



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

MODALIDAD: PROYECTO DE DESARROLLO

Título:

EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE AMARANTO (*Amaranthus caudatus*).

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

Autora:

Quilumbaquin Toaquiza Elsa Jaqueline Ing.

Tutor

Rojas Molina Jaime Orlando MSc.

LATACUNGA – ECUADOR

2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “**Evaluación de la composición química y actividad antioxidante del aceite de amaranto (*Amaranthus caudatus*)**”, presentado por la Ingeniera Elsa Jaqueline Quilumbaquin Toaquiza, para optar por el título Magister en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos.

CERTIFICO

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

Latacunga, noviembre, 20, 2023



Quim. Jaime Orlando Rojas Molina MSc.
CC: 0502645435

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “Evaluación de la composición química y actividad antioxidante del aceite de amaranto (*Amaranthus caudatus*)”, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magister en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, noviembre, 20, 2023



Mg. Pablo Gilberto Herrera Soria

CC: 0501690259

Presidente del tribunal



Mg. Nancy Fátima Moreano Terán

CC: 0503352122

Miembro 2



Mg. Edwin Ramiro Cevallos Carvajal

CC: 0501864854

Miembro 3

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a la persona que llevo en mi corazón E.R.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy. A mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos, alcanzar mi realización profesional.

A todas esas personas cercanas que me apoyaron durante todo el proceso de desarrollo del mismo.

Jaqueline

AGRADECIMIENTO

Me gustaría agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de avanzar en mi especialización profesional con la Maestría en Agroindustria. Agradezco especialmente a mi Tutor PhD. Jaime Orlando Rojas Molina por sus conocimientos impartidos y su constante apoyo. Su fe en mis habilidades y su disposición para ayudarme, han sido fundamentales para la finalización de este proyecto de investigación.

A los miembros del tribunal Mg. Pablo Herrera, Nancy Moreano, y Edwin Ramiro Cevallos, quienes con sus conocimientos y aportes dieron el toque de calidad y excelencia a este proyecto.

Jaqueline

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

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

Latacunga, noviembre, 20, 2023

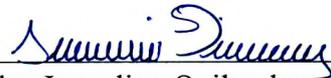


Ing. Elsa Jaqueline Quilumbaquin Toaquiza
CC: 1724596992

RENUNCIA DE DERECHOS

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

Latacunga, noviembre, 20, 2023



Ing. Elsa Jaqueline Quilumbaquin Toaquiza
CC: 1724596992

AVAL DEL PRESIDENTE

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: **“Evaluación de la composición química y actividad antioxidante del aceite de amaranto (*Amaranthus caudatus*)”**, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los miembros del tribunal en la predefensa.

Latacunga, noviembre, 20, 2023



Mg. Pablo/Gilberto Herrera Soria
PRESIDENTE
CC: 0501690259

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRIA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Título: “Evaluación de la composición química y actividad antioxidante del aceite de amaranto (*Amaranthus caudatus*)”

Autor: Ing. Elsa Jaqueline Quilumbaquin Toaquiza

Tutor: Quim. Jaime Orlando Rojas Molina
MSc.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tenía como objetivo evaluar la composición química y la capacidad antioxidante del aceite de amaranto (*Amaranthus caudatus*). Se empleó un diseño experimental de superficie de respuesta para optimizar la extracción, que consistió en 11 corridas experimentales con diferentes tiempos de extracción (60 min, 105 min, 150 min) y relaciones de material vegetal con una mezcla de etanol y cloroformo (1:4, 1:6, 1:8). El análisis de la composición química de las semillas reveló que contiene un alto porcentaje de carbohidratos 62,31 %, una notable cantidad de proteína 15,18 % y una humedad de 9,71 %. Además, presentó grasa 6,11 %, fibra 3,82 % y ceniza 2,78 %.

Según las predicciones del software, el rendimiento óptimo (6,05%) se obtendría en 117 minutos con una relación de 1:8 de material vegetal a disolvente, con una deseabilidad de 1. El valor experimental fue de mayor rendimiento con un valor de 6,23%; esto significó que las condiciones experimentales usadas superaron las predicciones y es muy positivo para la investigación. Los análisis cromatográficos identificaron 13 ácidos grasos, siendo el linoleico (45,30 %) el más predominante. Los fenoles totales se cuantificaron en 223,12 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ mediante el método FRAP y en 0,11 mg/mL IC50 a través del método ABTS. El análisis fisicoquímico indicó un índice de peróxidos 1,08 meqO₂/Kg, índice de yodo 103,23, acidez (Ácido Oleico) 0,21 % m/m y densidad 0,8321 g/mL. El aceite extraído se almacenó adecuadamente a 4°C en un recipiente ámbar en un entorno oscuro y fresco. Dado su contenido, este aceite muestra un gran potencial para su uso en diferentes aplicaciones para la industria.

Palabras clave: Optimización, extracción, soxhlet, rendimiento, amaranto.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRIA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Theme: “Evaluation of the chemical composition and antioxidant activity of amaranth oil (*Amaranthus caudatus*) “

Author: Ing. Elsa Jaqueline Quilumbaquin Toaquiza

Tutor: Quim. Jaime Orlando Rojas Molina MSc.

ABSTRACT

The objective of this research project is to evaluate the chemical composition and antioxidant capacity of amaranth oil (*Amaranthus caudatus*). A response surface experimental design was used to optimize the extraction, which consisted of 11 experimental runs with different extraction times (60, 105 and 150 min) and plant material relationship with a mixture of ethanol and chloroform (1:4, 1:6, 1:8). The analysis of the chemical composition of the seeds revealed that it contains a high percentage of carbohydrates 62.31%, a notable amount of protein 15.18% and a humidity of 9.71%. In addition, it presented fat 6.11%, fiber 3.82% and ash 2.78%. According to the software predictions, the optimal yield (6.05%) would be obtained in 117 minutes with a 1:8 ratio of plant material to solvent, with a desirability of 1. The experimental value was of higher performance with a value of 6.23%; This meant that the experimental conditions used exceeded the predictions and were very positive for the research. Chromatographic analyses identified 13 compounds, with linoleic acid (45.30%) being the most predominant. Total phenols were quantified at 223.12 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ using the FRAP method and at 0.11 mg/mL IC50 using the ABTS method. The physicochemical analysis indicated a peroxide value of 1.08 meqO₂/Kg, iodine value of 103.23, acidity (Oleic Acid) of 0.21% m/m and density of 0.8321 g/mL. The extracted oil was properly stored at 4°C in an amber container in a dark and cool environment. Given its content, this oil shows great potential for use in different industrial applications.

Keywords: Optimization, extraction, soxhlet, yield, amaranth.

Erika Cecilia Borja Salazar con cédula de identidad número: 0502161094 Licenciada en: Ciencias De La Educación Especialización Inglés con número de registro de la SENESCYT: 1020-07-747814; CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: Evaluación de la composición química y actividad antioxidante del aceite de amaranto (*Amaranthus caudatus*) de: Elsa Jaqueline Quilumbaquin Toaquiza, aspirante a magister en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos.

Latacunga, noviembre 14, 2023



Mg. Erika Cecilia Borja Salazar
C.I. 0502161094

ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
APROBACIÓN TRIBUNAL	iii
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	vi
RENUNCIA DE DERECHOS.....	vii
AVAL DEL PRESIDENTE.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
INFORMACIÓN GENERAL:.....	1
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
CAPITULO I.....	7
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
1.1. Amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>)	8
1.1.1. Clasificación taxonómica de amaranto	10
1.1.2. Descripción morfológica del amaranto	10
1.1.2.1. Semilla	10
1.1.2.2. Fruto	11
1.1.2.3. Flor	11
1.1.2.4. Hojas	12
1.1.2.5. Tallos.....	12
1.1.2.6. Raíz	12
1.1.3. Composición nutricional	12
1.1.4. Usos del amaranto	12
1.1.5. Aceite de amaranto.....	13
1.2. Aceite	13

1.2.1. Composición de los aceites	14
1.2.2. Características físicas del aceite	15
1.3. Antioxidantes	15
1.4. Marco conceptual	15
CAPÍTULO II	17
2. MATERIALES Y MÉTODOS	17
2.1. Tipos de investigación.....	17
2.1.1. Investigación bibliográfica.....	17
2.1.2. Investigación cuantitativa	18
2.1.3. Investigación descriptiva.....	18
2.1.4. Investigación experimental	18
2.2. Técnicas de investigación:	19
2.2.1. La observación:	19
2.3. Materiales	19
2.3.1. Materiales de laboratorio.....	19
2.3.2. Equipos.....	20
2.3.3. Reactivos	20
2.3.4. Materia prima	20
2.4. Procedimiento	20
2.4.1. Cosecha	20
2.4.2. Lavado y desinfección.....	21
2.4.3. Secado	21
2.4.4. Trilla.....	22
2.4.5. Caracterización de la variedad de la semilla del amaranto en función del estudio proximal.....	22
2.4.5.1. Carbohidratos	22
2.4.5.2. Grasa	22
2.4.5.3. Proteína	23
2.4.5.4. Humedad	25
2.4.5.5. Cenizas	25
2.4.5.6. Fibra	26

2.4.6. Optimización de la extracción de aceite del aceite de amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>), por medio del procedimiento de soxhlet.....	27
2.4.6.1. Rendimiento del aceite de amaranto	28
2.4.7. Determinación del perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto, a través de la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)	28
2.4.8. Determinación de la capacidad antioxidante reductora de hierro del aceite de amaranto.....	29
2.4.9. Ensayo de Frap (Ferric Reducing Antioxidant Power).....	29
2.4.9.1. Método ABTS	29
2.5. Diagrama de flujo de la extracción del aceite de amaranto	30
Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)	30
2.6. Diseño experimental.....	30
CAPITULO III.....	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
3.1. Caracterizar la composición química proximal de la semilla del amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>).....	33
3.2. Optimización del sistema de extracción del aceite amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>) por medio de la técnica de soxhlet.....	33
3.2.1. Rendimiento	34
3.2.2. Optimización numérica del proceso de extracción del aceite de amaranto. 36	
3.2.3. Cuadro comparativo de los rendimientos de aceites obtenidos en la Universidad Técnica de Cotopaxi dirigida por el Quím. Jaime Rojas.....	38
3.3. Establecer el perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>), mediante el uso de la cromatografía líquida.	39
3.4. Determinar la capacidad antioxidante (FRAP y ABTS), así como en análisis físico químicas del aceite de amaranto.....	39
3.4.1. Capacidad antioxidante	39
3.4.2. Parámetros fisicoquímicos del aceite del amaranto	40
3.5. Discusión:.....	41
RECOMENDACIONES	47
3.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica del amaranto	10
Tabla 2 Composición química de la semilla de amaranto (por 100 g de parte comestible y en base seca)	11
Tabla 3 Composición nutricional del amaranto	12
Tabla 4 Clasificación de los ácidos grasos.....	15
Tabla 5 Descripción del diseño de superficie de respuesta.....	31
Tabla 6 Variables evaluadas en el modelo matemático cuadrático.....	31
Tabla 7 Matriz experimental para la extracción del aceite de amaranto.....	32
Tabla 8 Composición química proximal de la variedad de amaranto	33
Tabla 9	34
Tabla 10 Parámetros del modelo codificado para el rendimiento.....	35
Tabla 11 Puntos óptimos del diseño experimental.....	37
Tabla 12 Valores predichos y experimentales del rendimiento (%), alcanzados con las restricciones del proceso de optimización	38
Tabla 13 comparativo de los rendimientos de aceites obtenidos en la Universidad Técnica de Cotopaxi.....	38
Tabla 14 Perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto.....	39
Tabla 15 Efectividad antioxidante del aceite de amaranto.....	40
Tabla 16	40
Tabla 17 Cuadro comparativo de la composición de la semilla de amaranto	41
Tabla 18 Cuadro comparativo de los ácidos grasos del aceite de amaranto	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Posibles usos de la planta de amaranto.....	13
Figura 2 Sector de cosecha del amaranto Universidad Técnica de Cotopaxi	21
Figura 3 Interacción de los factores en el rendimiento del aceite.....	36
Figura 4 Optimización numérica para el rendimiento del aceite de amaranto.....	37

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Triturado de la semilla de amaranto	61
Anexo 2 Armado del cartucho con la muestra triturada de la semilla del amaranto.....	61
Anexo 3 Preparación del solvente (etanol 100 ml + cloroformo 400ml)	62
Anexo 4 Armado del equipo de soxhlet.....	62
Anexo 5 Extracción del aceite de amaranto.....	63

INFORMACIÓN GENERAL:

Título del Proyecto:

Evaluación de la composición química y actividad antioxidante del aceite de amaranto (*Amaranthus caudatus*).

Línea de investigación:

Desarrollo y seguridad alimentaria y Procesos industriales

Proyecto de investigación asociado:

Aplicación de microencapsulado de extractos y aceites esenciales de plantas como agentes conservadores de productos alimenticios.

Grupo de investigación:

Tutor de investigación:

- Quim. Jaime Orlando Rojas Molina MSc.

Estudiante:

- Ing. Elsa Jaqueline Quilumbaquin Toaquiza

INTRODUCCIÓN

El amaranto, un pseudocereal originario de América, fue cultivado por las antiguas civilizaciones mesoamericanas y hoy en día se distribuye por todo el mundo. Es una planta dicotiledónea que produce semillas similares a las de los cereales, lo que le ha valido la denominación de pseudocereal (Barrios , 2018). Ha cobrado un interés significativo en los últimos tiempos debido a su potencial como fuente de nutrientes esenciales y aceites beneficiosos. En particular, su semilla se destaca por su contenido de aceites saludables y compuestos bioactivos que tienen aplicaciones tanto en la industria alimentaria como en la farmacéutica y cosmética (Polanco, 2017).

Es un cultivo andino con un elevado valor nutricional, puede suplantar a las proteínas de origen animal, en virtud del contenido y calidad de sus proteínas (Luis, et al., 2018). Es rico en fibra dietética, calcio, hierro, almidón, vitamina C, complejo B, así como grasas polinsaturadas; igualmente, el grano es rico en compuestos bioactivos, presenta una concentración de lípidos de 19.45%, en virtud de lo cual se reconoce como un cultivo alternativo para la industria aceitera, el aceite de amaranto contiene ácidos grasos insaturados, como son: linoleico, oleico, linolénico; asimismo, tocoferoles y escualeno (Burgos & Del Castillo, 2021) y (Cano, et al., 2016).

El método de Soxhlet, que lleva el nombre de su inventor Franz von Soxhlet, es una técnica clásica de extracción que ha demostrado ser altamente efectiva para la obtención de aceites de diversas materias primas (Raynie, 2019). Este método se basa en la extracción por solventes y es especialmente adecuado para la extracción de aceites de semillas oleaginosas, como las del amaranto. Durante el proceso, el aceite se separa de la materia sólida de la semilla utilizando un disolvente, y posteriormente se recupera mediante destilación. La aplicación de este método al amaranto ofrece la posibilidad de obtener aceites puros y de alta calidad (Viera & Fernández, 2020).

En esta tesis, se explorará a fondo el proceso de extracción de aceite de amaranto mediante el método de Soxhlet. Se analizarán detalladamente los aspectos teóricos y prácticos de esta técnica, incluyendo los parámetros que influyen en la eficiencia del proceso. Además, se examinarán las propiedades nutricionales y funcionales del aceite de amaranto extraído mediante este método. La investigación que se presenta aquí contribuirá al entendimiento y optimización de este proceso de extracción, brindando valiosa información para aprovechar al máximo los beneficios de los aceites de amaranto en diversas áreas.

JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial el amaranto es considerado como una fuente excepcional de proteínas, antioxidantes, grasa, carbohidrato, minerales, fibra, vitaminas (A, B, C, B1, B2, B3, al igual que ácido fólico, niacina, Ca, Fe, P) y aminoácidos como la lisina (Trino, et al., 2017). Tiene propiedades funcionales, como la capacidad de

formar geles y espesar, características que lo hace útil en la formulación de alimentos procesados. De sus semillas se extrae aceite, el cual es característico por ser rico en antioxidantes, vitaminas y ácidos grasos esenciales. En el año 2017 la producción de amaranto fue de 326,468 toneladas (Burkina Faso, China, Benín, Etiopía, Países Bajos, Estados Unidos de América, Hungría, India, Corea, República Popular Democrática de Paraguay) (Roldan, 2019).

El manual agrícola de granos andinos presentado por el INIAP, manifiesta que la cantidad de amaranto que se produce en el Ecuador es de 1 a 4 toneladas métricas (TM) por hectárea anual, lo que representa de 2 a 6 Kg de semilla por hectárea (Jurado, 2019).

Los antioxidantes desempeñan un papel crucial en la protección de las células y los tejidos del cuerpo contra los efectos dañinos de los radicales libres, moléculas altamente reactivas que pueden causar daño oxidativo en las células y relacionarse con una serie de enfermedades igual que los procesos de envejecimiento. Debido a sus beneficios para la salud puesto que pueden prevenir enfermedades crónicas, neurodegenerativas y apoyar la salud ocular, inmunológica y de la piel (López, et al., 2014) - además de sus diversas aplicaciones en industrias como la cosmética y la alimenticia, los antioxidantes han sido objeto de extensa investigación. El Codex Alimentarius (2010) los define como aditivos alimentarios que cumplen con la función de prolongar la vida útil de los alimentos al protegerlos del deterioro causado por la oxidación; preservan la calidad de los alimentos, prolongando su vida útil sin comprometer la seguridad ni la calidad. Los principales antioxidantes que se encuentran en los alimentos incluyen: vitaminas C y E, los carotenoides, los compuestos fenólicos y los flavonoides.

El desarrollo tecnológico ha tenido un impacto significativo en la comprensión y extracción de compuestos químicos de plantas como el amaranto. La extracción por soxhlet es una técnica empleada para la extracción de compuestos lipofílicos, como aceites y grasas, de muestras sólidas, como semillas oleaginosas. Algunos puntos clave de interés en el proyecto de investigación es la caracterización de la composición química. Actualmente el mercado de los aceites y su demanda

ha incrementado los estudios e investigaciones con el propósito de optimizar los recursos y control del proceso de obtención.

El presente proyecto de investigación tiene la finalidad de caracterizar el aceite de amaranto en función a su composición química y actividad antioxidante, con el fin de aumentar la producción con el menor gasto energético y costo de operación, siendo una alternativa como aditivo natural en la industria alimentaria.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel global, existen especies vegetales que no han sido plenamente utilizadas y como resultado se observa un bajo aprovechamiento de sus compuestos bioactivos. A pesar de las condiciones climáticas propicias para el cultivo en Ecuador, muchas de estas plantas pasan desapercibidas o solo son utilizadas por personas locales, lo que limita las oportunidades comerciales y el progreso industrial.

El amaranto, a pesar de su valiosa composición química que le otorga propiedades antioxidantes, enfrenta limitaciones en su uso. En Cotopaxi estas limitaciones son el resultado de la falta de conocimiento sobre los beneficios nutricionales aparte de económicos, la dificultad de acceso a tecnologías agrícolas modernas y la falta de una infraestructura adecuada para su cultivo, así como su procesamiento. Además, la preferencia arraigada por cultivos tradicionales, desata la resistencia al cambio hacia cultivos menos familiares como el amaranto. No existe un mercado establecido para su comercialización debido a la sobreposición de cultivos más rentables para los agricultores. Además, las instituciones locales, organizaciones agrícolas o agencias gubernamentales no muestran particular interés en el cultivo y comercialización de este producto.

La ausencia de adopción de tecnologías ha obstaculizado la simplificación, optimización, así como la mejora de la calidad de los procesos industriales - motivo que ha dificultado la adquisición de tecnología avanzada de otros países - perjudicando así el progreso tecnológico y la contribución técnica y científica.

La investigación de la caracterización del aceite de amaranto (*Amaranthus hybridus L.*) en función a su composición química y actividad antioxidantes, busca ofrecer una alternativa viable para su aplicación potencial en la industria alimentaria. Esto implica la reducción o sustitución de aditivos sintéticos, promoviendo de este modo un enfoque más respetuoso con el medio ambiente y proporcionando a los consumidores alimentos considerados como más saludables. Durante décadas, se ha debatido sobre los posibles efectos adversos de los aditivos químicos en la salud humana, y esta investigación busca abordar esas preocupaciones.

HIPÓTESIS O PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Hipótesis nula

H₀: La optimización de la obtención del aceite de las semillas del amaranto (*Amaranthus caudatus*) por el método de soxhlet no depende del tiempo de extracción y la relación de la materia vegetal con el disolvente (etanol 100 ml + cloroformo 400ml).

Hipótesis alternativa

H₁: La optimización de la obtención del aceite de las semillas del amaranto (*Amaranthus caudatus*) por el método de soxhlet depende del tiempo de extracción y la relación de la materia vegetal con el disolvente (etanol 100 ml + cloroformo 400ml).

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo general

- Evaluar la composición química y actividad antioxidante del aceite de amaranto (*Amaranthus caudatus*).

Objetivos específicos

- Caracterizar la composición química proximal de la semilla del amaranto (*Amaranthus caudatus*).
- Optimizar el sistema de extracción del aceite amaranto (*Amaranthus caudatus*) por medio de la técnica de soxhlet.
- Establecer el perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto (*Amaranthus caudatus*), mediante el uso de la cromatografía líquida.
- Determinar la capacidad antioxidante (FRAP y ABTS), así como en análisis físico químicas del aceite de amaranto.

CAPITULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Zurita, et al., (2021) analizaron y compararon los rendimientos de la extracción de aceite de amaranto por medio de la técnica Soxhlet y el Ultrasonido; caracterizaron el grano de amaranto consiguiendo un 9,39% de contenido de humedad, 3,91% cenizas, grasas el 11,20%, proteínas 19,8%, carbohidratos 55,73% y, además, en las extracciones de aceite obtuvieron un rendimiento de 13,09% Soxhlet, 1,27% Ultrasonido, 4,34% Soxhlet-Ultrasonido y 3,48% Ultrasonido-Soxhlet. Concluyeron que el aceite obtenido presentaba una calidad aceptable.

Vargas, et al., (2019) mencionan que el amaranto, debido a su composición (carbohidratos 50-66 %, lípidos 1.9-9.7 % y proteínas 12-22%), ha sido seleccionado por la FAO como el mejor alimento de origen vegetal. Algara, et al. (2016) realizaron una revisión bibliográfica de los componentes bio-activos del amaranto y su impacto en la salud. Observaron que disminuye el colesterol plasmático, protege al organismo contra el estrés oxidativo e inflamación, retarda el crecimiento tumoral y disminuye la presión arterial media; efectos por los compuestos como: escualeno, flavonoides, isoprenoides y lunasina. Concluyeron que este permitirá el desarrollo de nuevos productos dirigidos específicamente a poblaciones con afecciones crónicas y degenerativas, así como para equilibrar un estado nutricional deficiente.

Gómez, et al., (2016) caracterizaron el aceite extraído de las semillas de Moringa oleífera de las variedades Supergenious, Plain y Nicaragua, a partir de extracciones sólido-líquido con hexano y etanol como disolventes, así como por el método de prensado mecánico. Usaron un diseño de experimento 2K, seleccionaron las corridas con mayores rendimientos y caracterizaron fisicoquímica y fitoquímicamente

compararon los valores con variedades reportadas en la literatura. Concluyeron que método de prensado es eficiente, económico y no influye en las propiedades del producto obtenido.

López, et al., (2014) evaluaron la capacidad antioxidante en subproductos de semillas de *Amaranthus hypochondriacus*, en función de 3 métodos de extracción y 2 disolventes, a tres concentraciones diferentes. En la primera fase observaron el efecto del método de extracción (homogeneización, ultrasonido de baja frecuencia y la combinación homogeneización-ultrasonido) y del disolvente de extracción (metanol o etanol, al 100%); en la segunda etapa fue el efecto de la concentración del disolvente de extracción (100%, 70% o 50%). La CA se determinó por inhibición del radical DPPH•; los FT determinaron mediante el ensayo de Folin–Ciocalteu. Identificaron los antioxidantes por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Para la CA, no existe $p > 0,05$ entre los métodos de extracción estudiados, mientras que si la hay $p < 0,05$ entre disolventes (3,39 y 1,28 mg ET/g materia seca, con metanol y etanol, respectivamente). Para FT, no hay diferencia significativa $p > 0,05$ entre disolventes al usarlos diluidos, sólo al emplearlos al 100%; mientras que para CA sí hay efecto al utilizar disolventes al 50% (21,34 y 21,82 mg ET/g materia seca, con metanol y etanol, respectivamente). El análisis cualitativo de los extractos mostró la presencia de escualeno y 2,5- bis (1,1-dimetiletil) fenol como los principales compuestos con capacidad antioxidante.

1.1. Amaranto (*Amaranthus caudatus*)

El amaranto es nativo de América, era un cultivo importante para las antiguas civilizaciones como los incas, los aztecas y los mayas en la época precolombina; su cultivo se mantiene en Ecuador, Perú, Bolivia y Argentina. Esta planta es resistente y se desarrolla bien en una amplia gama de condiciones climáticas, incluyendo altitudes entre 2800 y 3300 metros sobre el nivel del mar (Torres, 2019) y (Machado, 2015).

El amaranto era utilizado para la producción de grano y para el consumo de planta entera como verdura de hoja en diferentes partes del mundo. En el Ecuador es un cultivo prácticamente desconocido, los valles ofrecen un entorno propicio

para su cultivo; los rendimientos comerciales varían entre los 600-3.800 Kg ha-1 (Zubillaga, 2017)

Los cultivos de amaranto tienen fortalezas significativas, pero también presentan desafíos, especialmente cuando se considera la producción a gran escala. Zubillaga (2017) resume algunas de las principales fortalezas y dificultades asociadas con los cultivos de amaranto:

Ventajas

- Alto contenido y calidad proteica: el amaranto es conocido por su contenido proteico de alta calidad, similar al de la proteína animal. Esto lo convierte en una excelente fuente de proteínas para la alimentación humana y animal.
- Alternativa a cultivos tradicionales: el amaranto puede ser una alternativa a los cultivos tradicionales como el maíz, trigo, cebada, sorgo y avena.
- Usos versátiles: el amaranto se puede utilizar de diversas maneras en la alimentación humana, como grano, harina, hojas comestibles o incluso como complemento en productos alimenticios. Además, gracias a la ausencia de glúten, es un alimento apto para celíacos y puede conservar su calidad durante mucho tiempo.
- Se adapta a diferentes condiciones climáticas: es resistente a la sequía, no requiere humedad excesiva para su desarrollo y producción.
- Es un cultivo con pocos problemas sanitarios por ser menos susceptible a enfermedades y plagas en comparación.

Desventajas

- Falta de difusión y conciencia de la calidad nutricional, así como la versatilidad del amaranto puede limitar su adopción.
- Carencia de conocimiento técnico sobre la producción adecuada del cultivo puede ser un obstáculo importante.
- Mecanización limitada: la falta de maquinaria agrícola adecuada para el cultivo del amaranto puede aumentar los costos de producción.
- Falta de uniformidad genética en las variedades de amaranto puede dificultar la estandarización de la producción y la calidad del grano.

- Maduración desigual de las panículas de amaranto, junto con la dehiscencia de los frutos, puede ocasionar pérdidas en el rendimiento durante la cosecha.
- Tamaño de grano pequeño: más susceptible a condiciones desfavorables en la siembra (profundidad incorrecta de siembra o una densidad inadecuada).
- Estabilidad de precios se mantiene constante en el mercado.

1.1.1. Clasificación taxonómica de amaranto

Tabla 1 Clasificación taxonómica del amaranto

División	Magnoliophyta
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Caryophyllidae</i>
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Amaranthaceae</i>
Sub Familia	<i>Amatanthoideae</i>
Género	<i>Amaranthus</i>
Especie	<i>Caudatus</i>
Nombre científico	<i>Amaranthus caudatus</i>
	<i>Sangorache, Achis,</i>
Nombre común	<i>achita, incajatacu, coimi,</i> <i>kiwicha, cimi, millmi, trigo</i> <i>inca, incapachachi</i>

Fuente: (Ibarra, 2019)

El nombre *Amaranthus* proviene del griego “ἀμάραντος” que significa siempre viva o que no se marchita; se refiere a las brácteas de la inflorescencia que mantienen su color y apariencia (Lara & Lema, 2020).

1.1.2. Descripción morfológica del amaranto

1.1.2.1. Semilla

Son pequeñas con una forma circular de un diámetro de 1 a 1.5 mm, con una amplia variedad de colores que puede incluir blancos, amarillentos, dorados, rosados, rojos y negros; el número de semillas por gramo oscila entre 1000 a 3000. Anatómicamente en el grano se distinguen como episperma, cotiledones y perisperma (Saavedra, 2013).

Contiene de 15 a 20 % de proteína cruda y un adecuado balance de aminoácidos esenciales que pueden alcanzar índices cercanos al 90.4 %; es relevante el contenido de lisina, con un valor que varía de 5 a 8 % de la proteína total del grano, pues

usualmente es un aminoácido limitante en la mayoría de las proteínas vegetales; el aceite está en un promedio entre 6 y 9%, el almidón representa un 55 a 72 % del peso total del grano, carecen de gluten (Niveyro, 2015).

Tabla 2 *Composición química de la semilla de amaranto (por 100 g de parte comestible y en base seca)*

Característica	Contenido
Proteína %	12,0-19,0
Grasa %	6,1-8,1
Carbohidratos %	71,8
Lisina	0,8-1,0
Fibra %	3,5-5,0
Cenizas %	3,0-3,3
Energía (kcal)	391
Calcio %	130,0-154,0
Fósforo %	530,0
Potasio %	800
Vitamina C %	1,5
Hierro %	6,3-12,8
Calorías	391

Fuente: (Saavedra, 2013)

1.1.2.2. Fruto

Es un pixidio, cubierto por membranas, que sostienen una sola semilla de 1,0 a 1,5 mm de diámetro, de colores variables (blanco y negro) (Ibarra, 2019).

1.1.2.3. Flor

Llegan a medir hasta 90 centímetros de largo y pueden ser decumbentes, semierectas y erectas, adoptando formas amarantiformes, densas, laxas o compactas (Lazo, 2022). El eje central de la inflorescencia lleva los grupos de flores llamados Dicasio. Las flores estaminadas están compuestas de una pestaña externa, 5 sépalos verduzcos, 2 externas y 3 internas. En las flores hay 5 estambres de filamentos largos y terminados en anteras que se abren en dos sacos; las flores pistiladas tienen un ovario semiesférico que contiene solo un ovulo, con tres ramas estigmadas (Roque, 2019).

1.1.2.4. Hojas

Son aovadas poco pubescente con nervaduras pronunciadas se encuentran alternas, no tienen estipulas de forma elíptica. Su tonalidad va desde verde hasta púrpura con diferentes colores intermedios como el rojo café (Lazo, 2022).

1.1.2.5. Tallos

Es forma cilíndrica y angulosa con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada. Estas estrías son prominentes y visibles en la superficie del tallo; su longitud puede variar ampliamente, generalmente oscilando entre 0.4 y 3 metros; el diámetro disminuye desde la base hacia el ápice dándole una forma cónica; presenta ramificaciones que generalmente comienzan desde la base a media altura del tallo. (Suquilanda, 2013).

1.1.2.6. Raíz

Tiene una raíz principal pivotante, que crece hacia abajo en línea recta desde la base de la planta, es la estructura principal de anclaje de la planta en el suelo y a medida que el tallo de la planta comienza a ramificarse, las raíces principales (Suquilanda, 2013).

