. La solución se prepara disolviendo 0.01g de trolox en 5 ml de metanol y 5ml de agua destilada (Leos et al., 2016).

Figura 1. Reacción de FRAP, a diferentes concentraciones del agente antioxidante.



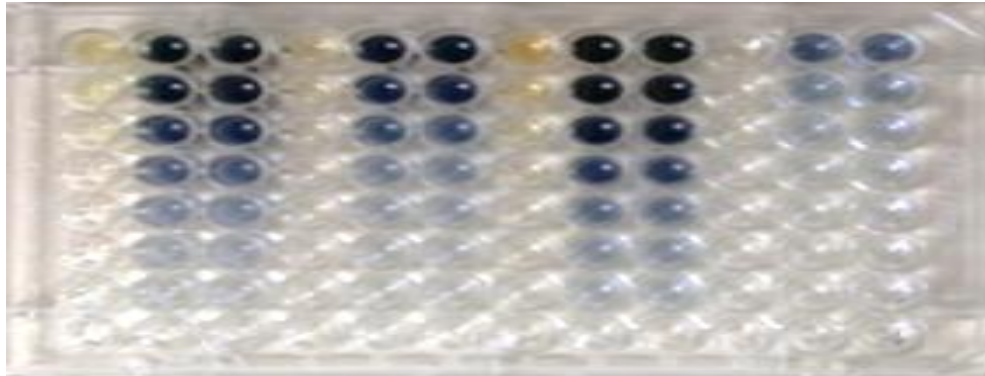
Fuente: (Leos et al., 2016)

Nota: De derecha a izquierda reacción del Fe^{3+} a Fe^{2+} de menor a mayor concentración.

7.2.21. Método de Folin-Ciocalteu

Se determina el contenido que tienen los polifenoles, como resultado de la reacción el reactivo del color amarillo adquiere un color intenso azul, esta se mide a 760 nM en el espectrofotómetro. Para la curva de calibración de referencia el ácido gálico, su término se utiliza en unidad de ácido gálico equivalentes por gramo de extracto (Leos et al., 2016).

Figura 2. *Microplaca que muestra las coloraciones del reactivo de Folin-Ciocalteu a diferentes concentraciones de polifenoles.*

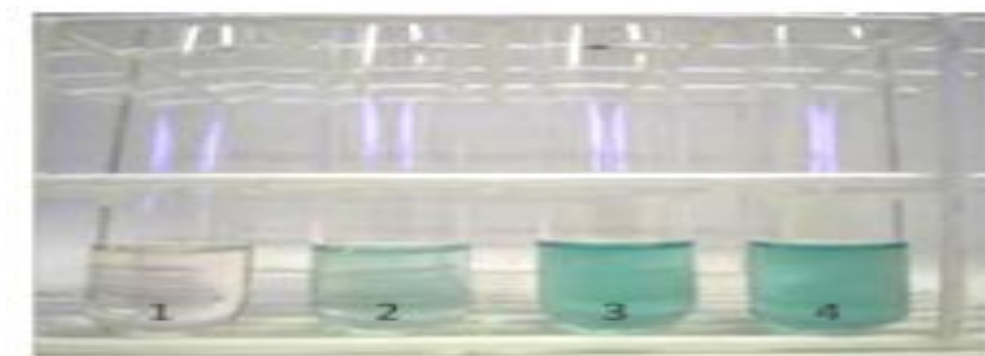


Fuente: (Leos et al., 2016)

7.2.22. Método de ABTS

Es la determinación de captación del radical ABTS [2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-ácido sulfónico)], el método evalúa la actividad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC), lo cual se basa en la reducción de la coloración por la reacción con el antioxidante de la muestra (Leos et al., 2016).

Figura 3. *Reacción del radical ABTS frente al TROLOX 15Mm a diferente tiempo de reacción.*



Fuente: (Leos et al., 2016)

Nota: 1) 6 min; 2) 3 min; 3) 0 min; 4) solución de ABTS sin Trolox.

7.3. Marco Conceptual

- **Albahaca:** es una planta aromática de la familia lamiáceas.

- **Antioxidante:** compuestos que interactúan con los radicales libres y los neutralizan.
- **Biopolímeros:** son de origen natural en el cual se puede sintetizar por microorganismos.
- **Compuestos fenólicos:** poseen un anillo aromático con un grupo hidroxilo, estas sustancias son solubles en solventes orgánicos, otros son ácidos carboxílicos y glicósidos solubles en agua, algunos polímeros muy insolubles.
- **Compuestos volátiles:** son sustancias que se evaporan con mayor facilidad a temperaturas inferiores a su punto de ebullición.
- **Desing expert:** es un programa estadístico que guía al usuario por medio de la planificación, ejecución y análisis de experimentos.
- **Droga cruda:** producto obtenido por métodos sencillos que no ha sufrido otro tratamiento que el necesario para su limpieza y desecación, con el fin de su conservación.
- **Extracción:** es una técnica de separación de mezclas de compuestos sólido o líquida.
- **Hidroalcohólico:** son soluciones que contienen agua y el tipo de alcohol para procesos extractivos.
- **Interacción:** acción que trabaja mutuamente entre dos o más objetos.
- **Lixiviación:** proceso que se extrae de varios solutos de un sólido, mediante la utilización de un disolvente líquido.
- **Metabolitos secundarios:** son sustancias que presentan propiedades biológicas y muchas desempeñan funciones ecológicas.
- **Optimizar:** obtener el principal tratamiento mediante métodos analíticos sin la necesidad de enumerar y evaluar cada alternativa.
- **Polaridad:** es una de las propiedades de las moléculas que representa la desigualdad de las cargas eléctricas.

- **Principios activos:** son sustancias químicas, productos del metabolismo secundario que genera la planta.
- **Sales:** compuestos químicos producidos por la combinación entre un ácido y una base.
- **Tamizaje fitoquímico:** consiste en obtener extractos de plantas con solventes adecuados, estas pruebas se llevan a cabo a las reacciones de coloración o descripción bibliográfica.

8. VALIDACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

8.1. Hipótesis nula

La concentración de etanol, tiempo y temperatura **no influye** en la optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del albahaca.

8.2. Hipótesis alternativa

La concentración de etanol, tiempo y temperatura **si influye** en la optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del albahaca.

8.3. Validación

Una vez culminada la investigación se valida la hipótesis alternativa porque, de acuerdo a los resultados del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante, se determinó que la concentración de etanol 89.92%, tiempo 23.34 h y temperatura 59.90 °C, si influyó en el proceso de extracción hidroalcohólica.

9. METODOLOGÍAS / DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1. Tipos de investigación

Para llevar a cabo el tema de estudio se usó distintos tipos de investigación con la finalidad de alcanzar los objetivos planteados y generar resultados que aporten a futuras investigaciones.

9.1.1. Investigación cuantitativa

Este tipo de investigación consiste en recolectar datos numéricos y analizar información a través de diversas fuentes, ampliando la investigación sobre el tema estudiado.

Se utilizó herramientas informáticas, estadísticas y matemáticas para obtener los resultados, esta investigación fue aplicada en la recolección y análisis de los datos cuantitativos sobre las variables.

9.1.2. Investigación cualitativa

Consiste en recopilar y evaluar datos no numéricos con el fin de obtener una comprensión profunda, suelen contener entrevistas o métodos de observación cualitativa, con el propósito de interpretar las respuestas y resultados dentro de la investigación.

Se la aplicó en la recolección de datos no numéricos, con técnica de observación, determinando las características de la planta y el extracto optimizado, interpretando en función de los resultados.

9.1.3. Investigación descriptiva

Esta investigación consiste en caracterizar lo que se está estudiando dentro de una población, con el objetivo recolectar datos que nos permita conseguir información confiable.

Se la empleó para definir, clasificar, dividir o resumir el proceso de extracción y metodología que se ejecutó en la investigación, puntualizando las características.

9.1.4. Investigación bibliográfica

Este tipo de investigación se caracteriza por la utilización de datos secundarios ya que se obtiene básicamente de documentos confiables permitiendo recopilar información mediante materiales bibliográficos, libros y artículos científicos.

Se usó para obtener información pertinente y eficaz, mediante la revisión y selección de artículos científicos, libros, tesis, etc, para complementar el desarrollo de la investigación.

9.1.5. Investigación experimental

La investigación experimental está conformada por un conjunto de actividades técnicas y metódicas que se trabaja para obtener información necesaria sobre el tema a investigar y el problema.

Se la aplicó con un enfoque científico bajo condiciones aceptables a las variables independientes con el fin de obtener un cambio en las variables dependientes, estableciendo la causa y efecto del experimento.

9.2. Técnica

Son herramientas, procedimientos e instrumentos utilizados con el propósito de llegar a un resultado. En la investigación cualitativa la técnica común y utilizada es la observación, entrevista y encuesta.

9.2.1. Observación.

Se obtuvo información directa del contexto en que se hace la investigación, para plantear el problema, hipótesis, reconocer y obtener datos detallados de los resultados.

9.2.1.1. Instrumentos para registrar la investigación

Ficha de observación. - Es un instrumento que da a conocer cómo se desarrollan las actividades y los resultados. Registrando los datos experimentales extraídos de los diferentes análisis físicos-químicos.

Cámara fotográfica. – Este equipo se utilizó para las tomas fotográficas, permitiendo recolectar información las cuales se realizaron durante el trabajo de campo, manteniendo registros para la posterior recopilación de datos.