1.1.3. Composición nutricional

Según Pilco (Pilco, 2021), el amaranto posee proteínas, aminoácidos esenciales (lisina, metionina y treonina), fuentes de vitaminas A, B2 y E, minerales (zinc, calcio, cobre, hierro) y fibra dietética.

Tabla 3 Composición nutricional del amaranto

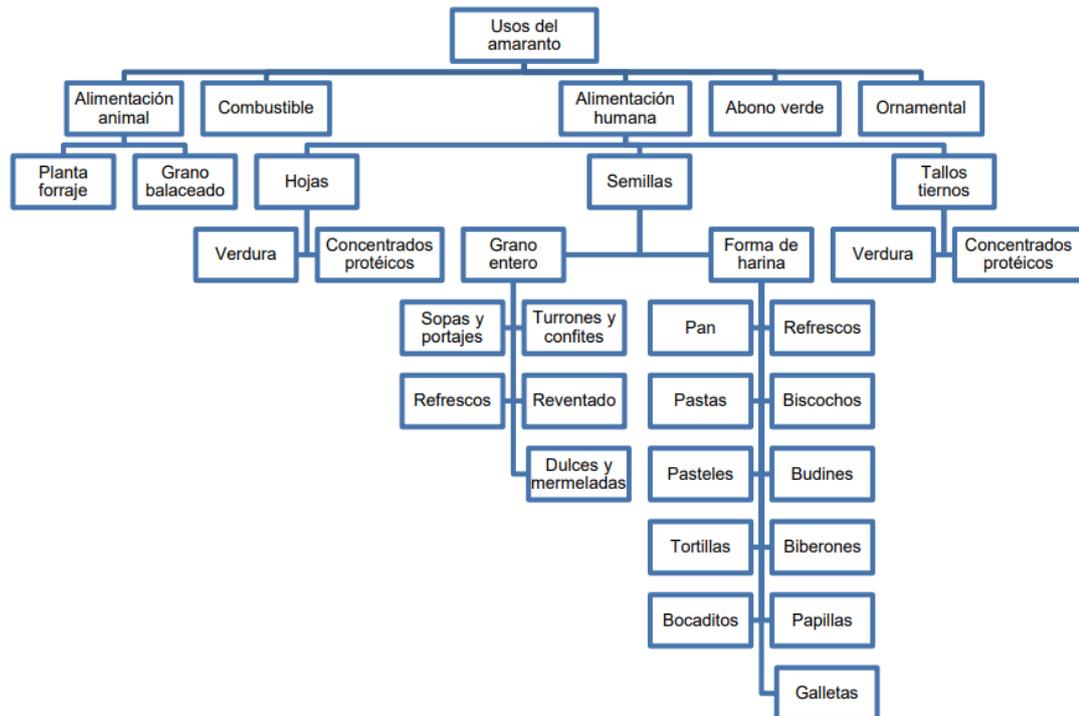
Composición	Amaranto
Proteína	12.9
Grasa	7.2
Carbohidrato	65.1
Fibra	6.7

Fuente: (Ayca, 2019)

1.1.4. Usos del amaranto

El amaranto tiene una amplia gama de usos en la alimentación humana, animal y en otros campos. En el siguiente gráfico se observan algunos de los principales usos del amaranto:

Figura 1 Posibles usos de la planta de amaranto



Fuente: (Pilataxi , 2013)

1.1.5. Aceite de amaranto

El aceite de amaranto es conocido por sus propiedades nutricionales y beneficios potenciales para la salud debido al contenido de compuestos bioactivos, como los tocotrienoles y el escualeno: estos compuestos han demostrado tener propiedades antioxidantes (Pilataxi , 2013).

1.2. Aceite

En tiempos antiguos, el primer tipo de aceite utilizado, probablemente, fue el de ajonjolí, documentado en registros egipcios que datan de 3500 años a.C. Tanto la cocina romana como la griega empleaban aceite de oliva, y en Atenas, el olivo tenía un significado sagrado como símbolo de la vida de la ciudad. Este aceite tenía múltiples usos, incluyendo la alimentación, la iluminación y propósitos religiosos (Viteri, 2021).

Los aceites son compuestos orgánicos que se extraen de diferentes partes de las plantas. Son un grupo de macromoléculas fundamentales en la dieta de los seres humanos que contribuyen de manera significativa a la energía total ingerida, son esenciales para el transporte y la absorción de nutrientes liposolubles, como las

vitaminas A, D, E y K. Estas vitaminas requieren la presencia de grasas (Castejón, 2018).

Los aceites son vulnerables al calor, la luz y la exposición al oxígeno, lo que puede llevar a que el aceite se vuelva rancio, adquiriendo un olor desagradable y un sabor acre, además de reducir su valor nutricional. Para evitar esto, generalmente se introduce un gas inerte como el nitrógeno en el espacio restante del envase, justo después de la producción, un proceso conocido como inertización.

Lo mejor es almacenar todos los aceites en el frigorífico o en un lugar seco y fresco. Los aceites pueden espesar, pero es suficiente dejarlos reposar a temperatura ambiente para que recuperen la fluidez. Para evitar los efectos negativos del calor y la luz, lo ideal es sacar los aceites del frío el tiempo imprescindible para que vuelvan a licuarse. Los aceites refinados ricos en grasas monoinsaturadas aguantan hasta un año (si son de oliva, hasta varios años), mientras los ricos en grasa poliinsaturadas se conservan unos seis meses. Otros aceites monoinsaturados se conservan bien hasta ocho meses, mientras los aceites poliinsaturados sin refinar solo soportan aproximadamente la mitad (Márquez, 2013).

1.2.1. Composición de los aceites

Los aceites vegetales y las grasas están principalmente compuestos de triglicéridos, localizándose en un 95 % y 5 % de ácidos grasos libres. Son compuestos estables, que a través del tiempo al estar expuestos al aire y la humedad son susceptibles a deteriorarse químicamente debido a su oxidación lipídica o hidrólisis que afectan al sabor de los aceites. Los ácidos grasos más comunes encontrados en los aceites incluyen el palmítico, oleico, linoleico, linolénico y esteárico (Carbonell, 2018). Se encuentran en estado líquido a los 20°C (Delgado, 2019).

Están compuestos por ácidos grasos, que a su vez están conformados por moléculas procedentes de la unión de átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno.

Tabla 4 *Clasificación de los ácidos grasos*

Ácidos Grasos	Descripción
Saturados	No tienen dobles enlaces carbono-carbono y están completamente unidos a átomos de hidrógeno, lo que los hace sólidos a temperatura ambiente. El exceso de consumo es perjudicial, ya que, eleva los niveles de colesterol en sangre y provoca enfermedades cardiovasculares.
Insaturados	Tiene dobles enlaces en su estructura química que los mantiene en estado líquido a temperatura ambiente. Estos se dividen en dos categorías: los monoinsaturados, que contienen un solo doble enlace, y los poliinsaturados, que poseen dos o más dobles enlaces.

Fuente: (Chimborazo, 2021)

Elaborado por: Autor (Quilumbaquin, 2023)

1.2.2. Características físicas del aceite

Los aceites vegetales sin procesar muestran un tono amarillo rojizo debido a los pigmentos carotenoides presentes, mientras que los aceites refinados exhiben estas características de manera más evidente, ya que, durante el proceso de refinado, la mayoría de los pigmentos se eliminan. El color y la claridad del aceite son factores que determinan su calidad. Para ser apto para el consumo, un aceite no debe contener más del 0.5% de humedad ni superar el 1% de ácidos grasos libres en su composición (Morocho, 2019).

1.3. Antioxidantes

Son moléculas que previenen o ralentizan la oxidación de otras moléculas al donar electrones para estabilizar radicales libres, que pueden causar daño celular. En el ámbito de la salud, una dieta rica en alimentos con propiedades antioxidantes, como frutas y verduras, puede ayudar a reducir el riesgo de enfermedades crónicas. En la industria alimentaria, se utilizan antioxidantes naturales y sintéticos para preservar la frescura y calidad de los productos al evitar la oxidación de grasas y aceites, prolongando de esa manera su vida útil (Coronado, et al., 2015).

1.4. Marco conceptual

Antioxidantes: son sustancias naturales o fabricadas por el hombre que pueden prevenir o retrasar algunos tipos de daños a las células.

Fluidez: propiedad de los cuerpos cuyas moléculas tienen entre sí poca coherencia y toman siempre la forma del recipiente donde están contenidos.

Macromoléculas: son moléculas de enorme tamaño, es decir, que están compuestas por miles o cientos de miles de átomos. Pueden ser de naturaleza biológica, resultado de los procesos que ocurren en los organismos vivos, o bien sintéticas, producidas por el ser humano en laboratorios químicos o biológicos.

Pivotante: una raíz que se hunde verticalmente, como una prolongación del tronco

Pixidio: es un tipo de fruto seco, sincárpico, similar a la cápsula. Es dehiscente - se abre al madurar -, abriéndose por una sutura transversal o circuncisa. La parte superior del fruto se desprende en un sólo bloque, llamado opérculo, dejando al descubierto la sección inferior, llamada urna, que contiene las semillas; se origina normalmente a partir de un ovario gamocarpelar y puede tener una o múltiples cavidades.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tipos de investigación

Los tipos de investigación fueron seleccionados con el fin de cumplir los objetivos establecidos, debido a sus características y aplicaciones únicas, abordó distintos aspectos del problema de investigación, permitiendo la recopilación precisa y confiable de información. Esto incluyó la recolección de datos mediante experimentos y observaciones, lo que resultó en la generación de nuevo conocimiento. En última instancia, esta metodología proporcionó a la sociedad, información precisa y respaldada.

2.1.1. Investigación bibliográfica

Es un paso crítico que sienta las bases para la investigación al brindar al investigador una comprensión completa de la literatura existente relacionada con el tema de estudio; el utilizar una variedad de fuentes y recursos como artículos científicos, tesis, libros entre otros, permite el acceso de una amplia gama de diversos documentos que enriquecen la revisión bibliográfica y proporciona una visión más completa del tema (Martín & Lafuente, 2017).

Contribuyó a contextualizar la investigación, mejorando la calidad y credibilidad del proyecto al respaldar afirmaciones y conclusiones con evidencia sólida de la literatura previa. También ayudó a identificar lagunas en el conocimiento, definir objetivos de la investigación y proporcionar la base teórica esencial para fundamentar

el enfoque y la metodología, asegurando así la relevancia y actualización de la investigación.

2.1.2. Investigación cuantitativa

Se caracteriza por su enfoque en la recolección y análisis de datos numéricos, utilizando técnicas estadísticas para comprender y describir fenómenos (Cienfuegos & Cienfuegos, 2016); basándose en la medición precisa y la objetividad, permitiendo la evaluación de relaciones de causa y efecto, la realización de predicciones y la toma de decisiones informadas (Sánchez , 2019).

Permitió recopilar analizar, interpretar datos numéricos y estadísticos con el fin de responder preguntas de investigación específicas, así como probar las hipótesis, mediante la identificación de las relaciones causa y efecto, lo que es esencial para respaldar las hipótesis y teorías planteadas. Proporcionando evidencia sólida sobre el avance del conocimiento científico.

2.1.3. Investigación descriptiva

Comprende, analiza y describe de manera detallada un fenómeno o situación específica, sin manipular las variables ni establecer relaciones causales. Los investigadores recopilan datos que brindan una representación precisa de lo que están estudiando, proporcionando una base sólida para futuros estudios (Ochoa & Yunkor, 2019).

Este tipo de investigación brindó un panorama claro y completo del tema en específico, identificando patrones, características y relaciones entre las variables, estableciendo una base sólida de conocimiento; ayudó a responder preguntas sobre "qué" está ocurriendo, facilitando de esta manera la toma de decisiones informadas y el diseño de investigaciones posteriores.

2.1.4. Investigación experimental

La investigación experimental es una metodología en la que se manipulan deliberadamente las variables independientes para estudiar sus efectos en las variables dependientes, con el fin de establecer relaciones causa-efecto; y se diseñan experimentos controlados, donde un grupo recibe la variable independiente (grupo experimental) y otro no (grupo de control). La clave es controlar otras variables que puedan influir en los resultados (Ramos, 2021).

Se realizó la parte experimental en un entorno controlado manipulando las variables e identificando la relación causa - efecto, también permitió analizar, así como validar la hipótesis y observar los resultados.

2.2. Técnicas de investigación:

Son técnicas empleadas para adquirir, analizar y entender datos con el fin de responder a las preguntas de la investigación y alcanzar objetivos específicos. Las mismas que fueron seleccionadas y aplicadas de manera adecuada para obtener resultados válidos, así como confiables, aspecto que contribuye al avance del conocimiento en distintos campos.

2.2.1. La observación:

Desempeña un papel crucial en la investigación en todas sus etapas. Facilita la identificación de problemas, la recopilación de datos, el análisis de resultados y la formulación de conclusiones. Una observación meticulosa y sistemática garantiza la solidez de la investigación con evidencia sólida (Rekalde, et al., 2014).

La observación permitió recopilar datos empíricos y evidencia de primera mano sobre el tema de investigación, registrando datos objetivos, para respaldar los argumentos y conclusiones con evidencia concreta.

2.3. Materiales

2.3.1. Materiales de laboratorio

- Balones aforados vidrio 5 mL
- Balones aforados 10 mL
- Bureta de vidrio de 1000 mL
- Gradillas
- Matraz Erlenmeyer de vidrio 500mL
- Pipeta volumétrica de vidrio 10 mL
- Pinzas
- Papel filtro
- Tubos de ensayo 10 mL
- Varilla de agitación
- Vasos de precipitación (250mL)

2.3.2. Equipos

- Balanza Analítica (0,0001g)
- Destilador soxhlet
- Espectrofotómetro GENESYS 20 Modelo 4001/4j
- Micropipeta automática 100-1000µl Microlit.

2.3.3. Reactivos

- Agua destilada.
- Agua peptonada.
- Acetato de sodio.
- Ácido acético.
- Ácido clorhídrico.
- Ácido gálico.
- Cloruro Férrico.
- Carbonato de sodio.
- Etanol al 99.8%.
- Cloroformo 99%
- TPTZ (2,3,5-Triphenyltetrazolium chloride).
- ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt).
- Sal de Mohr.
- Sulfato de sodio.

2.3.4. Materia prima

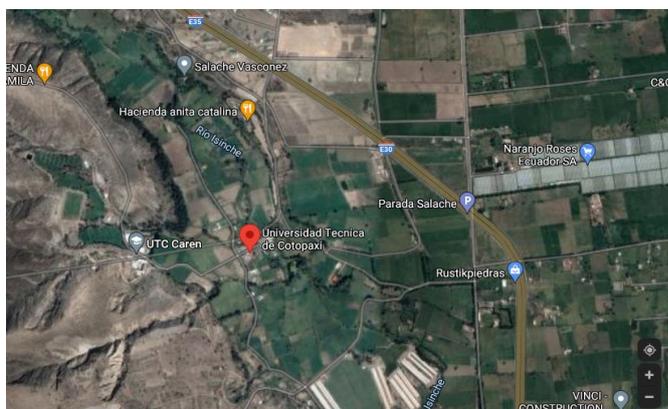
- Semilla de amaranto.

2.4. Procedimiento

2.4.1. Cosecha

La planta de amaranto se recolectó en la mañana con una tijera de podar a unos 10 o 15 cm por encima del suelo, cuando estuvo madura, en la Universidad Técnica de Cotopaxi en el sector Salache Bajo, en la ciudad de Latacunga de la provincia de Cotopaxi. Geográficamente, se encuentra entre las coordenadas - 78,6233° de longitud oeste y -1,0001° de latitud sur.

Figura 2 Sector de cosecha del amaranto Universidad Técnica de Cotopaxi



Fuente: (Googlemaps, 2023)

Para identificar su madurez de la planta, se observaron las hojas secas en la base y tonos amarillentos hacia el ápice (cuajado de grano a los 30 días) (Mañay, 2018). Los granos también estaban secos en la panoja, con una abertura natural en el pericarpio de las anteras de un estambre, permitiendo la liberación de las semillas.

2.4.2. Lavado y desinfección

La planta se sumergió en una solución de hipoclorito de sodio al 0,1%, posteriormente se procede a enjuagar cuidadosamente con agua destilada, después se escurrió para eliminar el agua.

La solución actúa como desinfectante y ayuda a eliminar microorganismos patógenos, así como posibles impurezas superficiales que puedan estar presentes en el amaranto. Es importante usar una concentración segura de hipoclorito de sodio para garantizar la eliminación de patógenos sin dejar residuos dañinos.

2.4.3. Secado

Para asegurar que las muestras de planta de amaranto tengan una humedad inferior al 6%, lo que contribuye a la calidad y confiabilidad de los datos, se llevó a cabo la deshidratación a 40°C durante 24 horas.

Castro (2018) menciona que el tiempo de secado es un factor crucial porque este determinara el rendimiento del aceite, las altas temperaturas volatilizan los

compuestos bioactivos, la temperatura en el proceso de secado no debe superar los 40° C.

2.4.4. Trilla

Este procedimiento agrícola se llevó a cabo de forma manual, en el cual se separaron los granos de amaranto de las partes no comestibles de la planta. Para llevar a cabo la trilla, se colocaron las plantas sobre una lona en una superficie plana y dura, y se golpeó las panojas del amaranto para liberar las semillas. Es esencial que las panojas estén completamente secas para que las semillas se separen con mayor facilidad.

2.4.5. Caracterización de la variedad de la semilla del amaranto en función del estudio proximal

Son técnicas de laboratorio ampliamente utilizadas para determinar la composición de los macro componentes principales presentes en la semilla del amaranto.

2.4.5.1. Carbohidratos

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\text{H} \% + \text{C} \% + \text{G} \% + \text{P} \% + \text{F} \%) \quad \text{Ec.1 Carbohidratos}$$

Este método consiste en restar la suma de los porcentajes de humedad (H), cenizas (C), grasa (G), proteína (P) y fibra del 100%. Con el fin de calcular el porcentaje de carbohidratos totales en la semilla del amaranto se usó la siguiente ecuación (Simbaña, 2016):

2.4.5.2. Grasa

Este procedimiento fue realizado a través de la extracción Soxhlet para determinar el contenido de grasa total en una muestra (Ortega, 2020). A continuación, se detalla el procedimiento:

- a) Se tomó una muestra triturada de 2.5 gramos de la semilla de amaranto y se colocó sobre papel filtro. Luego, se introdujo en capuchones de celulosa.
- b) En un matraz de extracción previamente tarado, se adicionó aproximadamente 60 mL de hexano del disolvente (etanol 100 ml + cloroformo 400ml). Posteriormente, se ensambló el aparato de Soxhlet.

- c) La extracción se llevó a cabo durante aproximadamente 4 horas, a una tasa de condensación de 5-6 gotas por segundo.
- d) La solución final contenida en el balón se sometió a una destilación simple hasta recuperar la mayoría del solvente.
- e) El balón con el residuo se colocó en una estufa a 100 °C por 30 minutos para eliminar el residuo del solvente. A temperatura ambiente se enfrió en el desecador y se pesó el matraz más la grasa contenida.

El porcentaje de grasa total de la muestra fue calculado con la siguiente ecuación:

$$\%Grasa = \frac{(B - A)}{C} \times 100\% \quad \text{Ec.2 Grasa total}$$

Donde:

A: Peso del matraz limpio y seco, en gramos

B: Peso del matraz con grasa, en gramos

C: Peso de la muestra en gramos

2.4.5.3. Proteína

Es una técnica utilizada para determinar la cantidad de nitrógeno presente en una muestra, y luego se utiliza ese valor para calcular la cantidad de proteína total en la muestra de alimentos (Gómez, et al. , 2020). El análisis consistió de tres etapas:

Primera etapa - Digestión

- a) Se colocó 0.5 g de la muestra en tubos para digestión Kjeldahl.
- b) Se agregó la mezcla digestora (CuSO₄-5H₂O 16.6%, Na₂SO₄ 83.4%) y 10 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄)

En esta etapa, la mezcla se calienta para digerir la muestra, lo que significa que se descompone la materia orgánica y se convierte el nitrógeno presente en la muestra en forma de amoníaco (NH₃).

Segunda etapa – Destilación

- a) Después de la digestión, las muestras fueron trasladadas a matraces Erlenmeyer que contenían 6 mL de ácido bórico al 4% y se adicionaron cuatro gotas del indicador Shiro Toshiro. El ácido bórico se usó para capturar el amoníaco liberado en la siguiente etapa.
- b) Las muestras fueron llevadas a un equipo de destilación rápida con hidróxido de sodio (NaOH) al 50%. El amoníaco liberado en la digestión reacciona con el NaOH para formar un gas que se libera y luego se captura en la solución de ácido bórico. Esta solución se vuelve básica debido a la liberación de amoníaco.

Tercera etapa – Titulación

- a) Se tituló la muestra usando ácido clorhídrico (HCl) 0.1 N valorado. El HCl fue agregado gradualmente a la muestra hasta que alcanzó un cambio de color del indicador Shiro Toshiro.
- b) Se registró el volumen de HCl gastado. En todas las muestras analizadas se contó con una muestra blanco. El factor de conversión usado fue 4.38.

$$\% \text{ Proteína} = \left(\frac{V * N(\text{valorado}) * 0.014 * 100}{M} \right) * 4.38 \quad \text{Ec.3 Proteína}$$

Donde:

V: volumen de ácido clorhídrico gastado en la titulación de la muestra menos el volumen de ácido clorhídrico gastado en el blanco.

N: normalidad del ácido clorhídrico valorado.

0.014: masa equivalente del nitrógeno.

M: peso de la muestra en gramos.

2.4.5.4. Humedad

Este método se basa en la pérdida de peso y ocurre debido a la evaporación del agua presente en una muestra (Gómez, et al., 2020). A continuación, se detallan los pasos de este procedimiento:

- a) Se pesaron cápsulas de porcelana vacías en una balanza analítica hasta que su peso alcanzó un valor constante. Esto se hace para conocer el peso exacto de las cápsulas sin ninguna muestra.
- b) Se tomaron 10 gramos de la muestra y se colocaron en una de las cápsulas previamente pesadas. Posteriormente, se pesaron nuevamente la cápsula con la muestra.
- c) La cápsula con la muestra se colocó en una estufa a una temperatura de 105°C durante 8 horas. Este proceso tiene como objetivo eliminar toda la humedad presente en la muestra.
- d) La cápsula se dejó enfriar en un desecador durante 30 minutos para evitar la absorción de humedad del ambiente.
- e) Finalmente, se pesó la cápsula con la muestra seca después del enfriamiento en el desecador. Este peso representa la muestra libre de humedad.

Para calcular el porcentaje de humedad en la muestra, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\%Humedad = \left(\frac{P - P1}{P2} \right) * 100 \quad \text{Ec.4 Humedad}$$

Donde:

P: peso de la cápsula más la muestra húmeda en gramos

P1: peso de la cápsula más la muestra seca en gramos

P2: peso en gramos de la muestra.

2.4.5.5. Cenizas

La ceniza representa los residuos inorgánicos que quedan después de quemar completamente la materia orgánica presente en la muestra (Ortega, 2020). Pesamos

2 gramos de la muestra triturada de la semilla de amaranto y se la colocó en el crisol previamente tarado; posteriormente se incineró la muestra en la mufla a 550 °C puesto que esta alta temperatura asegura la completa combustión de la materia orgánica y la conversión de los residuos inorgánicos en cenizas. Después se colocó en un desecador el crisol con las cenizas con el fin de enfriar a temperatura ambiente. Finalmente se vuelve a pesar el crisol con la muestra. Con estos pesos registrados, se calculó el contenido de cenizas en la muestra de las semillas trituradas del amaranto utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{Cenizas} = \frac{(B - C)}{A} * 100 \quad \text{Ec.5 Cenizas}$$

Donde:

A: gramos de muestra pesados

B: peso, en gramos, del crisol más ceniza

C: peso, en gramos, del crisol vacío

2.4.5.6. Fibra

Este análisis fue realizado a través de una serie de tratamientos químicos específicos, los cuales se detallan a continuación (Ortega, 2020).

a) Hidrólisis ácida:

Pesamos 1 gramo de muestra sin humedad y desengrasada, la misma que se colocó en un matraz Erlenmeyer de 500 mL, después se añadió 200 mL de ácido sulfúrico al 1.25%. Luego la mezcla se calentó a ebullición durante 30 minutos.

b) Filtración e hidrólisis básica:

Posterior a la hidrólisis, se filtró la muestra sobre papel filtro, se transfirió el residuo obtenido a un matraz Erlenmeyer con ayuda de 200 mL de solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 1.25 % que estaba hirviendo. Esta solución se utiliza para llevar a cabo la hidrólisis básica. Después se calentó la mezcla a ebullición durante 30 minutos. Luego, se filtró usando papel filtro de masa conocida y se lavó con agua destilada. El residuo se llevó a la estufa durante 40 minutos a una temperatura de

105 °C para secarlo y seguidamente enfriarlo en un desecador. Por último, pesó el papel filtro resultante.

$$\% \text{ Fibra} = \frac{(A - B)}{C} * 100 \quad \text{Ec.6 Fibra}$$

Donde:

A: Peso del papel filtro con la fibra, en gramos

B: Peso del papel filtro vacío, en gramos

C: Peso de la muestra, en gramos

2.4.6. Optimización de la extracción de aceite del aceite de amaranto (*Amaranthus caudatus*), por medio del procedimiento de soxhlet

El método de soxhlet se utilizó para obtener los compuestos lipofílicos de la semilla triturada de amaranto usando como solvente una mezcla de 100 mL de etanol y 400 mL de cloroformo (Zurita, et al., 2021). A continuación, se detalla el procedimiento:

Pesamos 50 gramos del amaranto triturado y se colocó dentro de un dedal de papel filtro, el cual se situó en el interior de la cámara del extractor Soxhlet. Colocamos 400 ml del solvente en el balón de fondo redondo de 500 ml. La extracción se llevó a cabo utilizando ciclos de calentamiento y enfriamiento. Durante el proceso, el solvente se evapora, sube por el tubo de retorno y entra en contacto con la muestra en el dedal. El solvente disuelve los compuestos solubles de la muestra triturada de la semilla de amaranto, la solución fluye de regreso al balón. La extracción del aceite de amaranto se realizó a tres intervalos de tiempo diferentes: 90, 60 y 120 minutos. Además, se usó una relación de materia vegetal/ solvente de 1:4, 1:6 y 1:8. Esto indica la cantidad de solvente que se añadió al sistema en relación con la muestra triturada de la semilla de amaranto.

2.4.6.1. Rendimiento del aceite de amaranto

El rendimiento del aceite de amaranto se expresó como un porcentaje el cual fue calculado al dividir el peso del aceite obtenido con el peso inicial de las semillas trituradas de amaranto y luego se multiplico por 100 para obtener el valor en porcentaje (Barriga, et al., 2018). Esta relación represento la proporción del aceite extraído en relación con la cantidad inicial de la muestra empleada en el proceso de extracción.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{m_{\text{aceite}}}{m_{\text{ss}}} * 100 \quad \text{Ec.7 Rendimiento}$$

Donde:

R: % en g de aceite/100 g semilla seca

m_{aceite}: Peso del aceite (g)

m_{ss}: Peso de la semilla seca molida sometida a extracción

2.4.7. *Determinación del perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto, a través de la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)*

Es un método que se usó para separar y analizar el perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto; funcionó a través del paso de una fase móvil (generalmente un solvente) a través de una columna que contiene microesferas recubiertas con una fase estacionaria. La fase estacionaria es la sustancia que recubrió las microesferas en la columna y retuvo los componentes de la muestra. La fase móvil es el solvente que se bombeó a través de la columna (Sánchez, 2015). La HPLC se realizó a alta presión para garantizar un flujo constante, así como uniforme de la fase móvil a través de la columna; esto permitió una separación más eficiente de los componentes de la muestra (Romero, et al., 2014). A medida que los componentes de la muestra emergen de la columna, se analizó usando diferentes tipos de detectores.

2.4.8. Determinación de la capacidad antioxidante reductora de hierro del aceite de amaranto

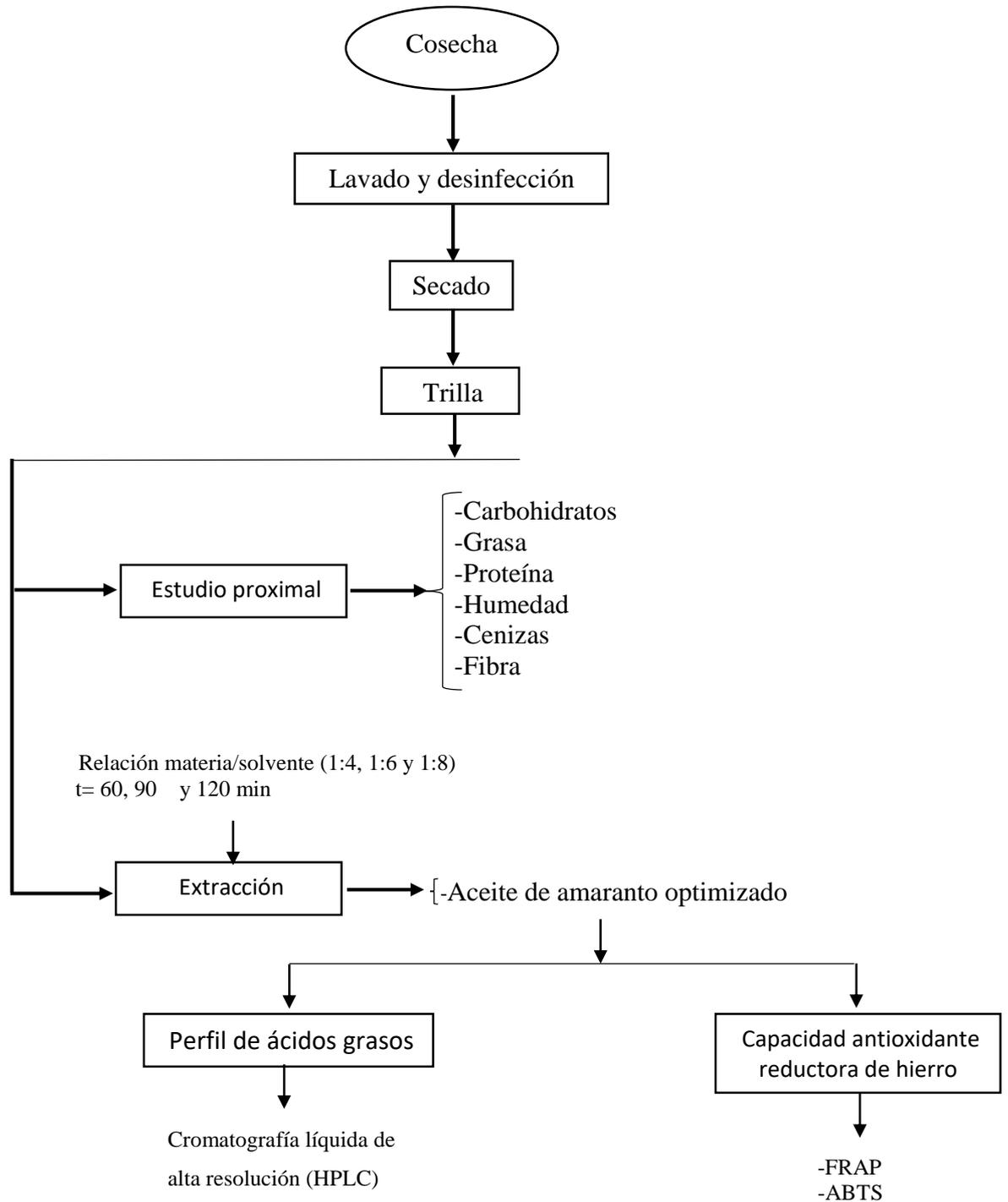
2.4.9. Ensayo de Frap (Ferric Reducing Antioxidant Power)

Evaluó el efecto combinado de las defensas antioxidantes no enzimáticas que se encontraban presentes en las muestras de aceite de amaranto, como un índice de la capacidad de resistir el daño oxidante. Este método fue realizado bajo una solución en un buffer ácido acético-acetato de sodio con TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazina) y FeCl₃; esta solución tiene un pH de 3.6. Mezclamos 100 µL de muestra con 900 µL de la solución preparada en el paso anterior. La reacción se llevó a cabo en 7 minutos, posteriormente se midió la absorbancia de la solución a una longitud de onda de 593 nm; considerando la absorbancia del blanco sin cromóforo. Esto sirvió como referencia para la corrección de los resultados (Ruiz, 2018). La concentración de actividad antioxidante fue determinada a través de una curva de calibración con trolox (6-hidroxi-2, 5, 7,8 tetrametilcromo-2 ácido carboxílico) 0.5 mM como antioxidante sintético de referencia, tomando volúmenes de 0 µl a 100 µl (cada 20 µl) de solución de trolox. “En presencia de antioxidantes, la forma férrica del compuesto hierro-tripiridyl-triazina (Fe³⁺-TPTZ) se reduce a la forma ferrosa (Fe²⁺-TPTZ)” (Benítez, et al., 2021).