9.3. Materiales y equipos

9.3.1. Equipos

- Espectrofotómetro
- Balanza Analítica
- Estufa

9.3.2. Materiales de laboratorio

- Fundas de polietileno
- Papel aluminio

- Pipetas de 10 ml
- Micropipeta microlit 100-1000 μ l
- Piseta plástica 500 ml
- Punta Microlit 1000 μ l
- Punta 10 a 200 μ l
- Matraz aforado de 10 ml
- Tubos de ensayo
- Matraz Erlenmeyer 250 ml
- Matraz aforado de 100 ml
- Matraz aforado de 50 ml
- Vasos de precipitación de 250 ml
- Agitador de vidrio
- Papel filtro
- Agua destilada
- Alcohol antiséptico
- Jabón líquido

9.3.3. Reactivos

- Metanol
- Etanol 99,8%
- Ácido clorhídrico
- Acetato de sodio trihidratado
- Carbonato de sodio
- Reactivo de Folin-Ciocalteu
- Ácido acético glacial
- Ácido gálico

- Cloruro Férrico
- Sal de Mohr
- Reactivo TPTZ
- Trolox

9.4. Descripción del proceso para la obtención de la droga cruda.

9.4.1. Recepción

Se compró las plantas de albahaca pesando 2 kg en el mercado cerrado del Cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi.

Figura 4. *Recepción de la planta de albahaca.*



Fuente: (Lozano G. & Sopalo A.)

9.4.2. Selección

Inspección visual del estado vegetativo y la presencia de cuerpos extraños en las plantas como color, plagas y ausencia de manchas con la finalidad de eliminar algunas partes de los tallos, hojas y flores de la materia prima que no están aptas para el secado.

Figura 5. *Selección de la planta.*



Fuente: (Lozano G. & Sopalo A.)

9.4.3. Secado

Se procedió a deshidratar por circulación de aire forzado mediante una estufa modelo universal 30, primeramente, se pasó a cortar las plantas de un tamaño aproximado de 2cm, posterior a ello fue colocada en las bandejas de aluminio esparciéndolas totalmente para obtener una deshidratación uniforme, en la cual fue sometida a una temperatura de 40 °C por un tiempo de 72 horas.

Figura 6. *Secado de la planta.*



Fuente: (Lozano G. & Sopalo A.)

9.4.4. Molido

Se hizo uso de un molino manual, procediendo a colocar la planta deshidratada con la finalidad de uniformizar el tamaño de la droga cruda, obteniendo un tamaño característico a la de harina.

Figura 7. *Molida de la planta deshidratada.*



Fuente: (Lozano G. & Sopalo A.)

9.4.5. Envasado

Se empacó en fundas de sellado hermético para conservar los compuestos bioactivos presentes en la droga cruda con la finalidad de controlar la contaminación existente en el medio ambiente.

Figura 8. *Envasado de la droga cruda.*



Fuente: (Lozano G. & Sopalo A.)

9.4.6. Almacenamiento

Antes de almacenar se realizó una limpieza en el lugar obscuro donde se almacenó, teniendo en cuenta la temperatura ambiente que oscilan entre los 20 a 25 grados Celsius, tomando en cuenta la región en la que se almacene ya que varían las temperaturas.

9.4.7. Determinación del contenido de humedad

Pesar cuatro gramos de la droga cruda seca y molida. Posteriormente se pesan las cápsulas de porcelana. Las muestras fueron desecadas a 105 °C durante 3 horas y seguidamente colocadas en un desecador durante 15 minutos, donde se dejó enfriar a temperatura ambiente para ser pesada y nuevamente llevada a la estufa durante una hora. Luego las cápsulas se las colocó en el desecador para enfriarlas hasta una temperatura ambiente y se pesó hasta obtener una masa constante (López, 2016).

Ecuación del contenido de humedad de la droga cruda.

$$\%H = \frac{M_2 - M_1}{M_2 - M} * 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

H = pérdida en peso por desecación.

M₂ = masa de la cápsula con la muestra de ensayos (g)

M₁ = masa de la cápsula con la muestra de ensayo desecada (g)

M = masa de la cápsula vacía.

100 = factor matemático.

9.4.8. Preparación de la muestra

Tomar un gramo de droga cruda para efectuar las muestras a distintas concentraciones de etanol (60%, 75%, 90%).

9.4.9. Obtención del extracto

Proceder a la extracción por maceración en un tiempo de 6h, 15h y 24h a una temperatura de 30°C, 45°C y 60°C.

9.4.10. Determinación de contenido de polifenoles

Se utilizó la metodología de Leos et al., (2016), mediante el método de Folin – Ciocalteu. Se preparó una solución de carbonato de sodio al 7.5%: pesamos 75 g de Na₂CO₃ anhidro y

disolvemos 1L de agua destilada. Se realizó una disolución de Folin – Ciocalteu: tomamos 10 ml del reactivo Folin – Ciocalteu y diluimos a 100 ml con agua destilada. Se escogió 1 ml de extracto de albahaca y 2,5 ml de solución diluida de Folin- Ciocalteu, adicionamos las dos soluciones en un tubo de ensayo de 10 ml, agitamos y esperamos 5 minutos. Se adicionó 2 ml de solución 7,5% de Na_2CO_3 , agitamos y reposamos durante 2 horas. Leemos la Abs a 765 nm.

9.4.10.1. Curva de patrón de Folin – Ciocalteu

Se preparó la solución madre, pesamos 500 mg de ácido gálico en la balanza analítica y disolvemos con unos ml de metanol a temperatura ambiente. Transferimos cuantitativamente a un volumétrico de 50 ml y enrasamos con agua destilada, la concentración 10mg/ ml. De esta solución concentrada de ácido gálico, tomamos alícuotas de 1 hasta 5 ml y adicionamos en volumétrico de 100 ml, enrasamos con agua destilada, estas diluciones corresponden a las concentraciones de 100, 200,... y 500 mg/L de ácido gálico (Leos et al., 2016).

9.4.11. Determinación de la capacidad antioxidante

Se realizó según la metodología propuesta por los autores Leos et al., (2016). El método de FRAP se preparó una solución de HCL 40 mM: añadimos 3,3 mL de HCL a 1L de agua destilada. Se preparó una solución de FeCl_3 20 mM: pesamos 0,81 g de FeCl_3 anhidro y disolvemos en 250 mL de agua destilada, añadimos algunas gotas (3) de HCl concentrado.

Se preparó una solución buffer de acetato 300 mM (pH 3,6): pesamos 3,1 g de acetato de sodio trihidratado ($\text{NaAc} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), disolvemos en agua, adicionamos 16 mL de ácido acético glacial. Completamos el volumen hasta 1L con agua destilada, comprobamos el pH final con un pHmetro. Ajustamos pH si es necesario con NaOH o HAc. Se preparó TPTZ 10 mM: pesamos 0.0312 g de reactivo TPTZ y disolvemos en un matraz de 10 mL con HCl 40 mM. Preparamos el reactivo FRAP: mezclamos 900 uL de solución TPTZ con 2,5 mL de solución $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ mM y 25 mL de tampón acetato, mantenemos en baño a 37 °C. Luego se mezcló

1020 uL de solución tampón pH 3,6 100 uL de TPTZ 10 Mm y 100 uL de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 20 mM.

9.4.11.1. Curva de patrón de FRAP

Se pesó en la balanza analítica 0,3922 g de sal Mohr [$\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$]. Trasvasamos cuantitativamente hacia volumétrico (matraz aforado) de 100 mL con agua destilada, antes de enrasar adicionamos 1 mL HCl (1:1). Tomamos alícuotas de 1,2,3,4,5,7,10 mL medidas bureta y diluimos a 100 mL con agua destilada, estas diluciones corresponden a las concentraciones de 100, 200, 300 y 1000 uM de Fe^{2+} catión ferroso. Se procedió a escoger 1 mL del extracto de la muestra y 1,5 mL del reactivo de FRAP, incubamos a 37 °C durante 30 minutos y leemos absorbancia a 593 nm (Leos et al., 2016).

9.4.11.2. Método ABTS

Se forma el radical ABTS con persulfato de potasio (2.45mM), incubados a una temperatura ambiente y en una oscuridad durante 16 horas. Posteriormente se diluyó con etanol hasta obtener una densidad óptica de $0,700 \pm 0,02$ en espectrofotómetro calibrado a 734 nm. Se colocan 3 ml de solución ABTS y 0.1 ml de extracto, después de dos horas se realizan las lecturas. Finalmente se realiza la curva de calibración con TROLOX con concentración de 15 a 3 mM (Leos et al., 2016).

9.4.12. Caracterización físico-química de extracto vegetal

9.4.12.1. Propiedades organolépticas.

Se tomó una tira de papel secante y se introdujo un extremo en la muestra, se olió y se determinó las características. En la determinación del color se tomó un tubo limpio y seco, se llenó hasta la mitad con la muestra del experimento y se observó el color, aspecto y homogeneidad.

9.4.12.2. Contenido de polifenoles y capacidad antioxidante

Se utilizó el espectrofotómetro y leemos la absorción según la metodología descrita por (Leos et al., 2016).

9.4.12.3. pH

Se procedió a colocar una gota de la muestra en el potenciómetro y observamos el resultado.

9.4.12.4. Acidez

Este parámetro se determinó en base a la acidez total expresada como % (m/m) de ácido sulfúrico, se determinó mediante la fórmula descrita por (INEN, 2013).

$$A = \frac{V \times N \times 0.04904}{m} \times 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

A= acidez total, porcentaje en masa (g/100g).

V= volumen de la solución de NaOH requeridos para titular la solución, en cm³.

N= normalidad de la solución de NaOH.

m= masa de la muestra, en gramos.

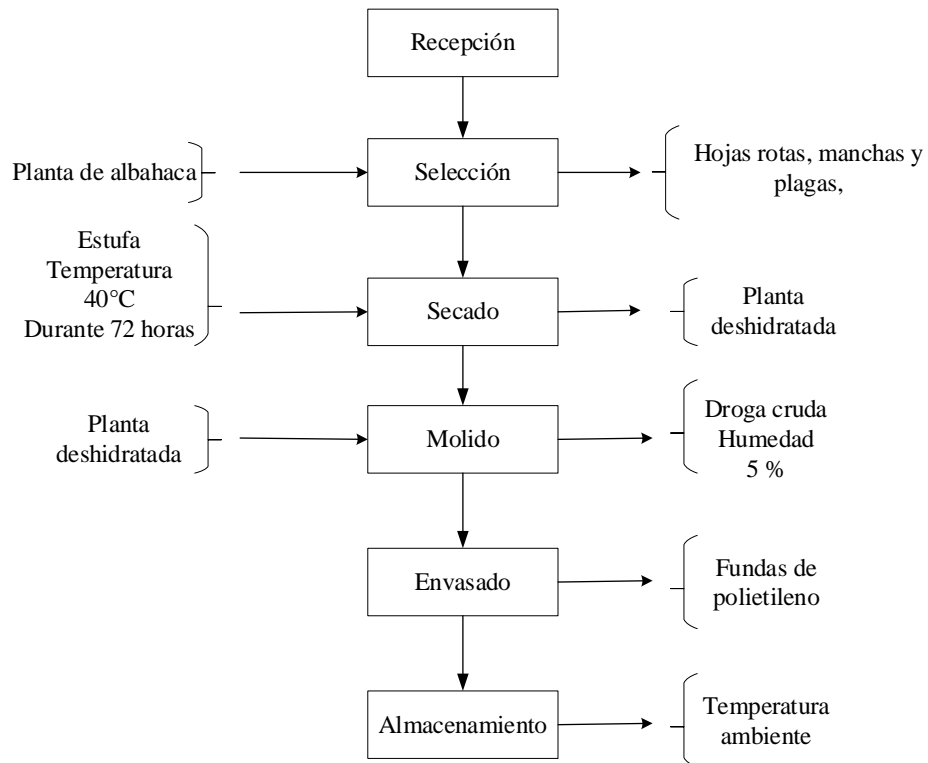
0.04904= miliequivalente del ácido sulfúrico.

9.4.12.5. Humedad

Se procedió a pesar 10g de muestra y utilizamos el medidor de humedad en alimentos K-DBS y observamos el resultado.

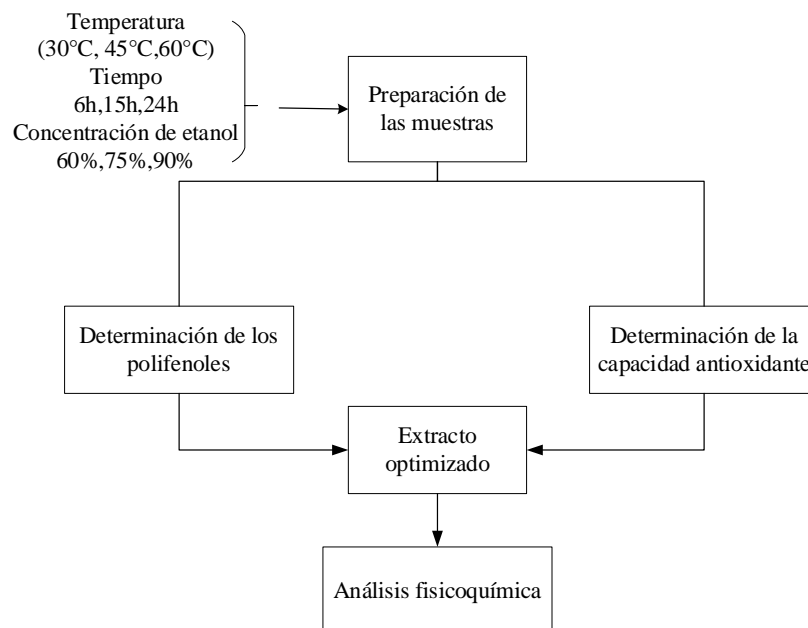
9.5. Diagrama de flujo de la obtención de la droga cruda

Figura 9. Diagrama de flujo de la obtención de la droga cruda.



Elaborado por:(Lozano G. & Sopalo A.)

Figura 10. Diagrama de flujo de la optimización del extracto.



Elaborado por:(Lozano G. & Sopalo A.)

9.6. Diseño experimental

Se empleó el programa Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.) para el diseño experimental y procesamiento de los resultados, de forma tal que el extracto hidroalcohólico seleccionado presente mayor rendimiento de contenido de poli fenólicos y capacidad antioxidante. Se utilizó el método de optimización numérica a través de un diseño superficie respuesta, generando un modelo matemático que describe las variaciones de las variables en cada corrida experimental.

9.6.1. Factores de estudio

Los factores evaluados fueron temperatura (A), tiempo (B) y concentración de etanol (C), mientras que el contenido polifenólicos y la capacidad antioxidante fueron las variables respuestas. Se obtuvieron 27 corridas experimentales arrojadas por el programa estadístico.

Tabla 5. Descripción del diseño.

Detalles	UM	Bajo	Medio	Alto
A: Temperatura	°C	30	45	60
B: Tiempo	h	6	15	24
C: Concentración de etanol	%	60	75	90

Elaborado por: (Lozano G. & Sopalo A.)

9.6.2. Descripción de las corridas

Las corridas experimentales fueron formuladas por el programa estadístico Design Expert 8.0.6, en función de la temperatura, tiempo y concentración de etanol, dando de forma aleatoria 27 corridas, el programa establece el número de corridas y determina las diferentes condiciones con el fin de predecir y optimizar la respuesta.

Tabla 6. Representación de las corridas experimentales.

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

Representación de las corridas experimentales. (continuacion...)

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

Fuente: Desing Expert 8.0.6.

9.6.3. Operacionalización de las variables

Tabla 7. Operacionalización de las variables en estudio.

Variable dependiente	Variable independiente	Indicadores	Dimensiones
Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica del albahaca	Temperatura (°C)	Determinación de compuestos bioactivos	• Polifenoles totales
	30		• Poder antioxidante de reducción férrica (FRAP)
	45		• Poder antioxidante de reducción férrica (ABTS)
	60	Caracterización del extracto optimizado	• Olor
	Tiempo (h)		• Color
	6		• Aspecto
	15	• Homogeneidad	
	24	• pH	
	Concentración etanol (%)	• Acidez	
60	• Humedad		
75			
90			

Elaborado por: (Lozano G. & Sopalo A.)

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

10.1. Análisis perfil fitoquímico

Tabla 8. Tamizaje fitoquímico de la droga cruda de la albahaca.

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

+: Presencia +-: Regular -: Ausencia

Elaborado por: (Lozano G. & Sopalo A.)

En la tabla 8 se puede observar los compuestos bioactivos presentes en la planta de albahaca, los cuales fueron el resultado de ensayos cualitativos. Mediante la marcha fitoquímica se determinó los metabolitos secundarios presentes en los extractos de albahaca, reflejándose en mayor cantidad en el extracto etanólico los compuestos fenólicos, quinonas/benzoquinonas, flavonoides y en menor cantidad las catequinas. En el extracto acuoso presentaron mayor presencia de flavonoides, compuestos fenólicos y en menor cantidad los alcaloides y mucílagos, en el extracto etéreo los compuestos grasos, agrupamientos lactónico y triterpenos/esteroides fueron de menor presencia.

Los resultados que se evidenciaron en la tabla 8 coinciden con las investigaciones sobre el estudio del perfil fitoquímico: según Saltos & Vélez (2019) identificaron la presencia de metabolitos secundarios en la albahaca morada obteniendo alcaloides, flavanoides, saponinas, azúcares reductores. En el estudio realizado por González et al., (1999) determinó la presencia de compuestos químicos (fenoles, triterpenos-esteroides, flavonoides, azúcares reductores) de la albahaca (*Ocimum basilicum*).

Basándonos en los resultados de la investigación se demuestra que la albahaca contiene mayor cantidad de compuestos fenólicos y flavonoides.

10.2. Matriz experimental

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

Corrida	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Etanol (%)	Polifenoles (mg/g)	Actividad antioxidante (uM Fe 2+/g muestra)
1	60	24	60	93,12	752,13
2	60	6	75	90,76	748,34
3	45	24	75	85,65	703,45
4	60	15	90	98,13	756,34
5	30	6	60	39,12	408,45
6	60	24	60	92,45	750,23
7	45	15	75	59,12	689
8	45	15	75	67,12	698,78
9	45	15	75	62,34	653,23
10	45	15	60	61,13	611,11
11	60	6	75	89,16	745,65
12	30	6	75	38,45	413,99
13	60	15	90	94,11	756,21
14	30	15	75	33,89	312,4
15	30	15	90	41,23	555,55
16	45	15	60	61,98	600,89
17	45	15	75	68,11	650,45
18	45	6	90	73,34	745,56
19	45	6	90	71,65	713,13
20	45	6	60	56,15	589
21	60	6	60	89,12	743,23

Matriz experimental para la evaluación de polifenoles y actividad antioxidante de la albahaca. (continuacion...)

22	45	15	75	61,23	677,27
23	60	24	90	102,42	770,13
24	30	24	90	55,12	598,56
25	30	24	60	37,46	498,34
26	45	24	75	76,89	701,89
27	30	24	60	38,67	503,45

Elaborado por: Autores, (Lozano, Sopalo 2022)

Se realizaron 27 corridas las cuales fueron sometidas a diferentes condiciones (tiempo, temperatura y concentración de etanol) para obtener los polifenoles totales y la capacidad antioxidante reductora de hierro de los extractos hidroalcohólicos. En la tabla 9 se observa que la corrida 23 posee la mayor temperatura, tiempo y concentración de etanol, se aumenta el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante.