2.4.9.1. Método ABTS

Se generó el radical catiónico ABTS^{•+} mediante la reacción del ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolín)-6-sulfónico con persulfato de potasio. Se mezclaron partes iguales de una solución metanólica de ABTS 7 mM con una solución acuosa de persulfato potásico 2,45 mM; la mezcla se mantuvo en oscuridad, a temperatura ambiente por 16 horas para formar el radical. Se tomaron 100 µl de cada fracción de muestra y se mezclaron con 1 ml de la solución de ABTS^{•+} (Ab734 = 0,7), la mezcla se incubó por 10 min en oscuridad y, posteriormente, se leyó la absorbancia a 517 nm, frente a un blanco. Los datos de absorbancia de las muestras se compararon en una curva de calibración estándar de Trolox y se expresaron como mM de Equivalentes Trolox (ET) (Mendoza, et al., 2014).

2.5. Diagrama de flujo de la extracción del aceite de amaranto



Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

2.6. Diseño experimental

Para la optimización del sistema de extracción del aceite de las semillas de amaranto (*Amaranthus caudatus*) por medio de la técnica de soxhlet, se empleó el

software Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.) con la finalidad de maximizar su rendimiento; usando el método superficie de respuesta de un diseño experimental cuadrático. Se realizaron 11 corridas experimentales para evaluar el efecto del tiempo (60 min, 90 min, 120 min) y la relación material/solvente (etanol 100 mL + cloroformo 400 mL) (1:4, 1:6, 1:8), tomando como variable respuesta el rendimiento de la extracción de aceite, así como la verificación de la optimización. En la tabla 5 se muestran los parámetros evaluados en el diseño de superficie de respuesta.

Tabla 5 Descripción del diseño de superficie de respuesta

<i>Detalle</i>	<i>UM</i>	<i>Tipo</i>	<i>Subtipo</i>
<i>Tiempo</i>	<i>Min</i>	<i>Numérico</i>	<i>Discreta</i>
			60
			90
<i>Relación material/s</i>	<i>m/m</i>	<i>Numérico</i>	<i>Discreta</i>
			1:4
			1:6
			1:8

Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

En la tabla 6 se presentan las variables evaluadas en el diseño cuadrático del estudio

Tabla 6 Variables evaluadas en el modelo matemático cuadrático

<i>Variable Dependiente</i>	<i>Variable Independiente</i>	<i>Indicadores</i>	<i>UM</i>
Extracción y caracterización del aceite amaranto	* <i>Tiempo</i> (60, 105 y 150 min) * <i>Relación material vegetal/cloroformo más etanol</i> (1:4; 1:6; 1:8).	<i>Rendimiento</i>	%

Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

En la Tabla 7 se exponen las 11 combinaciones experimentales (60, 90 y 120 minutos) para el proceso de extracción del aceite de las semillas del amaranto; estas, junto a la relación de la cantidad del material vegetal con las partes del solvente (etanol 100 mL + cloroformo 400 mL), representan las condiciones específicas bajo las cuales se llevaron a cabo las corridas experimentales.

Tabla 7 *Matriz experimental para la extracción del aceite de amaranto*

Corrida	Tiempo (min)	Relación material vegetal /solvente
1	90	1:4
2	60	1:8
3	90	1:6
4	120	1:6
5	90	1:8
6	90	1:6
7	60	1:4
8	120	1:8
9	120	1:4
10	60	1:6
11	90	1:6

Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultado:

3.1. Caracterizar la composición química proximal de la semilla del amaranto (*Amaranthus caudatus*).

La Tabla 8 presenta el análisis proximal detallado de la semilla de amaranto (*Amaranthus caudatus*). Los resultados indican los porcentajes de varios componentes nutricionales como los carbohidratos 62,31 %, proteína 15,18 %, humedad 9,71 %, grasa 6,11 %, fibra 3,82 % y ceniza 2,78 %. Estos valores proporcionados en el análisis proximal de las semillas de amaranto resaltan su riqueza nutricional.

Tabla 8 Composición química proximal de la variedad de amaranto

Indicador	Media	Desviación estándar
Carbohidrato (% m/m)	62,31	0,02
Grasa (% m/m)	6,11	0,02
Proteína (% m/m)	15,18	0,02
Humedad (% m/m)	9,71	0,04
Ceniza (% m/m)	2,79	0,01
Fibra (% m/m)	3,82	0,01

Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

3.2. Optimización del sistema de extracción del aceite amaranto (*Amaranthus caudatus*) por medio de la técnica de soxhlet.

La Tabla 9 detalla la matriz experimental que se utilizó en la extracción del aceite de las semillas del amaranto; se llevaron a cabo un total de 11 corridas

experimentales, a diferentes intervalos de tiempo: 60 minutos, 90 minutos y 120 minutos, con tres relaciones entre el material vegetal y el disolvente (una mezcla de disolventes compuesta por 100 mL de etanol + 400 mL de cloroformo) de 1:4, 1:6 y 1:8. La corrida experimental 8 es de la que mejor rendimiento se obtuvo.

Tabla 9

Matriz experimental de la extracción del aceite de amaranto

Corrida	Tiempo (min)	Relación material vegetal /solvente	Rendimiento (%)
1	90	1:4	5,21
2	60	1:8	5,05
3	90	1:6	5,50
4	120	1:6	5,81
5	90	1:8	5,77
6	90	1:6	5,43
7	60	1:4	4,69
8	120	1:8	6,05
9	120	1:4	5,54
10	60	1:6	4,83
11	90	1:6	5,47

1:4: 1 parte de material vegetal/4 partes de solvente (100 mL de etanol + 400 mL de cloroformo)

1:6: 1 parte de material vegetal/6 partes de solvente (100 mL de etanol + 400 mL de cloroformo)

1:8: 1 parte de material vegetal/8 partes de solvente (100 mL de etanol + 400 mL de cloroformo)

Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

Los resultados muestran que el rendimiento de extracción del aceite de la semilla de amaranto obtenido el método de soxhlet varía según las condiciones experimentales. En la corrida 8, se logró el mayor rendimiento con un 6.05% de aceite de amaranto; la extracción se llevó a cabo durante 120 minutos con una relación de 1 parte de material vegetal en comparación con 8 partes del disolvente. Estos resultados enfatizan la importancia de la duración de la extracción con la proporción entre el material vegetal y el disolvente durante el proceso de extracción del aceite de amaranto para obtener un mejor rendimiento.

3.2.1. Rendimiento

La Tabla 10 muestra la importancia de los parámetros del modelo codificado para estimar la variable respuesta (rendimiento). Se observa que el modelo cuadrático es

significativo con un nivel de confianza del 95.0%, esto sugiere que hay una alta confianza en la precisión del modelo para predecir el rendimiento; posee una significancia estadística con un valor p de ≤ 0.01 entre los factores y la respuesta.

Tabla 10 Parámetros del modelo codificado para el rendimiento

Indicador	Rendimiento (%)
Intercepto	5,48
X_{TIE}	0,47*
X_{RMA}	0,23*
X_{TIE}^2	0,15*
X_{RMA}^2	0,018*
$X_{TIE} X_{RMA}$	0,018*
R^2	0,9956
R^2 ajustado	0,9889
R^2 predicho	0,9224
F modelo	149,91
F falta de ajuste	2,14
Precisión adecuada	39,92

TIE: tiempo de extracción

RMA: relación material vegetal/solvente

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

Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

El rendimiento estimado cuando todos los predictores son cero es de 5.48% (intercepto). Mostraron ser significativos el tiempo de extracción (X_{TIE}), relación material vegetal/solvente (X_{RMA}), los factores cuadráticos (X_{TIE}^2 , X_{RMA}^2) y la interacción entre tiempo de extracción con la relación material vegetal/solvente ($X_{TIE} X_{RMA}$) en relación con el rendimiento.

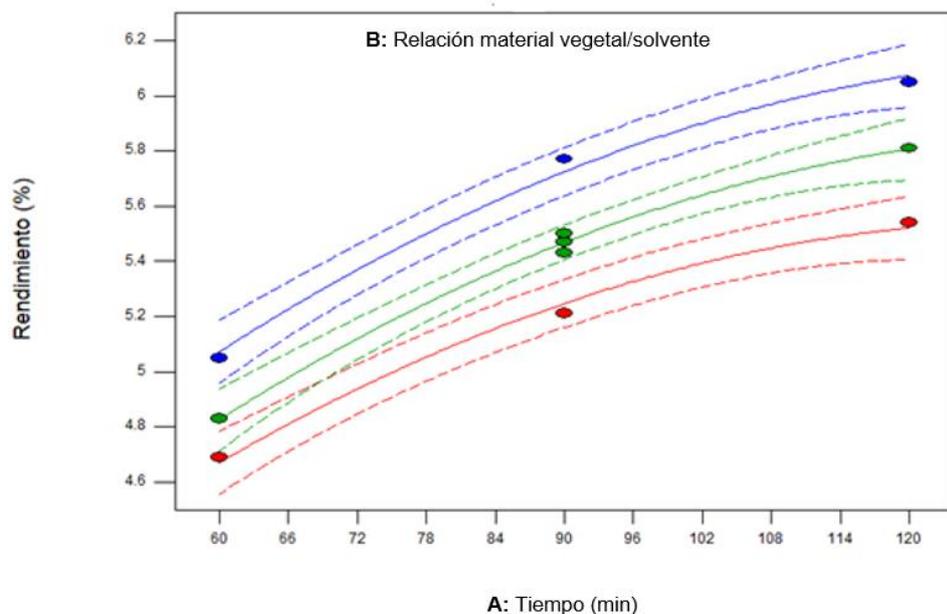
Cada unidad de incremento en el tiempo de extracción está asociada con un aumento del 0.47 %, en la relación material vegetal/solvente es del 0.23%; la interacción entre el tiempo de extracción y la relación material vegetal/solvente está asociada con un aumento del 0.018% en el rendimiento, mientras que los factores cuadráticos están relacionados con los efectos no lineales en el rendimiento.

El coeficiente de correlación R^2 es de 0,9956 lo cual indica que el modelo predice perfectamente; es lo mismo que el 99,56 % de la variable dependiente es predicha por la variable independiente. Un F modelo de 149,91 %, este valor es mayor al de la tabla de Fisher, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa la misma que manifiesta: la optimización de la obtención del aceite de las semillas del amaranto (*Amaranthus caudatus*) depende del tiempo de extracción

y la relación de la materia vegetal con el disolvente (etanol 100 ml + cloroformo 400ml).

En la figura 3 se presenta la superficie de respuesta, ajustada de la interacción del tiempo de extracción con la relación del material vegetal/ con el solvente (100 mL de etanol + 400 mL de cloroformo), para estimar el rendimiento del aceite de amaranto. Esto evidencia que la extracción con el mayor rendimiento del aceite de amaranto – cuyo tiempo fue de 120 minutos con una relación de 1 parte de material vegetal en comparación con 8 partes del solvente – fue superior a 6%. Se demuestra, por consiguiente, que la variabilidad de los coeficientes estimados está directamente relacionada con la determinación del rendimiento puesto que al ajustar los coeficientes se puede obtener un impacto significativo en el rendimiento del aceite.

Figura 3 Interacción de los factores en el rendimiento del aceite



Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

3.2.2. Optimización numérica del proceso de extracción del aceite de amaranto.

En la tabla 11 se visualiza la optimización del diseño experimental, presentando la combinación de los factores que permite maximizar el rendimiento del aceite de las semillas de amaranto. Se observa que el rango mínimo del tiempo es de 60 minutos y máximo 120 minutos; en la relación masa/solvente, el rango mínimo es de 1:4 y máximo de 1:8. Las condiciones óptimas determinadas por el software para la

extracción fue de un tiempo de 117 minutos con una relación de 1 parte de material vegetal en comparación con 8 partes del solvente para obtener un rendimiento de 6,05149 % con una deseabilidad de 1 lo que significa que se ha establecido un conjunto de parámetros que se encuentran dentro de rangos aceptables y que maximizan el rendimiento del aceite de amaranto.

Tabla 11 Puntos óptimos del diseño experimental

Parámetro	Unidad	Mínimo	Máximo	Solución
Tiempo	Min	60	120	117,00
Relación masa/solvente	g/L	1:4	1:8	1:8
Rendimiento	%	-	-	6,05149
Deseabilidad	-	-	-	1

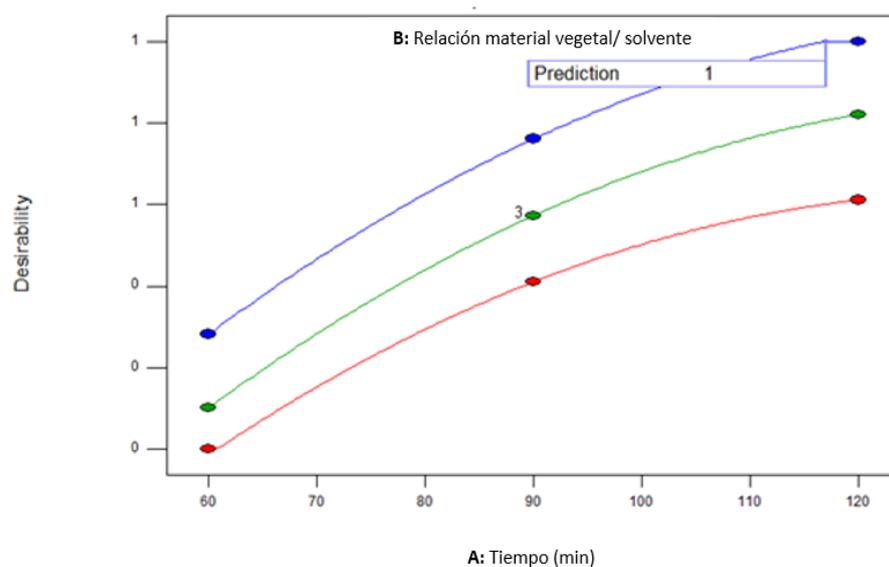
1:4: 1 parte de material vegetal/4 partes de solvente (100 mL de etanol + 400 mL de cloroformo)

1:8: 1 parte de material vegetal/8 partes de solvente (100 mL de etanol + 400 mL de cloroformo)

Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

La gráfica 4 muestra el buen ajuste y adecuación del diseño de la optimización numérica para el rendimiento del aceite de amaranto. La condición óptima prevista se obtuvo con un tiempo de 117 minutos con una relación de 1 parte de material vegetal en comparación con 8 partes del solvente para obtener un rendimiento de 6,05149 %, con una deseabilidad de 1.