10.3. Modelo codificado de la cantidad de polifenoles

Tabla 10. *Parámetros del modelo codificado para el contenido de polifenoles totales.*

Indicador	Polifenoles totales (mg/g)
Intercepto	67,46
XCPF	4,96*
XTIE	4,09*
XTEE	26,47*
R2	0,948
R2 ajustado	0,941
R2 predicho	0,931
F modelo	140,12*
F falta de ajuste	4,15
Precisión adecuada	35,81

CPF: concentración de etanol

TIE: tiempo de extracción

TEE: temperatura de extracción

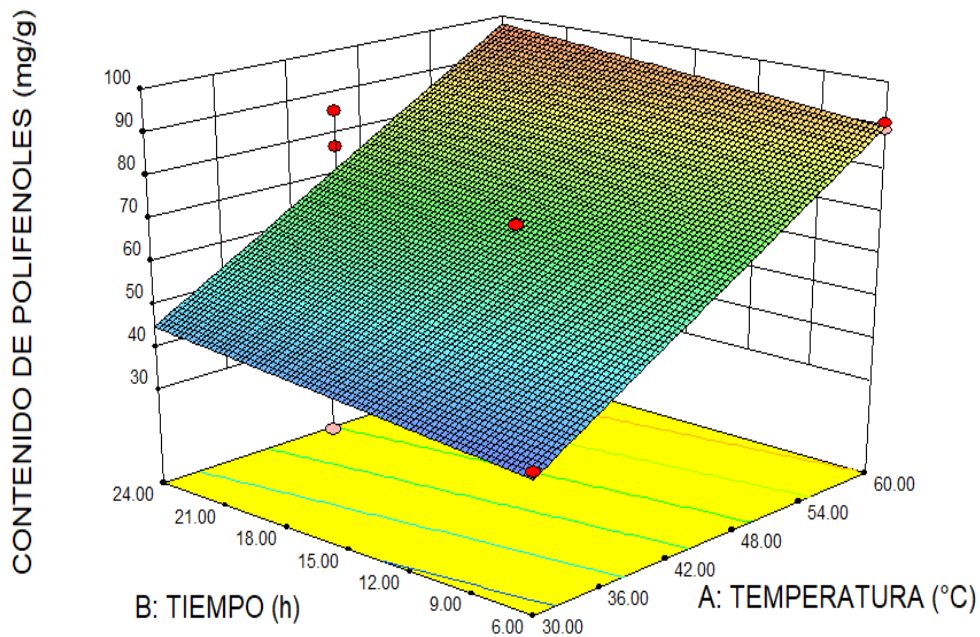
*Valor significativo para $p \leq 0,01$.

Fuente: Desing Expert 8.0.6.

En la tabla 10 se observa la importancia del análisis de la varianza de regresión, con los coeficientes estimados del contenido de la variable respuesta de polifenoles totales. El modelo lineal, es significativo con un R^2 de 0,948 indicando una relación entre la concentración de etanol (CPF), tiempo (TIE) y temperatura (TEE), así como la interacción de estos tres factores

tienen una significancia de valor significativo para p de $\leq 0,01$. Al examinar se tiene que los factores de estudio tienen mayor influencia en la variable dependiente, evidenciando que la viabilidad de los coeficientes tiene una relación directa en la determinación del contenido de polifenoles totales.

Figura 11. Efecto de la temperatura y el tiempo sobre el contenido de polifenoles.



Fuente: Desing Expert 8.0.6.

En la figura 11 se observa que, a mayor concentración de etanol, tiempo y temperatura de extracción, la concentración de polifenoles totales será significativa. Conforme a los datos obtenidos en la investigación coinciden con otras investigaciones como es la de Soto & Rosales (2016) encontró que la concentración de etanol y la relación masa/volumen del solvente utilizado tuvieron un impacto significativo en el proceso de extracción de fenol, con diferentes rendimientos y cantidades de fenol obtenido. La eficiencia de la extracción de compuestos fenólicos de diferentes materiales depende principalmente de la naturaleza del compuesto extraído, su estructura, el grado de polimerización y su relación con la polaridad del solvente, por otra parte manifiesta que no hay un método exacto para la extracción.

En la investigación de Vázquez (2015) reportaron que el contenido de compuestos fenólicos totales de la albahaca en la extracción hidroalcohólica agua/etanol (1:1), reportaron 178.893 mg GAE/g extracto y concentraciones de etanol puro de 99.595 mg GAE/g extracto, demostrando que las concentraciones más altas de contenido de polifenoles totales son las mezclas hidroalcohólicas. Así mismo el autor manifiesta que a una temperatura de 70°C se obtienen contenidos de compuestos fenólicos totales de 88.34 mg GAE/g extracto.

Según Flores et al., (2019) en su estudio determinó que los fenoles totales presentes en la lavanda obteniendo 98.24 mg siendo un valor muy representativo para esta investigación pues al compararlo no existe mucha diferencia del contenido de fenoles por lo que se puede decir que la familia *Lamiaceae* es rica en compuestos bioactivos.

Según Villalva (2020) en su investigación, para obtener el contenido de polifenoles totales a partir de plantas de la familia *Lamiaceae* manifiesta que el rendimiento de la extracción se debe por el efecto de la polaridad del solvente, lo cual demuestra que el rendimiento con etanol puro se obtienen resultados inferiores que a los extractos obtenidos con 50% de etanol.

Por otra parte, en el estudio de la influencia del método de secado sobre el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante realizada por Pérez et al., (2019) hallaron el tomillo secado convencional de 86.5 mg EAG/g muestra seca, observando que en el figura 11 existe una diferencia significativa en el contenido de fenoles.

10.4. Modelo codificado de la capacidad antioxidante

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

Indicador	Poder antioxidante reductor del hierro (uM Fe 2+/g muestra)
Intercepto	648,71
X _{CPF}	45,63*
X _{TIE}	25,62*
X _{TEE}	139,44*
X _{TEE} X _{TIE}	-27,64*

$X_{TEE} X_{CPF}$	-18,63*
$X_{TIE} X_{CPF}$	-10,13
X_{TEE}^2	-81,92
X_{TIE}^2	36,85
X_{CPF}^2	25,21
R^2	0,934
R^2 ajustado	0,900
R^2 predicho	0,840
F modelo	26,94*
F falta de ajuste	17,84
Precisión adecuada	17,67

CPF: concentración de etanol

TIE: tiempo de extracción

TEE: temperatura de extracción

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

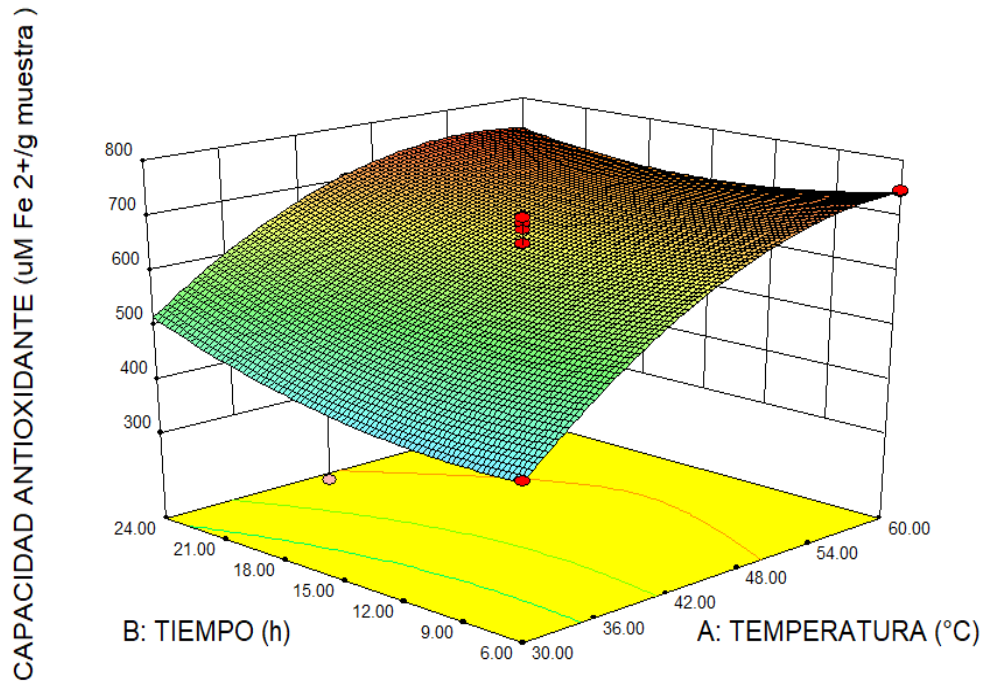
Fuente: Desing Expert 8.0.6.

Se observa en el análisis de varianza los coeficientes estimados para la variante respuesta, presentando un modelo cuadrático significativo, con un R^2 de 0.934 de viabilidad en la capacidad antioxidante.

La tabla 11 muestra que la relación de la concentración de etanol (CPF), tiempo de extracción (TIE), temperatura de extracción (TEE) y sus homólogos ($X_{TEE} X_{TIE}$; $X_{TEE} X_{CPF}$) son significativos (Valor significativo para $p \leq 0,01$), mientras que el homólogo (X_{TIE} y X_{CPF}) no es significativos.

Los factores analizados determinaron que la concentración etanol, tiempo y temperatura de extracción sobresalen sobre la variable dependiente con una interacción temperatura de extracción-tiempo de extracción y temperatura de extracción-concentración de etanol. Demostrando que la variación de los factores está relacionada directamente en la determinación del poder antioxidante.

Figura 12. Efecto de la temperatura y el tiempo sobre la capacidad antioxidante.



Fuente: Desing Expert 8.0.6.

En la figura 12 se visualiza que, a mayor temperatura, menor tiempo y concentración de etanol se obtendrá una concentración superior de la capacidad antioxidante reductor de hierro presentes en el extracto hidroalcohólico de albahaca. Por otra parte, se determina que el tiempo y concentración de etanol no tienen significancia en la variable respuesta.

De acuerdo con los resultados obtenidos y el estudio realizado por Maque & Cajchaya (2021) determinaron los fenoles totales de los extractos metanólicos de tallos y de hojas de *Menta piperita L.* (Menta) los tallos presentaron una capacidad antioxidante de 0.351 ± 0.003 mmol ET/mL y las hojas de 0.405 ± 0.006 mmol ET/mL, con un nivel de confianza de 95 % en la capacidad antioxidante, no encontraron diferencias significativas en la capacidad antioxidante de los extractos.

Según Muñoz et al., (2012) en su investigación comparación del contenido fenólicos, capacidad antioxidante y actividad antiinflamatoria de infusiones herbales comerciales, hallaron la capacidad antioxidante de la planta Hierbabuena de 5.57 $\mu\text{mol eq.FeSO}_4/\text{ml}$,

demostrando que las plantas perteneciente de la familia *Lamiacaea* contienen mayor actividad antioxidante.

En la investigación de las actividades biológicas de extractos de plantas y de sus combinaciones desarrollada por Vázquez (2015) manifiesta que la actividad antioxidante de la planta de albahaca, el disolvente es el principal factor que influye en el rendimiento de la extracción, menor cantidad de etanol por consiguiente menores beneficios de extracción, por tanto para obtener mayores rendimientos se utiliza una mezcla de agua-etanol (1:1). De la misma manera el autor menciona que a una temperatura más alta (70°C) existe el aumento formidable de rendimientos de extracción.

Según Villalva (2020) manifiesta que la capacidad antioxidante del extracto etanólico se le atribuye a los compuestos fenólicos, en la que indica que la familia *Lamiaceae* presenta contenidos de compuestos fenólicos; principalmente ácidos hidroxicinámicos y flavonas, por lo tanto la presencia elevada de contenidos contribuye a su actividad antioxidante.

De esta manera la albahaca (*Ocimum basilicum*) contiene elevados compuestos bioctivos que son de gran importancia para el desarrollo de investigaciones que propongan alternativas en la que solucionen las problemáticas de la agroindustria.

10.5. Optimización numérica del proceso de extracción hidroalcohólica de la droga cruda de albahaca.

Tabla 12. Solución optimizada que cumple con las restricciones.

Parámetros	Unidades	Indicadores
Temperatura	°C	59.90
Tiempo	h	23.34
Concentración de etanol	%	89.82
Contenido de polifenoles	mgAG/g	102.442
Capacidad antioxidante	uM Fe ²⁺ /g muestra	778.403
Deseabilidad		1.000

Fuente: Desing Expert 8.0.6.

La tabla 12 demuestra la optimización de la extracción hidroalcohólica con la utilización de las restricciones previas. Estas soluciones predicen el valor de la variable dependiente, se escogió la muestra de mayor significancia con mayor deseabilidad de 1.

Según Rudnykh & López (2018) define que la función de la deseabilidad desarrolla una solución para combinar las respuestas de múltiples factores en una función, donde tiene un rango de 0 a 1. El valor de 0 designa la respuesta como indeseable y el valor 1 una respuesta deseable.

Tabla 13. *Valores obtenidos del predicho y experimental a las condiciones definidas en el proceso de optimización.*

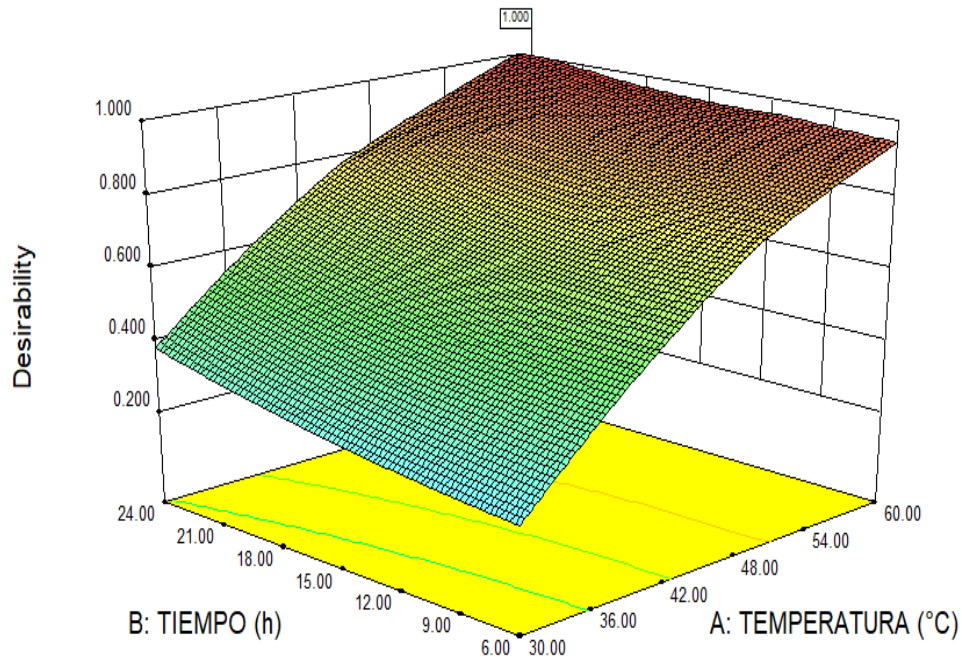
Parametro	Valor predicho	Valor experimental
Polifenoles mgAG/g	102.442	103.23
Capacidad antioxidante uM Fe²⁺ /g muestra	778.403	779.88

Fuente: Desing Expert 8.0.6.

En la tabla 13 se observa que los valores predichos por el programa son la optimización de las respuestas, de manera que al comparar con los valores experimentales estas son inferiores, en donde se evidencia que el contenido de polifenoles totales es de 103.23 mgAG/g y la capacidad antioxidante de 779.88 uMFe²⁺/g muestra. Demostrando la optimización del proceso de extracción hidroalcohólica de la albahaca.

Una vez determinado el ajuste matemático y adecuación del modelo se optimizó las variables independientes (concentración de etanol, temperatura y tiempo), mediante una figura superficie respuesta.

Figura 13. *Relación del optimizado.*



Fuente: Desing Expert 8.0.6.

En la figura 13 demuestra la optimización de los factores de estudio los cuales arrojó el Design expert 8.0 una temperatura 59.90 °C, tiempo 23.34 h y concentración de etanol 89.92% para obtener el mayor contenido de polifenoles 102.442 mg/g y capacidad antioxidante 778.403 uMFe²⁺/g muestra, lo que hace relación a los picos más altos en la gráfica.

De acuerdo con las investigaciones realizadas sobre la optimización de extractos hidroalcohólicos han tenido gran impacto por los compuestos bioactivos que se encuentran presentes en las plantas; Gavilanez (2020) en su estudio reportó 100,814 mg/ml de polifenoles totales y 10491.4 mg/ml de capacidad antioxidante que obtuvo mediante la optimización numérica del orégano, esta investigación dio paso a micro encapsulado y posteriormente a su aplicación en una mayonesa para reducir la oxidación. Según Lobos (2018) menciona que en las hojas de Anona (*Annona x atemoya* Mabb.), se incrementó la concentración de los fenoles totales (2000 µgEAG/mL hasta 2200 µgEAG/ml) cuando la temperatura aumentó (30- 60°C) y la concentración del etanol disminuyó (96 -70%).

Según Guanilo (2021) indica que el aumento de los compuestos es utilizar una mezcla hidroalcohólica (etanol 50-80%), observando en la tabla 12 varían un aumento de concentración de etanol, lo cual demuestra un solvente idóneo para la extracción de compuestos fenólicos.

10.6. Caracterización físico-químicas del extracto optimizado

Tabla 14. *Caracterizaciones sensoriales.*

Parámetros	Extracto hidroalcohólico	
Características sensoriales	Color	Verde claro
	Olor	Intenso y mentolado
	Aspecto	Líquido opaco
	Homogeneidad	Si

Elaborado por: (Lozano G. & Sopalo A.)

Los parámetros de la caracterización del extracto hidroalcohólico fueron evaluados mediante ensayos de laboratorio. En la tabla 14 se aprecian los resultados de la caracterización del extracto hidroalcohólico optimizado, las características sensoriales mostraron un aroma intenso y mentolado, con una tonalidad verde claro por la presencia de clorofila disuelta en el solvente de un líquido opaco y homogéneo.

Tabla 15. *Caracterizaciones físico-químicas.*

Parámetros	Extracto hidroalcohólico	Unidad
Características físico-químicas	pH	-
	Acidez	0,31
	Humedad	98,02

Elaborado por: (Lozano G. & Sopalo A.)

En la tabla 15 se observa los resultados de las características físico-químicas con un pH de 5.67, esto se debe a la composición química de la planta (flavonoides y taninos). De acuerdo con los resultados de la investigación realizada por Saltos & Vélez (2019) sobre la

caracterización físico-química, microbiológica y funcional de los extractos de la especie albahaca morada (*Ocimum sanctum*) obtuvieron un pH de 5 y 6 indican características ácidas débiles, las mismas que coinciden con los resultados que se visualiza en la tabla 15.

La humedad de 98.02% y una acidez de 0.31 %m/m ácido sulfúrico, los resultados se deben por ser un extracto hidroalcohólico, obteniendo una mayor cantidad de humedad.

Tabla 16. Determinación de compuestos bioactivos.

Parámetros	Extracto hidroalcohólico	Unidad
	Contenido de Polifenoles totales	103.23 mgAG/g
Características físico-químicas	Poder antioxidante de reducción férrica (FRAP)	779.88 uM Fe ²⁺ /g muestra
	Poder antioxidante de reducción férrica (ABTS)	15,12 μmol ET /g

Elaborado por: (Lozano G. & Sopalo A.)

Las características físico-químicas en la actividad antioxidante se obtuvo 779.88 uM Fe²⁺ /g muestra, en el contenido de polifenoles totales fue 103.23 mgAG/g.