Figura 4 Optimización numérica para el rendimiento del aceite de amaranto



Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

En la tabla 12 se presenta la diferencia de los rendimientos del predicho que fue determinado por el software Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.), y el valor experimental donde se obtiene mayor rendimiento. Esto significa que las condiciones experimentales usadas superaron las predicciones del software, lo cual es muy positivo, ya que es una indicación de que el proceso ha sido exitoso y que las condiciones reales han tenido un impacto aún más favorable de lo anticipado.

Tabla 12 *Valores predichos y experimentales del rendimiento (%), alcanzados con las restricciones del proceso de optimización*

Valor	Rendimiento (%)
Valor predicho	6,05
Valor experimental	6,23

Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

3.2.3. Cuadro comparativo de los rendimientos de aceites obtenidos en la Universidad Técnica de Cotopaxi dirigida por el Quím. Jaime Rojas.

En la tabla 13 se puede observar que el tipo de técnica empleada si influye en el rendimiento de la extracción del aceite, además que está directamente relacionado el rendimiento con el tipo de planta que se usa como materia prima.

Tabla 13 *comparativo de los rendimientos de aceites obtenidos en la Universidad Técnica de Cotopaxi*

Aceite	Rendimiento (%)	Técnica	Autor
Estudio	6,23	Soxhlet	Autora
Amaranto	6,09	Soxhlet	(Villamarin, 2023)
Lavanda	0,6499	Arrastre de vapor	(Palacios & Zúñiga, 2022)
Matico	0,8843	Arrastre de vapor	(Bedón & León, 2022)
Ruda	0,13	Arrastre de vapor	(Fernández & Reascos, 2022)
Tifo	0,6814	Arrastre de vapor	(Collantes & Mena, 2022)
Sunfo	1,5291	Arrastre de vapor	(Mena & Salas, 2022)
Tzintzo	0,7891	Arrastre de vapor	(Medina, 2023)
Eneldo	1,3834	Arrastre de vapor	(Quevedo, 2022)

Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

3.3. Establecer el perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto (*Amaranthus caudatus*), mediante el uso de la cromatografía líquida.

En la tabla 14 se presentan los resultados del perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto, obtenidos a través de la técnica de HPLC, en donde linoleico (45,30 %), oleico (24,38 %), palmítico (18,89 %), cis-11,14,17-icosatrienoico (3,36 %), esteárico (2,42 %), linolelaídico (1,23 %), cis-10-Heptadecanoico (1,07 %), linolénico (1,00 %), araquídico (0,67 %), cis-11-Eicosenoico (0,32 %), palmitoleico (0,31 %), cis-8,11,14-Eicosatrienoico (0,28 %), mirístico (0,20 %) y cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoico (0,20 %). Estos datos proporcionan una importante información sobre la composición de los ácidos grasos presentes en el aceite y se demuestran, además, fundamentales para comprender su valor nutricional y sus posibles aplicaciones en la industria.

Tabla 14 Perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto

Ácidos grasos	%
Linoleico	45,30
Oleico	24,38
Palmítico	18,89
cis-11,14,17-icosatrienoico	3,36
Esteárico	2,42
Linolelaídico	1,23
cis-10-Heptadecanoico	1,07
Linolénico	1,00
Araquídico	0,67
cis-11-Eicosenoico	0,32
Palmitoleico	0,31
cis-8,11,14-Eicosatrienoico	0,28
Mirístico	0,20
cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoico	0,20

Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

3.4. Determinar la capacidad antioxidante (FRAP y ABTS), así como en análisis físico químicas del aceite de amaranto.

3.4.1. Capacidad antioxidante

En la tabla 15 se representa los resultados de la capacidad antioxidante del aceite de amaranto, para FRAP fue 223,12 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ (4 mg/mL) en mayor cantidad esto indica una capacidad antioxidante significativa, lo que sugiere que el aceite puede ser efectivo para neutralizar los radicales libres y proteger las células;

además, la prueba ABTS indica una capacidad antioxidante de 0,11 IC50 (mg/mL). Este análisis refuerza el concepto que el aceite de amaranto extraído de las semillas puede ser beneficio para el ser humano.

Tabla 15 *Efectividad antioxidante del aceite de amaranto.*

ABTS 2	FRAP 3	
IC50 4 (mg/mL)	Concentración (mg/mL)	$\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$
0,11	4	223,12
	2	124,98
	1	93,24

¹ Efectividad antioxidante expresada en IC₅₀

² ABTS: ensayo de decoloración de cationes radicales

³ FRAP: capacidad para reducir el hierro férrico a ferroso.

⁴ IC₅₀: compuesto antioxidante total necesario para disminuir el radical ABTS inicial a concentración en un 50%.

Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

Esta diferencia de la capacidad antioxidante entre ABTS y FRAP puede ser debido a la metodología aplicada. Almirudis, et al., (2020) atribuyeron que la actividad antioxidante del amaranto no solo a los compuestos fenólicos sino también a compuestos de naturaleza lipofílica. Esto sugiere que el amaranto puede ser una fuente rica y diversa de antioxidantes.

3.4.2. *Parámetros fisicoquímicos del aceite del amaranto*

Los resultados obtenidos en el análisis fisicoquímico se muestran en la tabla 16, en la misma que existe un índice de peróxidos 1,08 meqO₂/Kg, índice de yodo 103,23, Acidez (Ácido Oleico) 0,21 % m/m y densidad 0,8321 g/mL. Estos valores proporcionan información importante relevante para su uso en diferentes aplicaciones.

Tabla 16

Parámetros fisicoquímicos del aceite del amaranto

Parámetro	Media	Desviación estándar
Índice de peróxidos (meqO ₂ /Kg)	1,08	0,02
Índice de yodo	103,23	0,01
Acidez (Ácido Oleico % m/m)	0,21	0,01
Densidad (g/mL)	0,8321	0,0143

Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

3.5. Discusión:

Tabla 17 Cuadro comparativo de la composición de la semilla de amaranto

Indicador	Amaranthus Caudatus	Amaranthus hypochondriacus
Carbohidrato (% m/m)	62,31	62,51
Grasa (% m/m)	6,11	6,11
Proteína (% m/m)	15,18	14,98
Humedad (% m/m)	9,71	9,75
Ceniza (% m/m)	2,79	2,78
Fibra (% m/m)	3,82	3,86

Fuente: (Villamarin , 2023)

Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

Según Chamorro, et al., (2018) el *Amaranthus caudatus* tiene entre 7,50 a 14,12 % de fibra, carbohidratos entre 55,5 a 71,5 %, 16,59 % de proteína. Mamani, et al., (2017) dice que el amaranto contiene 5,76 % de humedad, cenizas totales 2,86 %. Mejía (2022) en su estudio detalla que el amaranto contiene 7,1% de grasa, 64,5 % de carbohidratos, 13,5 % de proteína, 2,5 % de fibra, 2,4 % de cenizas y 12 % de humedad.

Villamarin (2023) en su estudio del análisis proximal realizado a las semillas de amaranto, manifestó la presencia de nutrientes importantes como: carbohidratos (62,51 %), proteína (14,98 %), humedad (9,75 %), grasa (6,11 %), fibra (3,86 %) y ceniza (2,78 %). Estos valores proporcionan una visión completa de la composición nutricional de las semillas de amaranto y subrayan su potencial como fuente valiosa de nutrientes. Estos valores al ser comparados con los que se obtuvo en la investigación se puede observar que no hay una diferencia significativa.

Hernández (2019) manifestó que tiene de 16-18 % de proteína por su alto contenido de lisina, la cual es esencial para el desarrollo del cerebro, ayuda en la

producción de anticuerpos y hormonas, lo que contribuye a fortalecer el sistema inmunológico, también crucial en la formación de colágeno, una proteína esencial para la piel, los tendones, los ligamentos y los huesos; además facilita la construcción de la proteína muscular y reduce los niveles de triglicéridos.

Gómez (2013) en su estudio destaca que el grano debe mantener un nivel de humedad por debajo del 12%, pues es crucial a fin de preservar la calidad y la viabilidad de las semillas durante el almacenamiento a largo plazo; también el uso de costales de tela o yute y el almacenamiento en lugares ventilados y secos son prácticas recomendadas para asegurar condiciones óptimas para la conservación de las semillas.

Los valores que se obtuvieron en el análisis, son consistentes con los reportados por diferentes autores en estudios previos. Los valores de los carbohidratos, proteínas, grasa, humedad, ceniza y fibra pueden variar ligeramente de un estudio a otro, aspecto que puede estar influenciado por factores como las condiciones de cultivo, el procesamiento y las técnicas de análisis utilizadas. Estos datos proporcionan una perspectiva más completa sobre el perfil nutricional del amaranto y su potencial como fuente valiosa de nutrientes.

Según Marradi (2013) una matriz experimental es una tabla que detalla las diferentes combinaciones de variables y condiciones que se están probando en un estudio. Cada fila de la matriz representa una configuración o condición única, y cada columna puede representar una variable que se está controlando o registrando. Se puede comparar el valor del rendimiento (6,23%) obtenido experimentalmente con los resultados obtenidos en los estudios de Zurita, et al., (2021). En estos se percata una media del rendimiento de las extracciones por Soxhlet que oscila por el $13\% \pm 3,31$. Krulj, et al., (2016) obtuvo un rendimiento de 6,95 % con éter de petróleo (40-60 °C), Lyon y Becker (1987) en su estudio, alcanzaron 6,69 % de rendimiento usando como solvente el hexano respectivo. Loma (2017) en su investigación mencionó que el amaranto contiene de 7 a 8 % de lípidos.

Esto resalta la influencia de diversos factores, como la afinidad con el solvente, el tiempo de extracción y la edad fenológica del amaranto utilizado.

Tabla 18 Cuadro comparativo de los ácidos grasos del aceite de amaranto

Ácidos grasos	<i>Amaranthus Caudatus</i>	<i>Amaranthus hypochondriacus</i>
Linoleico	45,30	47,01
Oleico	24,38	23,03
Palmítico	18,89	19,19
cis-11,14,17-icosatrienoico	3,36	1,24
Esteárico	2,42	3,67
Linolelaídico	1,23	1,15
cis-10-Heptadecanoico	1,07	0,98
Linolénico	1,00	0,55
Araquídico	0,67	-
cis-11-Eicosenoico	0,32	0,54
Palmitoleico	0,31	0,40
cis-8,11,14-Eicosatrienoico	0,28	1,16
Mirístico	0,20	-
cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoico	0,20	0,29

Fuente: (Villamarín, 2023)

Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

Según Villamarín (2023) en su estudio obtuvo a través de la técnica de HPLC los siguientes ácidos grasos: linoleico (47,01%), oleico (23,03%), palmítico (19,19%), esteárico (3,67%), cis-11,14,17-icosatrienoico (1,24%), cis-8,11,14-Eicosatrienoico (1,16%), linolénico (1,15%), cis-10-Heptadecanoico (0,98%), alquídico (0,80%), linolénico (0,55%), cis-11-Eicosenoico (0,54%), palmitoleico (0,40%) y cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoico (0,29%). El aceite que se obtuvo en la investigación no tiene mucha diferencia a los datos que menciona Villamarín.

Rodas y Bressani (2009) manifestaron en su investigación los promedios de los principales ácidos grasos que encontraron en el aceite de amaranto: el palmítico 19,16 %, mirístico 0,18 %, cis-eicosenoico 0,90 %, araquídico 0,35 %, además las variables agronómicas son responsables por las diferencias en el contenido de ácidos grasos. El procesamiento al cual se somete la semilla para su consumo también puede afectar el contenido de ácidos grasos. Pástor (2013) linoleico 49,52 %. De acuerdo con estos autores mencionados el porcentaje de los ácidos grasos presentes en el aceite obtenido en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi no hay una diferencia significativa. Sin embargo, no existe una normativa que establezca límites máximos o mínimos de los ácidos grasos que debe contener el aceite de amaranto.

Escalera y Caba (2015) mencionaron que el ácido linoleico y ácido α -linolénico son esenciales para el cuerpo humano porque no pueden ser sintetizados internamente y deben ser obtenidos a través de la dieta.

Según Barrios (2018) el aceite de amaranto posee niveles elevados de ácido linoleico que es esencial para el organismo humano y con fuertes propiedades que pueden contribuir a reducir el riesgo de ciertas condiciones de salud como: acné, alergias, problemas cardiovasculares, deshidratación, piel seca, fatiga, sensibilidad del alimento, deficiencias inmunes, problemas del hígado, oscilaciones de humor, osteoartritis, síndrome premenstrual y gerencia del peso.

Dos estudios dan características que se contradicen Amasifuen (2017) sostiene que el ácido oleico ejerce una acción beneficiosa en los vasos sanguíneos reduciendo el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares; el esteárico algunas de sus sales (principalmente de sodio y potasio), como tenso activas. Por otro lado, Alberca afirma que posee propiedades menos saludables que incrementa los niveles de colesterol en la sangre.

Cabezas, et al., (2016) los aceites juegan un papel crucial en la industria alimentaria, puesto que contribuyen a la palatabilidad de los alimentos, mejorando su sabor, textura, así como su apariencia y actuando como emulsificante, vehículos de elementos liposolubles que confieren sabor a los alimentos, además pueden prolongar la vida útil.

Desacuerdo con la investigación de Rodríguez, et al., (2022) las semillas son una fuente valiosa ácidos grasos, lo que hace que los aceites derivados de ellas sean recursos importantes para diversas aplicaciones con fines nutricionales, industriales y medicinales. Los ácidos grasos son componentes esenciales para los organismos vivos porque juegan diferentes roles: son una fuente de energía, función estructural y moduladores de funciones fisiológicas. El consumo equilibrado de ácidos grasos, especialmente aquellos monoinsaturados y poliinsaturados, ha demostrado tener una serie de beneficios para la salud, contribuyendo a prevenir y mejorar diversas afecciones de salud.

Cuevas y Lozano (2017) destacaron que los factores como los procesos genéticos, agrotécnicos y condiciones ambientales influyen en las características

fisicoquímicas y la actividad antioxidante del amaranto. Además, mencionaron que la actividad antioxidante está relacionada con su capacidad para proteger las membranas celulares de los radicales libres.

López, et al., (2014) manifestaron que la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos totales pueden ser afectados por el tipo o variedad de cultivo, tipo y tiempo de almacenamiento del material a analizar, así como el método de extracción usado, entre otros.

Barrios (2018) en su investigación mencionó que el aceite de amaranto, gracias a sus propiedades antioxidantes, puede actuar como un suplemento natural efectivo para proteger las membranas celulares contra el daño oxidativo. Además, se ha observado que puede reducir significativamente los niveles de colesterol total, triglicéridos, VLDL (lipoproteínas de muy baja densidad) y LDL (lipoproteínas de baja densidad). Esto hace del aceite de amaranto un componente valioso para la salud cardiovascular y la prevención de enfermedades relacionadas como el estrés oxidativo y el perfil lipídico.

Zurita, et al., (2021) en su investigación obtuvieron 112,93 g/g del índice de yodo.