Según Brenes & García (2012) en su investigación de tres variedades de albahaca manifiesta que la concentración de polifenoles obtuvo como resultado más alto las subespecies *Ocimum basilicum* con un valor de 448.66 μg/ml para la subespecie *Ocimum basilicum minimum*. De la misma manera en el estudio del contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante del extracto de semilla de albahaca realizado por Marin (2019) hallaron un promedio de 5.39 mg de catequina/ gramos de muestra seca de semilla de albahaca (*Ocimum basilicum L*), con una desviación de ± 0.05 y en la actividad antioxidante reportaron 21.57 trolox eq./g muestra seca. En la investigación de cuantificación de polifenoles totales en extractos hidroalcohólicos de siete plantas medicinales realizado por Guanilo (2021) menciona que el extracto *Ocimum basilicum L*; encontró 96.3260 mgEAG/ gramos de muestra seca. De acuerdo a los resultados

se puede demostrar que la optimización del extracto hidroalcohólico a partir de la planta de albahaca (*Ocimum basilicum L*) posee un grado significativo de contenido de polifenoles en comparación a otros extractos, esto a su vez mostrará compuestos bioactivos tan buenas como alta capacidad antioxidante.

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES)

11.1. Impacto técnico

Este impacto ofrece a las industrias alimentarias facilitar el proceso de extractos vegetales presentes en las plantas con la finalidad de obtener compuestos bioactivos, los cuales aportarían a futuras investigaciones a suplementar antioxidantes sintéticos.

11.2. Impacto social

El extracto hidroalcohólico del albahaca (*Ocimum basilicum*) aportaría al desarrollo e innovación de nuevos productos, mejorando la calidad de los alimentos y contribuyendo al crecimiento socio-económico de la provincia.

11.3. Impacto económico

Se fomentará el cultivo debido a la demanda de la planta, para la extracción de sus compuestos bioactivos, porque contiene una alta capacidad antioxidante, las cuales aportarían al desarrollo socio-económico del sector. La producción de extractos naturales tiene un costo inferior a los aditivos sintéticos.

11.4. Impacto ambiental

Incentivar a las industrias alimentarias al uso de extractos naturales debido a que se degradan fácilmente y no son tóxicas para la salud, reduciendo la contaminación del medio ambiente ya que los productos químicos alteran las condiciones ambientales.

12. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTO

Tabla 17. Presupuesto.

Presupuesto para la elaboración del proyecto				
Cantidad	Recursos	Horas de uso	Valor unitario	Valor total de depreciación
Equipos				
1	Estufa	200	0.014	2.74
1	Balanza analítica	2	0.013	0.03
1	Espectrofotómetro	10	0.02	0.17
Subtotal				2.94
Cantidad	Descripción	Unidad	Valor unitario	Valor total
Materiales				
3	Fundas Polietileno	U	0.12	0.36
3	Papel aluminio	U	1.25	3.75
5	Pipetas 10ml	U	3	15
1	Micropipetas microlit 100-1000 µl	U	90	90
1	Pizeta Plástica 500ml	U	2.65	2.65
1	Punta 1000 µl	U	25	25
1	Puntas de 10 a 200 µl	U	21	21
4	Matraces aforados de 10ml	U	5	20
20	Tubos de ensayo	U	1	20
4	Matraces Erlenmeyer 250ml	U	3.15	12.6
5	Matraces aforados de 100ml	U	6.8	34
4	Matraces aforados de 50ml	U	7.9	31.6
4	Vasos de precipitación 250ml	U	3.2	12.8
1	Agitador de vidrio	U	3	3
1	Papel filtro	U	2.5	2.5
2	Agua destilada	L	2	4
1	Alcohol antiséptico	L	3.9	3.9
1	Jabón líquido	U	1.75	1.75
Subtotal				303.91
Reactivos				
2	Metanol	U	2.9	5.8
2	Etanol	U	15	30
1	Ácido Clorhídrico 100ml	U	21	21
1	Acetato de sodio 800g	U	27	27

1	Carbonato de sodio 600g	U	65	65
1	Reactivo de Folin-Ciocalteu 100 ml	U	60.92	60.92
1	Ácido acético glacial 700ml	U	70	70
1	Ácido gálico 100g	U	103	103
1	Cloruro férrico 250 g	U	112	112
1	Sal Mohr 100g	U	47	47
1	TPTZ 3g	U	480	480
1	Troxol	U	115	115
Subtotal				1136.72
Material bibliográfico y fotocopias				
3	Esferos	U	0.75	2.25
3	Empastados	U	20	60
6	Anillados	U	1	6
2	Tijeras	U	0.5	1
2	Cuadernos	U	0.75	1.5
330	Impresiones	U	0.10	33
Subtotal				103.75
Gastos varios				
15	Alimentación	Días	2.5	37.5
20	Transporte	Días	0.3	6
350	Internet	Horas	0.03	10.5
400	Luz	Horas	0.1047	41.88
Subtotal				95.88
Materia Prima				
2	Planta de albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>)	kg	2.5	5
Subtotal				5
Análisis del perfil fitoquímico				
1	Perfil fitoquímico	U	80	80
Imprevistos				
1	Gastos varios	%	10	172.32
Total				1895.52

Elaborado por: (Lozano G. & Sopalo A.)

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. Conclusiones

- El tamizaje fitoquímico mostró la presencia de metabolitos secundarios en la droga cruda de la planta de albahaca, en el extracto etanólico (compuestos fenólicos, quinonas/benzoquinonas, flavonoides, quinonas). En el extracto acuoso se encontraron

flavonoides, compuestos fenólicos, alcaloides, mucílagos, mientras que el extracto etéreo presentó compuestos grasos, agrupamientos lactónico y triterpenos/esteroides.

- En las corridas experimentales se verificó el mejor procedimiento de extracción, demostrando un buen ajuste matemático así se obtuvo una concentración de etanol 89.82, un tiempo de 23.34 h y una temperatura de extracción de 59.90°C. El proceso de optimización numérica de la extracción hidroalcohólica se demostró a través de un cotejo de los valores experimentales en polifenoles totales (103.23 mgAG/g) y actividad antioxidante (779.88 uM Fe²⁺/g muestra); con los resultados obtenidos en el predicho que arrojó Design expert, la optimización de polifenoles totales (102.442 mg/g) y actividad antioxidante (778.403 uM Fe²⁺/g muestra); los valores obtenidos experimentalmente superan a los valores de la predicción del programa.
- Al evaluar el extracto optimizado se pudo apreciar sensorialmente un color verde claro uniforme y opaco con un aroma intenso mentolado. Por su parte, en cuanto a las características físico-químicas, la actividad antioxidante fue 779.88 uM Fe²⁺/g muestra, el contenido de polifenoles de 103.23 mgAG/g, poder antioxidante de reducción férrico (abts) 15.12 umol ET/g, un pH de 5.6, acidez de 0,31 %m/m ácido sulfúrico y humedad de 98,02 %.

13.2. Recomendaciones

- Establecer el control de la temperatura, debido que el aumento de temperatura y a mayor prolongación del tiempo, se evaporan los solventes que se encuentran con diferentes concentraciones, perdiendo su composición y rendimiento del extracto.
- Para posteriores investigaciones se recomienda identificar los métodos con cuantificaciones exactas, la cromatografía de gases permite separar las mezclas de compuestos volátiles, las cuales son separadas en fases gaseosas, debido a que ninguna técnica analítica puede ofrecer su capacidad de separación a la hora de analizar.

- Se recomienda que después del proceso de maceración se debe dejar en un lugar oscuro, debido que la proyección de la luz y la cantidad de tiempo afecta los compuestos secundarios provocando reacciones y afectando a los análisis de los resultados.

14. BIBLIOGRAFÍA

- Almeyda Cen , A. I. (Mayo de 2017). *Estudio de la acumulación de ácido betulínico y urecnitol a durante el desarrollo de Pentalinon andrieuxii y su relación con la metilación de ADN.* (tesis de posgrado, Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C).
- Amaguaña Rojas, F. J., & Churuchumbi Rojas, E. F. (Septiembre de 2018). *Estandarización Fitoquímica del Extracto de Caléndula (Calendula officinalis).* (tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito).
- Ara Roldán, A. (1994). *Las 40 plantas medicinales más populares.* Madrid: Editorial EDAF. S.A.
- Arnaud, E. (07 de Octubre de 2019). *Extracto vegetal: ¿Cual es el plan?* All about feed: <https://es.allaboutfeed.net/extracto-vegetal-cual-es-el-plan/>
- Badía Vila , M. A., & García Mirando , E. (2014). *Perfumería y Cosmética Natural.* Ediciones Paraninfo, SA.
- Barraga, M. E., & Orcés, G. (20 de Noviembre de 2019). *Análisis de la Biodiversidad en Ecuador.* udla : <https://www.udla.edu.ec/2019/11/analisis-de-la-biodiversidad-en-ecuador/>
- Barraza, L. G., Godínez, R. D., Guevara, C. C., Camacho, A. N., & Iturbide, D. M. (2017). Compuestos fenólicos: presencia, identificación y propiedades antioxidantes en plantas y frutos. *Mexican Journal of Biotechnology*, 2(1), 46-64.