El rendimiento del aceite está relacionado a varios factores como la técnica que se usa para la extracción, la materia prima (edad fenológica, lugar de cultivo, hora de cosecha etc.).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El análisis de la composición química proximal de la semilla de amaranto reveló que contiene un alto porcentaje de carbohidratos 62,31 %, una notable cantidad de proteína 15,18 %; su humedad fue de 9,71 %. Además, presento grasa 6,11 %, fibra 3,82 % y ceniza 2,78 %. Estos valores proporcionan una visión detallada de la composición nutricional de las semillas de amaranto, destacando su riqueza en carbohidratos y proteínas, lo que las convierte en una fuente potencialmente valiosa de nutrientes.
- La optimización del diseño experimental presentó la combinación de factores que permitió maximizar el rendimiento del aceite de las semillas de amaranto. El software determinó que las condiciones óptimas para la extracción fueron un tiempo de 117 minutos con una relación de 1 parte de material vegetal por 8 partes del solvente, lo que resultó en un rendimiento del 6,05% con una deseabilidad de 1; el valor experimental obtiene mayor rendimiento de 6,23%. Esto significó que las condiciones experimentales usadas superaron las predicciones del software y es muy positivo para la investigación.
- Los compuestos volátiles del aceite de amaranto fueron determinados a través de la técnica cromatografía de gases líquida (HPLC), encontrando 13 ácidos grasos, linoleico (45,30 %), oleico (24,38 %), palmítico (18,89 %), cis-11,14,17-icosatrienoico (3,36 %), esteárico (2,42 %), linoleáidico (1,23 %), cis-10-Heptadecanoico (1,07 %), linolénico (1,00 %), araquídico (0,67 %), cis-11-Eicosenoico (0,32 %), palmitoleico (0,31 %), cis-8,11,14-Eicosatrienoico (0,28 %), mirístico (0,20 %) y cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoico (0,20 %).
- Los resultados de la capacidad antioxidante del aceite de amaranto son significativos: en la prueba de FRAP se obtuvo 223,12 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ (4 mg/mL), hecho que sugiere que el aceite puede ser efectivo para neutralizar los radicales libres y proteger las células; además, en la prueba ABTS, se registró una capacidad antioxidante de 0,11 IC₅₀ (mg/mL). Este análisis

refuerza que el aceite de amaranto extraído de las semillas pueden ser beneficios para el ser humano. Los resultados del análisis fisicoquímico indicaron un índice de peróxidos 1,08 meqO₂/Kg, índice de yodo 103,23, acidez (Ácido Oleico) 0,21 % m/m y densidad 0,8321 g/mL. Estos valores proporcionan información relevante para su uso en diferentes aplicaciones para la industria.

RECOMENDACIONES

- Moler o triturar las semillas del amaranto con el fin de incrementar la superficie de extracción disponible para el solvente, que a su vez facilita la obtención de un mayor rendimiento de aceite de las semillas de amaranto.
- Limpiar debidamente equipo y los materiales a usar durante la extracción del aceite para evitar contaminación en la muestra.
- Para deshidratar el grano no se debe superar la temperatura de 50 °C; se debe colocar el amaranto en bandejas de rejillas de secado en una sola capa. Esto permite que el aire circule alrededor de cada grano, facilitando el proceso de secado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Algara, P., Gallegos, J., & Reyes, J. (2016). El amaranto y sus efectos terapéuticos. *Dialnet*, 7(21), 55-73. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7298394>
- Almirudis, S., Ramírez, B., Medina, C., Magaña, E., Torres, P., & Ledesma, A. (2020). Actividad antioxidante de harinas de amaranto obtenidas por extrusión y análisis parcial de su calidad proteica in vivo. *Scielo*, 22(1), 24-31. doi:<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i1.1121>.
- Amasifuen, K. (2017). *Perfil de ácidos grasos de ankistrodesmus sp., scenedesmus sp., chlorella sp. sometidas a diferentes concentraciones de nitrato*. [Tesis; Universidad Científica del Perú]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/557>
- Ayca, D. (2019). *Evaluación de la toxicidad aguda de los extractos acuosos de lupinus mutabilis sweet y amaranthus caudatus y la influencia sobre parámetros bioquímicos y hematológicos en animales de experimentación*. [Tesis de Maestría; Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/25287>
- Barriga, M., Churata, A., & Tinoco, Ó. (2018). Optimización del rendimiento de la extracción de aceite de semillas de Vitis vinifera con CO2 supercrítico. *Scielo*, 84(2), 217-227. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000200006
- Barrios, W. (2018). *Plan de negocios para la industrialización y comercialización del aceite de amaranto en la ciudad de Sucre*. [Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/997>
- Bedón, K., & León, N. (2022). *Extracción del aceite esencial de matico (Piper aduncum), mediante el método de arrastre de vapor*. [Tesis, UTC].

Repositorio institucional. Obtenido de
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9349>

Benítez, A., Villanueva, J., González, G., Alcántar, V., Puga, R., & Quintero, A. (2021). Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fotoquimioluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP). *Scielo*, 23, 1-9. doi:<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.244>

Burgos, V., & Del Castillo, V. (2021). Utilización de kiwicha precocida (*Amaranthus caudatus*) para el desarrollo de barras funcionales. *Scielo*, 48(3), 307-318. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182021000300307>

Cabezas, C., Hernández, B., & Vargas, M. (2016). Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. *Scielo*, 64(4), 761-768. doi:<https://doi.org/10.15446/revfacmed.v64n4.53684>

Cano, M., Resendiz, M., Ronces, R., Betanzos, G., Suárez, T., Hernández, J., & Ariza, J. (2016). Cuantificación de escualeno en el aceite de amaranto crudo y refinado. *Educación y Salud Boletín Científico de Ciencias de la Salud del ICESA* , 4(8). doi:<https://doi.org/10.29057/icsa.v4i8.282>

Carbonell, A. (2018). *Utilización de aceite de semilla de algodón como materia base renovable para la optimización de formulaciones de polímeros de alto rendimiento medioambiental. [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València]*. Repositorio institucional. doi:10.4995/Thesis/10251/112424

Castejón, N. (2018). *Nuevas fuentes de aceites ricos en omega-3 para la producción de lípidos saludables mediante tecnologías limpias de extracción y modificación enzimática. [Tesis doctorales-Química; Universidad Autónoma de Madrid]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10486/686451>

Castro, B. (2018). *Rendimiento de aceites esenciales de Schinus molle L. según tiempo de secado solar, de los frutos, La Mejorada - Huancavelica. [Tesis; Universidad Nacional del Centro de Perú]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5529>

- Chamorro, R., Repo, R., Ccapa, K., & Quispe, F. (2018). Composición química y compuestos bioactivos de treinta accesiones de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Scielo*, 84(3), 362-374. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000300009
- Chimborazo, I. (2021). *Estudio de la calidad de los aceites vegetales usados en los negocios de comida rápida en las parroquias Velasco y Maldonado de la ciudad de Riobamba y su incidencia en la salud. [Tesis; ESPOCH]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/14850>
- Cienfuegos, M., & Cienfuegos, A. (2016). Lo cuantitativo y cualitativo en la investigación. Un apoyo a su enseñanza. *Scielo*, 7(13), 1-22. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-74672016000200015
- Codex Alimentarius. (2010). Nombres genéricos y sistema internacional de numeración de aditivos alimentarios, CAC/GL 36-1989. *Normas oficiales del Codex*. Obtenido de http://www.codexalimentarius.net/web/more_info.jsp?id_sta=7
- Collantes, T., & Mena, K. (2022). *Extracción del aceite esencial de tifo (minthostachys mollis), mediante la metodología de arrastre de vapor. [Tesis; UTC]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8605>
- Coronado, M., Vega, S., Rey, L., Vázquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Scielo*, 42(2), 206-212. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>
- Cuevas, M., & Lozano, N. (2017). *Actividad antioxidante y composición de ácidos grasos, tocoferoles y tocotrienoles en tres variedades de Chenopodium quinoa Willdenow y elaboración de una crema dermocosmética antienvjecimiento. [Tesis; Universidad Nacional Mayor*

de San Marcos]. Repositorio institucional. Obtenido de
<https://hdl.handle.net/20.500.12672/7113>

Delgado, C. (2019). *Impacto del uso de aceites vegetales en la calidad nutricional de alimentos funcionales: Revisión de literatura. [Tesis; Pontificia Universidad Javeriana]*. Repositorio institucional. Obtenido de
<http://hdl.handle.net/10554/43693>

Escalera, R., & Caba, F. (2015). Evaluación nutricional de los ácidos grasos de aceite de semillas de palqui (*Acacia feddeana* Harms). *Scielo*, 1(15), 13-18. Obtenido de
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312015000100003

Fernández, L., & Reascos, L. (2022). *Extracción de aceite esencial de Ruda (ruta graveolens) mediante la metodología de arrastre de vapor. [Tesis; UTC]*. Repositorio institucional. Obtenido de
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8638>

Gómez, D., Pita, V., & Zumalacárregui, B. (2016). Caracterización de aceites de las semillas de Moringa oleífera a partir de la extracción por diferentes métodos. *Redalyc*, 18(2), 106-111. Obtenido de
<https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=77649147013>

Gómez, A. (2013). *Selección de un proceso de transformación para la disminución de compuestos antinutricionales en el grano y hojas de amaranto (Amaranthus caudatus L.) y sangorache (Amaranthus hybridus L.). [Tesis; Escuela Politécnica Nacional]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5818>

Gómez, L., Martínez, N., Enríquez, I., Garza, F., & Nájera, J. (2020). Análisis proximal y de composición mineral de cuatro especies de hongos ectomicorrízicos silvestres de la Sierra Tarahumara de Chihuahua. *Scielo*, 22, 1-10. doi:<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.0.184>

Googlemaps. (2023). Ubicación de la facultad de CAREN de la UTC. Obtenido de

<https://www.google.com/maps/place/Universidad+Tecnica+de+Cotopaxi/@-0.996117,-78.6249922,15.25z/data=!4m12!1m6!3m5!1s0x91d462563a35aa99:0xa3a059adae90fa63!2sUniversidad+Tecnica+de+Cotopaxi!8m2!3d-0.9994491!4d-78.6191374!3m4!1s0x91d462563a35aa99:0xa3a059ad>

- Hernández, L. (2019). *Desarrollo de una formulación en polvo a base de Amaranto (Amaranthus cruentus) y canela (Cinnamomum sp) sabor chocolate. [Tesis; Universitat Autònoma de Barcelona]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10803/667338>
- Ibarra, H. (2019). *Adaptabilidad de kiwicha (Amaranthus caudatus) para ser incorporada en la cédula de cultivos en la microcuenca Kesari – Circa - Apurímac. [Tesis de postgrado en gestion integral de cuencas hidrograficas; Universidad Nacional Agraria La Molina]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4314>
- Jurado, E. (2019). *Estudio de la producción y comercialización del amaranto (Amaranthus SP) en la provincia de Imbabura. [Tesis; Universidad Técnica del Norte]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9888>
- Krulj, J., Lato, P., Brkljača, J., Popović, S., Zeković, Z., & Bodroza, M. (2016). Métodos de extracción de Amaranthus sp. aislamiento de aceite de grano. *Online library*, 96(10). doi:10.1002/jsfa.7540
- Lara, J., & Lema, C. (2020). *Actividad biológica de lectinas obtenidas de Amaranto (Amaranthus Caudatus) y Chocho (Lupinus Mutabilis). Riobamba, 2020. [Tesis; Universidad Nacional de Chiborazo]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7112>
- Lazo, E. (2022). *Capacidad fitorremediadora de Amaranthus caudatus L. en suelo contaminado por plomo y cadmio en el establo de la E.E.A Mantaro. [Maestria-Ingeniería Ambiental; Universidad Nacional del Centro del*

Perú]. Repositorio institucional. Obtenido de
<http://hdl.handle.net/20.500.12894/8431>

Loma, R. (2017). *Evaluación del rendimiento de amaranto (Amaranthus quitensis) en asociación con leguminosas. [Tesis; Universidad Técnica de Ambato]*. Repositorio institucional. Obtenido de
<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26422>

López, O., López, A., & Palou, E. (2014). Capacidad antioxidante de subproductos de semillas de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). *Scielo*, 64(1), 50-58.
doi:https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222014000100007

López, O., López, A., & Palou, E. (2014). Capacidad antioxidante de subproductos de semillas de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). *Scielo*, 64(1), 50-58. Obtenido de
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222014000100007

Luis, G., Hernández, B., Peña, V., Torres, N., Espinoza, V., & Ramírez, L. (2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto (*Amaranthus* spp.). *Of negative & no positive results*, 3(6), 423-436. Obtenido de
<https://revistas.proeditio.com/jonnpr/article/view/2410>

Lyon, C., & Becker, R. (1987). Extracción y refinación de aceite de semilla de amaranto. *Springer*(64), 233-236. doi:<https://doi.org/10.1007/BF02542008>

Machado, G. (2015). *Quinoa (Chenopodium quinoa), Amaranto (Amaranthus caudatus) y Arginina como ingredientes protectores en tintes para cabello. [Tesis-Posgrado; Universidad Politécnica Salesiana]*. Repositorio institucional. Obtenido de
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7790>

Mamani, D., Gutierrez, M., Serrudo, J., & Gonzales, E. (2017). Parámetros de calidad de harinas de *Amaranthus caudatus* Linnaeus (amaranto), *Chenopodium quinoa* Willd (quinua), *Chenopodium pallidicaule* Aellen

(kañahua), *Lupinus mutabilis* Sweet (tarwi). *Scielo*, 5(1), 27-38. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-02652017000100003#:~:text=En%20amaranto%20un%20contenido%20de,ml%20como%20%C3%ADndice%20de%20hinchamiento.

Mañay, A. (2018). *Determinación del índice de madurez del Amaranto (amaranthus caudatus l.) en el sector de Salache Bajo, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi, 2017. [Tesis; Universidad Técnica de Cotopaxi].* Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5201>

Márquez, L. (2013). *iseño de un sistema para la gestión de aceites vegetales usados en cañete para producir biodiesel. [Tesis; Universidad de Piura].* Repositorio institucional. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2015>

Marradi, A. (2013). Método experimental, método de la asociación y otros caminos de la ciencia. *Dialnet*, 5(1), 11-38. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4531572>

Martín, S., & Lafuente, V. (2017). Referencias bibliográficas: indicadores para su evaluación en trabajos científicos. *Scielo*, 31(71), 151-180. doi:<https://doi.org/10.22201/ibi.0187358xp.2017.71.57814>

Medina, C. (2023). *Caracterización del aceite esencial de tzintzo (tagetis minuta), en función a la composición química, capacidad antioxidante y actividad antimicrobiana. [Tesis, Universidad Técnica de Cotopaxi].* Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9994>

Mejía, G. (2022). *Determinación del poder calorífico superior correlacionado con el contenido de proteína, grasa y carbohidrato de tres pseudocereales andinos: quinua (Chenopodium quinoa Willd.), cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen.) y kiwicha (Amaranthus caudatus L.). [Tesis; Universidad Nacional Mayor de San Marcos] Repositorio institucional.* Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/18144>

- Mena, G., & Salas, E. (2022). *Extracción del aceite esencial de sunfo (Clinopodium nubigenum Kunth Kuntze) por el método de arrastre de vapor, para su caracterización química, antioxidante y microbiológica. [Tesis, UTC]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9427>
- Mendoza, D., Parra, L., & Loza, S. (2014). Capacidad captadora de radicales libres del aceite esencial y extractos etanólicos de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl) H. Robinson, cultivado en Colombia. *Scielo*, 13(2), 9-23. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-95502014000200002&script=sci_abstract&tlng=es
- Morocho, E. (2019). *Diagnóstico de la generación y disposición final del aceite vegetal residual en restaurantes y locales de comida rápida en la ciudad de Azogues provincia del Cañar. [Tesis; Universidad de Cuenca]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31833>
- Niveyro, S. (2015). *Herbivoría por insectos en Amaranthus y su relación con características morfológicas, fenológicas y químicas de distintos cultivares. [Tesis doctoral de Ciencias Biológicas; Universidad Nacional de la Pampa]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11086/11918>
- Ochoa, J., & Yunkor, Y. (2019). El estudio descriptivo en la investigación científica. *Autonoma*, 2(2), 1-19. Obtenido de <http://revistas.autonoma.edu.pe/index.php/AJP/article/view/224>
- Ortega, A. (2020). *Análisis proximal y evaluación de la actividad antioxidante de semillas de la especie Inga densiflora Benth. [Tesis-Química de Alimentos; Universidad Central del Ecuador]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21956>
- Palacios, O., & Zúñiga, L. (2022). *Extracción del aceite esencial de Lavanda (lavándula angustifolia), mediante la metodología de arrastre de*