- Barre Zambrano, R., Casierre Briones , K., Baque Mero, A., Párraga Alava , C., Mendoza , A., & Mero Santana , R. (05 de 12 de 2019). Efecto del extracto de albahaca y moringa en la estabilidad y vida útil del aceite de soya. *Manglar*, 16(2), 157-162.
- Brenes Argüello , K. A., & García Cruz , G. A. (2012). *Correlación entre la actividad antioxidante y la concentración de polifenoles de tres variedades*. (tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua) .
- Calderón Caparachín, J. C. (2016). *Biodesinfecciones del suelo y su efecto en la incidencia de patógenos edáficos en Ocimum basilicum var. Ligure*. (tesis de grado, Universidad Nacional Agraria la Molina).
- Carrión Jara, A. V., & García Gomez, C. R. (2010). *Preparación de extractos vegetales: determinación de eficiencia de metódica*. (tesis de grado, Universidad de Cuenca).
- CODEX. (Diciembre de 2016). *Programa conjunto sobre normas alimentarias de la FAO/OMS comité del codex sobre especias y hierbas culinarias*. Comisión del CODEX Alimentarius.
- Condori Turpo, G. (Junio de 2020). *Avances sobre los efectos terapéuticos de Ocimum basilicum. (Albahaca), Arequipa 2020*. (tesis de grado, Universidad Privada Autónoma del Sur).
- Darío Alonso , M. G. (2018). Los compuestos fenólicos: un acercamiento a su biosíntesis, síntesis y actividad biológica. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 81-104.
- Endrino, V. (01 de Enero de 2022). *¿ A partir de que edad se considera que solos viejos? La vanguardia,* Salud:
<https://www.lavanguardia.com/vivo/salud/20220101/7950688/partir-que-edad-considera-viejos-pmv.html>

- Ferraro, G. E., Martino, V. S., Bandoni, A. L., & Nadinic, J. L. (2012). *Fitocósméticas Fitoingredientes y otros Productos naturales*. Buenos Aires-Argentina: Editoria Universitaria de Buenos Aires.
- Flores Flores, J. A., López Rodríguez, B., Hernández López, D., & Guzmán Maldonado, S. H. (2019). Caracterización fenólica y capacidad antioxidante de plantas de uso medicinal. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4, 834-840.
- García, A. P., 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. *Revista Bionatura*, 5(3), 1209-1214.
- Gavilanez Montesdeoca, S. A. (2020). *Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del orégano (*Origanum vulgare* L.)*. (tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi).
- Gershenson, J. (2006). Metabolitos secundarios y Defensas en las Plantas . En L. Taiz, & E. Zeiger, *Fisiología Vegetal (Volumen I)* (págs. 533-568). Publicacions de la Universitat Jaume I, D.L.
- González Elizondo, M. (2004). *Plantas Medicinales del estado de Durango y zonas aledañas*. (No. Sirsi) i9789703600663).
- González, T., Fuentes, V., Hernández, M., González, I., Sánchez, P., & Lorenzo, Y. (1999). Tamizaje fitoquímico de especies referidas como galactógenas. *Revista del Jarbín Botánico Nacional*, 20, 143-146.
- Grajales, T. (27 de Marzo de 2000). *Tipos de investigacion* . https://trabajodegradoucm.weebly.com/uploads/1/9/0/9/19098589/tipos_de_investigacion.pdf

- Guanilo Delgado , A. D. (2021). *Cuantificación de polifenoles totales en extracto hidroalcoholicos de siete plantas medicinales de la región La Libertad*. (tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo).
- INEN. (2013). *Ácido sulfúrico para usos industrila. Determinación de la acidez total* . Norma técnica ecuatoriana .
- Leos Malagon , A. S., Saavedra Cruz , R. D., & Viveros Valdez , E. (2020). Plantas aromáticas posiblemente útiles contra el SARS-CoV-2 (Covid-19). *Archivos venezolanos de farmacología y terapéutica*, 39(6), 744-752.
- Leos Rivas , C., Rivas Morales , C., & García Hernández , D. (2016). Actividad Antioxidante y Toxicidad . En C. Rivas Morales, M. A. Orandy Cárdenas, & M. J. Verde Star, *Investigación en plantas de importancia médica* (págs. 41-76). OmniaSciencie.
- Lobos Quispe , R. L. (2018). *Optimización de los parámetros de extracción discontinua sólido-líquido de los antioxidante de las hojas de Anona (Annona x atemoya Mabb.)*. (tesis de grado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios).
- López Hernández , O. D., & Escobar Bustamante , M. B. (Mayo de 2018). *Obtención de un ingrediente activo microencapsulado con propiedades antiinflamatorias a partir de 8 plantas medicinales*. (tesis de titulacion, Universidad Técnica de Amabato).
- López Romo, E. B. (2016). *Evaluación de la actividad antiinflamatoria y citotoxicidad in vitro de Bidens andicalo*. (tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- MAG. (25 de marzo de 2022). *Plántulas medicinales reciben productores agroecológicos de Ambato*. <https://www.agricultura.gob.ec/plantulas-medicinales-reciben-productores-agroecologicos-de-ambato/#:~:text=M%C3%A1s%20de%2020%20familias%20campesinas,MAG%2C%20eliminando%20cadenas%20de%20intermediaci%C3%B3n>.

- Maldonado , C., Paniagua Zambrano , N., Bussmann, R. W., Zenteno Ruiz, F. S., & Fuentes , A. F. (2020). La importancia de las plantas medicinales, su taxonomía y la búsqueda de la cura a la enfermedad que causa el coronavirus (COVID-19). *Ecología en Bolivia*, 55(1), 1-5. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282020000100001&lng=es&tlng=es.
- Maque Cruz , Y. Y., & Cajchaya Chura , R. L. (2021). *Determinación de fenoles totales y capacidad antioxidante de los extractos metanólicos de tallos y de hojas de Menta piperita L. (Menta) de tres ecotipos Arequipeños, Arequipa-2020*. (tesis de grado, Universidad Privada Autónoma del Sur).
- Marin Ruiz, F. K. (2019). *Contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante in vitro del extracto seco de semillas de Albahaca (Ocimum Basilicum L.)*. (tesis de grado, Universidad Católica los Ángeles Chimbote). [tesis de titulación, Universidad Católica los Ángeles Chimbote] Repositorio Institucional.
- Muñoz Velázquez, E. E., Rivas Díaz, K., Loarca Piña, M. F., Mendoza Díaz, S., Reynoso Camacho, R., & Ramos Gómez, M. (2012). Comparación del contenido fenólicos, capacidad antioxidante y actividad antiinflamatoria de infusiones herbales comerciales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(3), 481-495.
- Nutrición. (18 de Mayo de 2018). *Problemas de alimentación actual: procesado y etiquetados*. Infosalus: <https://www.infosalus.com/nutricion/noticia-problemas-alimentacion-actual-procesados-etiquetado-20180518084533.html>
- Olvera , G. C., Cuevas, D. Z., & Carrillo, M. L. (2017). Analisis fitoquímico: Una herramienta para develar el potencial biológico y farmacológico de las plantas. *Tlatemoani: revista académica de investigación*, 8(24), 71-86.
- PAHO. (10 de Enero de 2022). *Peligros químicos Inocuidad de Alimentos-Control Sanitario-HACCP*. Categoru Index: HACCP:

https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10849:2015-peligros-quimicos&Itemid=41432&lang=en

Palomares , S. G. (Marzo de 2020). *Principales propiedades y usos de la albahaca (Ocimum basilicum L.)*.

https://www.researchgate.net/publication/340310503_Principales_propiedades_y_usos_de_la_albahaca_Ocimum_basilicum_L

Pch, J. (01 de Febrero de 2018). *Biodiversidad del Ecuador-Resumen y características de su Flora y Fauna.* foros ecuador.ec:

<http://www.forosecuador.ec/forum/ecuador/educaci%C3%B3n-y-ciencia/143260-biodiversidad-del-ecuador-resumen-y-caracter%C3%ADsticas-de-su-flora-y-fauna>

Pérez Vega , I. A., Feregrino Pérez , A. A., Ramírez Gómez , X. S., & Jiménez García , S. N.

(2019). Influencia del método de secado sobre el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante en toronjil, tomilla, hierbabuena y menta. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4, 478-483.

Ramírez Aza, M. (2005). *El milagro de las plantas Aplicacion medicinales y orofaríngeas.*

Colombia : Fundación Hogares Juveniles Campesinos .

Rosas Espejel , M., Hernández Sánchez , D., Cruz Monterrosa , R. G., Pinto Ruiz, R., Crosby

Galván , M. M., Ybarra Moncada , M. C., & Ley de Coss, A. (2018). *Actividad antimicrobiano y antioxidante de extractos naturales de plantas en producción cárnicos.* México: Ediciones y Gráficos Eón.

Rudnykh, S. I., & López Ríos , V. I. (2018). Elección de la función de deseabilidad para

diseños óptimos bajo restricciones. *Revista EIA*, 15(30), 13-24.

Ruiz Espinoza , F. H., Hernández , E. R., Beltrán Morales, F. A., Zamorano Salgado , S.,

Loya Ramírez , J. G., & Luna Ortega , J. G. (2016). Macroalgas como componentes en

- el sustrato para producción de plántulas de albahaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*(17), 3543-3555.
- Salto , M., & Vélez , P. (2019). Caracterización físico-química, microbiológica y funcional de los extractos de la especie albahaca morada (*Ocimum Sanctum*). *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación. ISSN: 2737-6249*, 2(4), 2-11.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la investigación, sexta edición* . <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Sierra Sarmiento , M. A., Barros Algarra, R., Gómez Paternina, D. A., Mejía Terán, A., & Suárez Rivero, D. (2018). *Productos Naturales: Metabolitos Secundarios y Aceites Esenciales*. Bogotá-Colombia : Fundación Universitario Agraria de Colombia-UNIAGRARIA.
- Singh , S., Kishori Lal , R., & Singh, B. (06 de Octubre de 2020). *Variabilidad genética en germoplasma de Ocimum L.: potencial medicinal y económico para la adición de valor y el desarrollo de producto*. Singh B. (eds) Botanical Leads for Drug Discovery. Springer, Singapur.
- Soto García , M., & Rosales Castro, 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 sideroxyla*. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 18(4), 701-714.
- Suarez, D., González, E., Reséndiz, M., & Sánchez, M. (2014). La importancia de los aditivos alimentarios en los alimnetos industrializados. *Educación y Salud*, 2(4). <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icsa/n4/e5.html>
- Vázquez Rodríguez , E. (2015). *Actividad biológicas de extractos de plantas y sus combinaciones*. (tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid).

Verde Star, M. J., García González, S., & Rivas Morales, C. (2016). Metodología científica para el estudio de plantas medicinales. En C. Rivas Morales , M. A. Orandy Cárdenas , & M. Verde Star , *Investigación en plantas de importancia médica* (págs. 1- 40). Barcelona, España : OmniaSciencie.

Villalva Abarca, M. (2020). *Estrategias dirigidas al enriquecimiento y desarrollo de formulaciones de compuestos fenólicos con actividad antioxidante y antiinflamatoria para mejorar su biodisponibilidad*. (tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid).