- vapor. [Tesis; Universidad Técnica de Cotopaxi]. REpositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8739>
- Pástor, A. (2013). *Efecto del procesamiento sobre el contenido de ácidos grasos, tocoferoles y esteroides en los aceites de la quinua, el chocho, el amaranto y el sangorache*. [Tesis; INIAP]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1375>
- Pilataxi, M. (2013). *Elaboración y Evaluación Nutritiva y Nutracéutica de Pan con Harina de Amaranto (Amaranthus caudatus)*. [Tesis-Bioquímica y Farmacéutica; Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2566>
- Pilco, S. (2021). *Elaboración de una bebida a base de granos andinos: Quinua (Chenopodium quinoa) y Kiwicha (Amaranthus caudatus)*. [Doctorado en Ciencias de Alimentos; Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4576>
- Polanco, A. (2017). *Extracción, modificación y caracterización de proteínas de amaranto*. [Tesis-Maestría en Ciencias Alimentarias; Universidad Veracruzana]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://www.uv.mx/mca/files/2018/01/Tesis-Ana-Isabel-Polanco-Murrieta.pdf>
- Quevedo, M. (2022). *Caracterización del aceite esencial de eneldo (Anethum graveolens), en función de la composición química, capacidad antioxidante y actividad antimicrobiana*. [Tesis, UTC]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9439>
- Ramos, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *Dialnet*, 10(1), 1-7. doi:<https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Raynie, D. (2019). *Mirar al pasado para comprender el futuro: extracción Soxhlet*. Obtenido de LCGC Norteamérica :

<https://www.chromatographyonline.com/view/looking-past-understand-future-soxhlet-extraction>

- Rekalde, I., Vizcarra, M., & Macazaga, A. (2014). La Observación Como estrategia de investigación para construir contextos de aprendizaje y fomentar procesos participativos. *Redalyc*, 17(1), 201-220. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70629509009>
- Rodas, B., & Bressani, R. (2009). Contenido de aceite, ácidos grasos y escualeno en variedades crudas y procesadas de grano de amaranto. *Scielo*, 59(1). Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222009000100013#:~:text=Los%20principales%20%C3%A1cidos%20grasos%20encontrados,en%20un%203%25%20del%20total
- Rodríguez, N., Acha, O., & Collantes, I. (2022). Estudio del contenido de los ácidos grasos y alcanos en la especie vegetal Sanqui (*Corryocactus brevistylus* subsp. *puquiensis*). *Scielo*, 88(4), 309-322. doi:<http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v88i4.408>
- Roldan, E. (2019). *Plan de negocios para la creación de una empresa productora y exportadora de suplementos alimenticios a base de granos andinos chocho y amaranto para su comercialización en el mercado alemán. [Tesis: PUCE]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec:80/handle/22000/20431>
- Romero, J., Nuva, L., López, M., Ferrada, C., & Carballo, C. (2014). Validación de una técnica por Cromatografía Líquida de Alta Resolución. *Scielo*, 19(1), 167-178. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962014000300005
- Roque, O. (2019). *Diferencias de la constante térmica en las fases fenológicas de dos variedades de amaranto (Amaranthus caudatus. L): precoz y tardía en Ayacucho. [Tesis-Doctorado en ciencias agropecuarias; Universidad*

Nacional de Huancavelica]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2794>

Ruiz, E. (2018). *Comparación de métodos de análisis para la determinación de capacidad antioxidante en uvilla (Physalis peruviana)*. [Tesis; UTE].

Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/18479>

Saavedra, S. (2013). *Respuesta del amaranto (Amaranthus caudatus L.) a la fertilización foliar complementaria con tres bioestimulantes. San José de Minas, Pichincha*. [Tesis; Universidad Central de Ecuador]. Repositorio institucional. Obtenido de

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2064>

Sánchez , F. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. *Scielo*, 13(1), 102-122.

doi:<http://dx.doi.org/10.19083/ridu.2019.644>

Sánchez, D. (2015). Validación de la metodología analítica para determinar la genisteína en el grano de soya por cromatografía líquida de alta resolución. *Uss*, 2(1), 1-11. doi:<https://doi.org/10.26495/icti.v2i1.104>

Simbaña, E. (2016). *Efecto de los procesos de secado y cocción sobre la composición química y capacidad antioxidante de dos variedades de oca (Oxalis tuberosa): K'ellu Qayara y Sauciri*. [Tesis- Alimentos; Universidad Tecnológica]. Repositorio instirucional. Obtenido de

<http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/21452>

Suquilanda, M. (2013). *Respuesta del amaranto (Amaranthus caudatus L.) a la fertilización foliar complementaria con tres bioestimulantes. San José de Minas, Pichincha*. [Tesis; Universidad Central del Ecuador]. Repositorio institucional. Obtenido de

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2064>

Torres, J. (2019). *Efecto comparativo de las variaciones producidas en los constituyentes funcionales y capacidad antioxidante durante el procesamiento de harinas tostadas de quinua , cañihua y kiwicha*. [Tesis;

UNSAACJ. Repositorio institucional. Obtenido de
<http://hdl.handle.net/20.500.12918/4236>

Trino, R., Grados, R., Gutiérrez, M., Mamani, D., Pérez, J., Magariños, W., . . .
González, E. (2017). Evaluación del aporte nutricional del amaranto
(*amaranthus caudatus linnaeus*), quinua (*chenopodium quinoa willd*) y
tarwi (*lupinus mutabilis sweet*) en el desayuno. *Scielo*, 5(2), 1-14.

Obtenido de

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-02652017000200003

Vargas, L., García, M., Robles, V., & Hidalgo, M. (2019). Extractos de amaranto
como substrato para el crecimiento de *Lactobacillus plantarum* una bacteria
ácido láctica con características probióticas. *Unach*, 8(19), 64-76.

doi:<https://doi.org/10.31644/IMASD.19.2019.a04>

Viera, O., & Fernández, S. (2020). Comparación de los métodos de extracción
para hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos marinos
empleando soxhlet y baño ultrasónico. *Scielo*, 47(3), 14-23. Obtenido de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612020000300014

Villamarin, J. (2023). *Evaluación de la composición química y actividad
antioxidante del aceite de amaranto (Amaranthus
hypochondriacus)*. [Tesis, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio
institucional. Obtenido de

<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11023>

Viteri, H. (2021). *Análisis de los criterios que influyen en la decisión de compra
de aceites vegetales en la clase media guayaquileña Año 2021. Caso RICA
PALMA*. [Tesis; Universidad Ecotec]. Repositorio institucional. Obtenido

de <https://repositorio.ecotec.edu.ec/handle/123456789/212>

Zubillaga, M. (2017). *Comportamiento del cultivo de amaranto en el valle
inferior del río Negro, Argentina : optimización de las condiciones del
cultivo*. [Tesis de postgrado en ciencias agrarias; Universidad Nacional

del Sur]. Repositorio institucional. Obtenido de
<http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/4132>

Zurita, A., Köller, A., & Zabalaga, R. (2021). Extracción de aceite de amaranto utilizando la técnica Soxhlet y extracción asistida por Ultrasonido. *Scielo*, 10(2), 246-255. Obtenido de
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892021000200246&script=sci_arttext

Zurita, A., Köller, A., & Zabalaga, R. (2021). Extracción de aceite de amaranto utilizando la técnica Soxhlet y extracción asistida por Ultrasonido. *Scielo*, 10(2), 246-255. Obtenido de
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892021000200246&script=sci_arttext

ANEXOS

Anexo 1 Triturado de la semilla de amaranto



Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

Anexo 2 Armado del cartucho con la muestra triturada de la semilla del amaranto



Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

Anexo 3 *Preparación del solvente (etanol 100 ml + cloroformo 400ml)*



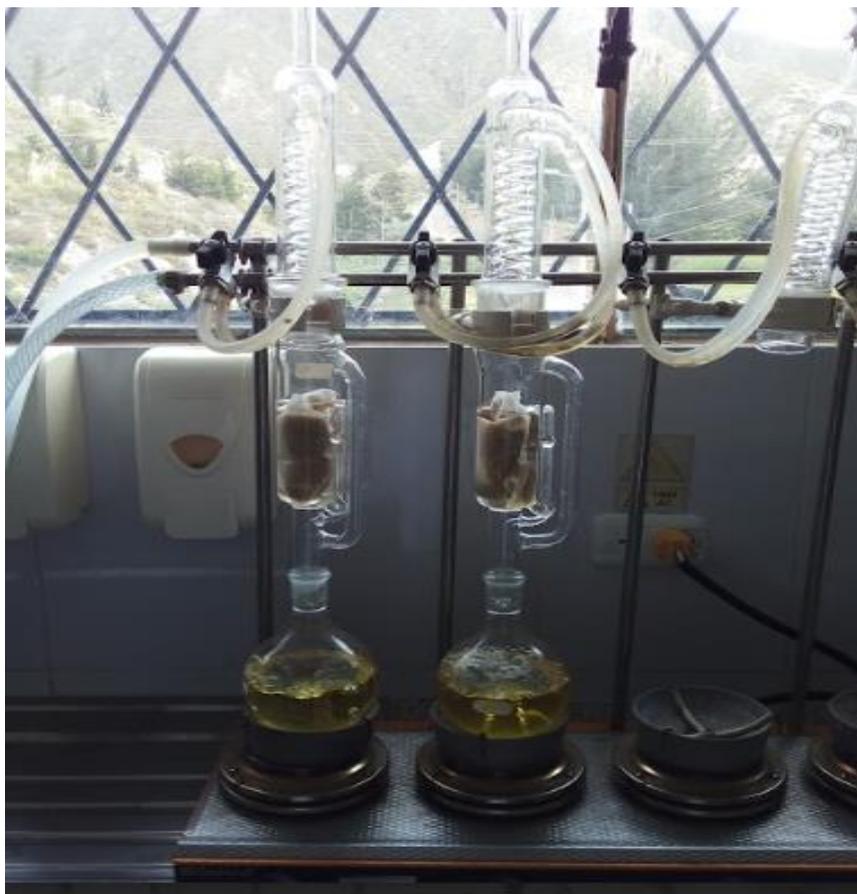
Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

Anexo 4 *Armado del equipo de soxhlet*



Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

Anexo 5 *Extracción del aceite de amaranto*



Elaborado por: Autora (Quilumbaquin, 2023)

Anexo 6 Certificado de Antiplagio



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

Proyecto Caracterización del aceite de amaranto_Quilumbaquin_Jaqueline_f inal. (2)

7%

Similitudes

< 1% Texto entre comillas
< 1% similitudes entre comillas

< 1% Idioma no reconocido

<p>Nombre del documento: Proyecto Caracterización del aceite de amaranto_Quilumbaquin_Jaqueline_final_(2).docx</p> <p>ID del documento: c3232a410a805613a460e2182f5f96536d019a5a</p> <p>Tamaño del documento original: 3,24 MB</p>	<p>Depositante: JAIME ORLANDO ROJAS MOLINA</p> <p>Fecha de depósito: 20/10/2023</p> <p>Tipo de carga: interface</p> <p>fecha de fin de análisis: 20/10/2023</p>
<p>Número de palabras: 11.910</p> <p>Número de caracteres: 77.854</p>	

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.scielo.org.ve Antioxidant capacity of byproducts from amaranth (Amaranth... 1 fuente similar	1%		Palabras idénticas: 1% (143 palabras)
2	hdl.handle.net Diseño de un sistema para la gestión de aceites vegetales usados... 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (108 palabras)
3	repositorio.utc.edu.ec Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi: Evalu... 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (76 palabras)
4	TESIS MORALES - ROLDAN UTC.docx TESIS MORALES - ROLDAN UTC #518368 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (71 palabras)
5	www.redalyc.org Caracterización de aceites de las semillas de Moringa oleifera ... 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (56 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	dialnet.unirioja.es El amaranto y sus efectos terapéuticos - Dialnet	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
2	dspace.espoch.edu.ec Determinación del Perfil Nutricional para el Etiquetado de...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
3	132.248.9.195 Evaluación nutricional y funcional de germinados de amaranto (A...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
4	repositorio.utc.edu.ec	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
5	www.scielo.org.bo Extracción de aceite de amaranto utilizando la técnica Soxhle...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.utc.edu.ec	4%		Palabras idénticas: 4% (544 palabras)
2	ve.scielo.org	1%		Palabras idénticas: 1% (155 palabras)



0502645435

Jaime Orlando Rojas Molina

Anexo 7 Certificado de Registro de Título del Traductor



Quito, 15/11/2023

CERTIFICADO DE REGISTRO DE TÍTULO

La Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, SENESCYT, certifica que BORJA SALAZAR ERIKA CECILIA, con documento de identificación número 0502161094, registra en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador (SNIESE), la siguiente información:

Nombre: BORJA SALAZAR ERIKA CECILIA
Número de documento de identificación: 0502161094
Nacionalidad: Ecuador
Género: FEMENINO

Título(s) de cuarto nivel o posgrado

Número de registro	1027-2016-1744434
Institución de origen	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
Institución que reconoce	
Título	MAGISTER EN LINGUISTICA APLICADA A LA ENSEÑANZA BILINGUE ESPAÑOL-INGLES
Tipo	Nacional
Fecha de registro	2016-10-11
Área o Campo de	EDUCACION
Observaciones	

Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación

Punto de Atención al Usuario: Obispo 67-37 y Rosalva, Edificio Delfos Quito
Edificio Matriz: Gabriela L. Velasco 41, Calle de Chimborazo 2024mp
Código Postal: 170501 Quito, Ecuador. Teléfono: 001123914000
www.educacion.gob.ec



Título(s) de tercer nivel de grado

Número de registro	1020-07-747814
Institución de origen	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
Institución que reconoce	
Título	LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACION ESPECIALIZACION INGLES
Tipo	Nacional
Fecha de registro	2007-03-26
Área o Campo de	EDUCACION
Observaciones	

Título(s) de tercer nivel técnico-tecnológico superior

Número de registro	1042-07-735614
Institución de origen	UNIVERSIDAD REGIONAL AUTONOMA DE LOS ANDES
Institución que reconoce	
Título	TECNICA EJECUTIVA GUIA NACIONAL DE TURISMO
Tipo	Nacional
Fecha de registro	2007-02-07
Área o Campo de	SERVICIOS
Observaciones	

Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación

Punto de Atención al Usuario: Av. Jumbay 577, 33 - Av. Galano, Edificio Pichincha, Quito.
Edificio Matriz: Alameda L. 1283 entre Av. Diego de Almagro y Jumbayper
Código Postal: 170519, Quito, Ecuador. Teléfono: 032 2 3954 303
www.educacion.superior.gob.ec



Título(s) de tercer nivel técnico-tecnológico superior

Número de registro	1042-07-787367
Institución de origen	UNIVERSIDAD REGIONAL AUTONOMA DE LOS ANDES
Institución que reconoce	
Título	TECNOLOGA EN ADMINISTRACION TURISTICA Y HOTELERA
Tipo	Nacional
Fecha de registro	2007-10-05
Área o Campo de	SERVICIOS
Observaciones	

Título(s) de cuarto nivel o posgrado

Número de registro	1045-11-732907
Institución de origen	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA INDOAMERICA
Institución que reconoce	
Título	MAGISTER EN DOCENCIA UNIVERSITARIA Y ADMINISTRACION EDUCATIVA
Tipo	Nacional
Fecha de registro	2011-11-12
Área o Campo de	EDUCACION
Observaciones	

OBSERVACIÓN:

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

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

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

Para comprobar la veracidad de la información proporcionada, usted debe acceder a la siguiente dirección:
www.educacionsuperior.gob.ec



Estefani Alejandra Cueva Castillo
Directora de Registro de Títulos (E)

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



GENERADO: 15/11/2023 6.12 AM

Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación

Punto de Atención al Usuario: Whypeer 87 374 4600 y el 1122 en Quito
Edificio Matriz: Alameda Independencia, Ucedo, de Alameda Whypeer
Código Postal: 170510 Quito - Ecuador. Teléfono: 099 5 7954 100
www.educacionsuperior.gob.ec