Zambrano, R. B., Briones, K. C., Mero, A. B., Alava, e. P., Mendoza, A., & Santana, R. M. (2019). Efecto del extracto de albahaca y moringa en la estabilidad y vida útil del aceite de soya. *Manglar*, 16(2), 157-162.

15. ANEXOS

Anexos 1. *Proceso de la obtención de la droga cruda.*

Figura 14. *Recepción de la planta de albahaca.*



Fuente: (Lozano G. & Sopalo A.)

Figura 15. *Selección y limpieza.*



Fuente: (Lozano G. & Sopalo A.)

Figura 16. Troceado y pesaje de la planta de albahaca.



Fuente: (Lozano G. & Sopalo A.)

Figura 17. Deshidratado de la albahaca a 40 °C por 72 horas.



Fuente: (Lozano G. & Sopalo A.)

Figura 18. Obtención de la droga cruda de albahaca a través de la molienda.



Fuente: (Lozano G. & Sopalo A.)

Figura 19. *Determinación de humedad de la droga cruda de albahaca.*



Fuente: (Lozano G. & Sopalo A.)

Anexos 2. *Proceso de la extracción hidroalcohólica de la albahaca.*

Figura 20. *Pesaje de las muestras.*



Fuente: (Lozano G. & Sopalo A.)

Figura 21. *Extractos hidroalcohólicos.*



Fuente: (Lozano G. & Sopalo A.)

Figura 22. *Procedimiento del método folin-cilcateur y frap.*



Fuente: (Lozano G. & Sopalo A.)

Figura 23. *Determinación del contenido de poli fenólicos y capacidad antioxidante mediante el espectrofotómetro.*



Fuente: (Lozano G. & Sopalo A.)

Anexos 3. Hoja de vida del docente tutor**ROJAS MOLINA JAIME ORLANDO****CÉDULA DE IDENTIDAD:** 0502645435**FECHA DE NACIMIENTO:** 15 de Octubre 10 del 1984**LUGAR DE NACIMIENTO:** Cotopaxi / Latacunga**ESTADO CIVIL:** Casado**CIUDAD:** Latacunga**TELÉFONOS:** 032802455/0999084592**DIRECCIÓN DOMICILIO:** La Merced, Quijano y Ordoñez y Juan Abel Echeverría 7-60**LUGAR/OCUPACIONAL ACTUAL:** DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**CORREO ELECTRÓNICO:** rojas_orlando1984@hotmail.com

Institucional



ESTUDIOS REALIZADOS**Institución de Educación superior****Tercer nivel**

Universidad Central del Ecuador

Químico en Alimentos

Cuarto nivel

Universidad Central del Ecuador

Master en Sistemas de Gestión de Calidad

HISTORIAL PROFESIONAL**FACULTAD EN LA QUE ELABORA:**

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

ÁREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA:

Ingeniería, Industria y Construcción / Ingeniería en Alimentos / Ciencia de los Alimentos /

Seguridad e Inocuidad Alimentaria / Ingeniería de Procesos.

FECHA DE INGRESO A LA UTC: 2015

Anexos 4. Datos del postulante Lozano Gladys

<p>LOZANO SUQUILANDA GLADYS MARITZA</p>	<p>CURSOS Y SEMINARIOS</p>
	
<p>INFORMACIÓN GENERAL</p>	
<p>Nacionalidad: ecuatoriano</p>	
<p>Cédula de identidad: 1104874696</p>	<p>✓ I CONGRESO BINACIONAL ECUADOR-PERÚ “AGROPECUARIA, MEDIO AMBIENTE Y TURISMO 2019”, dictado por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales CAREN, y la Universidad Nacional Agraria la Molina UNALM, duración de 40 horas; Latacunga, 23 de enero de 2019.</p>
<p>Fecha de nacimiento: 14 de marzo de 1996</p>	<p>✓ CERTIFICADO DE “ASAMBLEÍSTA UNIVERSITARIO” durante la ASAMBLEA EN MI UNIVERSIDAD- EDICIÓN UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, duración de 25 horas; Quito 10 de mayo del 2019.</p>
<p>Estado civil: Soltero</p>	<p>✓ “II SEMINARIO INTERNACIONAL AGROINDUSTRIAL” DESAFÍOS EN NUESTRA REGIÓN EN PROCESOS TECNOLÓGICOS, DESARROLLO E INNOVACIÓN, INVESTIGACIÓN Y PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS, dictado por la Carrera de Agroindustrias, duración de 40 horas; Latacunga, 5 de junio de 2019.</p>
<p>Teléfono: 0985594934</p>	<p>✓ SEMINARIO EN LÍNEA SOBRE LA APLICACIÓN DE LOS MUCÍLAGOS EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO- DIFUSIÓN DE RESULTADOS DEL PROYECTO MUCÍLAGOS, dictado por la Carrera de Agroindustrias, duración de 40 horas; Latacunga, 28 de agosto del 2020.</p>
<p>Dirección domicilio: San Felipe, Av. Simón Rodríguez.</p>	<p>✓ CERTIFICADO DE LAS PRACTICAS PRE-PROFESIONALES en la empresa de productos lácteos LA ESENCIA, duración de 335 horas; Latacunga 28 octubre del 2020.</p>
<p>Correo electrónico: gladys.lozano4696@utc.edu.ec</p>	<p>✓ CERTIFICADO “LENGUA KICHWA” nivel 1, duración de 60 horas; Saraguro 14 de noviembre del 2020.</p>
<p>EDUCACIÓN PRIMARIA: CECIB “YAGUARZONGO”</p>	
<p>EDUCACIÓN SECUNDARIA: UNIDAD EDUCATIVA “SAN JOSE DE CLASANZ”</p>	
<p>Título adquirido: Bachiller General Unificado-Ciencias.</p>	
<p>EDUCACIÓN SUPERIOR: Universidad Técnica de Cotopaxi Ingeniería Agroindustrial Suficiencia en ingles B1</p>	

Anexos 5. Datos del postulante Sopalo Alex

**SOPALO ACERO ALEX
JEFFERSON****CURSOS Y SEMINARIOS****INFORMACIÓN GENERAL****Nacionalidad:** ecuatoriano**Cédula de identidad:** 1726112582**Fecha de nacimiento:** 26 de agosto del 1997**Estado civil:** Soltero**Teléfono:** 0979970928**Dirección domicilio:** San Felipe, barrio cuatro esquinas**Correo electrónico:**
alex.sopalo2582@utc.edu.ec**EDUCACIÓN PRIMARIA:**

Escuela de Educación Básica "Himmelman"

EDUCACIÓN SECUNDARIA:**Unidad Educativa Cayambe****Título adquirido:** Bachiller en Producciones Agropecuarias**EDUCACIÓN SUPERIOR:****Universidad Técnica de Cotopaxi**
Ingeniería Agroindustrial
Suficiencia en inglés B1

- ✓ II CONGRESO INTERNACIONAL DE AGROINDUSTRIAS, CIENCIAS TECNOLOGÍA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS-2018, dictado por la Universidad Estatal Amazónica; duración de 40 horas; Puyo, 26-27-28 de abril del 2018.
- ✓ SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROINDUSTRIAL-2018, dictado por Asesoría de Desarrollo Nacional ADN Consultoría y Servicios C.A; duración de 40 horas; Latacunga, 22 de junio de 2018.
- ✓ I CONGRESO BINACIONAL ECUADOR-PERÚ "AGROPECUARIA, MEDIO AMBIENTE Y TURISMO 2019", dictado por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales CAREN, y la Universidad Nacional Agraria la Molina UNALM, duración de 40 horas; Latacunga, 23 de enero de 2019.
- ✓ "II SEMINARIO INTERNACIONAL AGROINDUSTRIAL" DESAFÍOS EN NUESTRA REGIÓN EN PROCESOS TECNOLÓGICOS, DESARROLLO E INNOVACIÓN, INVESTIGACIÓN Y PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS, dictado por la Carrera de Agroindustrias, duración de 40 horas; Latacunga, 5 de junio de 2019.
- ✓ Congreso de TÉCNICAS Y PROCESOS PARA LA ELABORACIÓN DEL CUERO, dictado por la Asociación Nacional de Curtidores del Ecuador (ANCE); Ambato, 22 de noviembre del 2019.
- ✓ CERTIFICADO DE LAS PRÁCTICAS PRE-PROFESIONALES en la empresa HELADOS SKINNY, duración de 130 horas; Latacunga 27 de septiembre del 2019.
- ✓ SEMINARIO EN LÍNEA SOBRE LA APLICACIÓN DE LOS MUCÍLAGOS EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO- DIFUSIÓN DE RESULTADOS DEL PROYECTO MUCÍLAGOS, dictado por la Carrera de Agroindustrias, duración de 40 horas; Latacunga, 28 de agosto del 2020
- ✓ GESTIÓN DE LA AGROINDUSTRIA UTC COMO EJE DE DESARROLLO EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA dictado por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales y la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, duración de 10 horas; Latacunga, 21 de agosto de

-
- 2020.
- ✓ I CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO EN TIEMPOS DE PANDEMIA Y POST PANDEMIA, dictado por el Centro de Emprendimientos de Universidad Técnica de Cotopaxi; duración de 40 horas; Latacunga, 26 de agosto del 2020.
 - ✓ CERTIFICADO aprobado del TALLER: elaboración de bebidas no alcohólicas, elaboración de productos lácteos y elaboración de productos cárnicos; duración 30 horas; abril de 2021.
 - ✓ CERTIFICADO aprobado el “Curso de Manipulación de Alimentos y Prácticas de Higiene en la Agroindustria”, duración de 15 horas; abril de 2021.
 - ✓ CERTIFICADO DE CAPACITACIÓN DE MANEJO Y OPERACIÓN DE UNA HOJA DE CÁLCULO, duración de 30 horas; Quito, 17 de noviembre de 2021.
-