



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ACTIVIDAD
ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE AMARANTO (*Amaranthus
hypochondriacus*)”**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del título de Ingeniero
Agroindustrial

Autor:

Villamarin Álvarez Josué Michael

Tutor:

Rojas Molina Jaime Orlando, Quim. Mg.

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Josué Michael Villamarin Álvarez, con cédula de ciudadanía No. 0503664112; declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “Evaluación de la composición química y actividad antioxidante del aceite de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*)”, siendo el Químico Mg. Jaime Orlando Rojas Molina, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 07 de agosto del 2023



Josué Michael Villamarin Álvarez
Estudiante
CC: 0503664112



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

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **VILLAMARIN ÁLVAREZ JOSUÉ MICHAEL**, identificado con cédula de ciudadanía **0503664112** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniera Dra. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la Carrera de Ingeniería Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Evaluación de la composición química y actividad antioxidante del aceite de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*)”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico:

Inicio de la carrera: octubre 2018 – marzo 2019

Finalización: abril 2023 – agosto 2023

Aprobación en Consejo Directivo. – 25 de mayo del 2023

Tutor: Químico. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina

Tema: “Evaluación de la composición química y actividad antioxidante del aceite de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*)”.

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

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

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 7 días del mes de agosto del 2023.

Josué Michael Villamarín Álvarez
EL CEDENTE

Dra. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE AMARANTO (*Amaranthus hypochondriacus*)”, Villamarin Álvarez Josué Michael, de la Carrera de ingeniería Agroindustrial, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 7 de agosto del 2023



Quím. Jaime Orlando Rojas Molina Mg.
DOCENTE TUTOR
CC:0502645435

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Villamarin Álvarez Josué Michael, con el título del Proyecto de Investigación “EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE AMARANTO (*Amaranthus hypochondriacus*)”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 8 de agosto del 2023



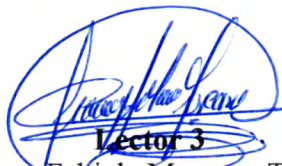
Lector 1 (presidente)

Ing. Ana Maricela Trávez Castellano Mg.
CC: 0502270937



Lector 2

Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma Mg.
CC:1714592746



Lector 3

Ing. Nancy Fabiola Moreano Terán Mg.
CC: 0503352122

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a Dios, por darme a mi familia que siempre ha estado a mi lado apoyándome en todo tipo de situaciones y gracias su apoyo he logrado superar muchas adversidades.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme permitido crecer académicamente en diversas áreas de estudio, así como a mis maestros por los conocimientos que me han impartido a través de los años ya que gracias a sus enseñanzas he obtenido valiosas experiencias y el conocimiento necesario para cumplir mis objetivos.

A mi tutor Quim. Orlando Rojas ya que, con sus enseñanzas, comprensión y un gran espíritu humano he podido desarrollar este documento.

Villamarin A. Josué M.

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a mis padres María Álvarez y Silvio Villamarin, también a mis hermanos por ser quienes me apoyaron en este campo de estudio, gracias a su arduo apoyo y animo he logrado llegar hasta este punto culminante de mis estudios, gracias ellos es que pude seguir adelante pese a las adversidades que se presentaron en la vida en su momento.

Villamarin A. Josué M.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE AMARANTO (*Amaranthus hypochondriacus*)”.

AUTOR: Villamarin Álvarez Josué Michael

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo el propósito de evaluar la composición química y actividad antioxidante del aceite de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). Para la extracción se aplicó un diseño experimental de superficie de respuesta en la optimización numérica con la deseabilidad máxima, a través de un diseño lineal con 11 corridas experimentales a diferentes tiempos de extracción (60 min, 105 min, 150 min) y relación del material vegetal con el etanol 100 ml+ cloroformo 400 ml (1:4, 1:6 1:8). En la composición química proximal de la semilla se obtuvo 62,51%, de carbohidrato, proteínas 14,98%, humedad de 9,75%, grasa 6,11%, fibra 3,86% y 2,78% de ceniza. El valor predicho que arrojó el software Design-Expert, determinó que se obtendría un mejor rendimiento (6,16867%) en un tiempo de 114 minutos con una relación de una parte de material vegetal y ocho del disolvente (1:8), con una deseabilidad de 1 esto corrobora que el diseño establecido es óptimo, el dato experimental fue de 6,09%, al compararlos se puede ver que el predicho tiene mayor rendimiento. La cromatografía de gases líquida (HPLC), detectó 13 compuestos, 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%), linolenico (1,15%) cis-10- Heptadecanoico (0,98%), alquídico (0,80%), linolenico (0,55%), cis-11- Eicosenoico (0,54%), palmitoleico (0,40%) y cis-5,8,11,14,17- Eicosapentaenoico (0,29%). Los fenoles totales fueron determinados mediante FRAP 726,20 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ y ABTS 0,34 IC_{50}^4 (mg/mL). Así también el análisis fisicoquímico determinó un índice de yodo 99,12%, índice de peróxidos 2,21 meqO₂/Kg, 0,11 % m/m de ácido oleico y una densidad de 0,8712 g/mL. El aceite extraído se almacenó en un envase ámbar a 4°C en un lugar obscuro y fresco. Por sus componentes el aceite tiene gran potencial para su uso en la agroindustria para minimizar o sustituir aditivos químicos, innovar sus productos y obtener alimentos funcionales que satisfagan las necesidades del consumidor puesto que en la actualidad el ser humano busca alimentos saludables.

Palabras claves: Optimización, deseabilidad, rendimiento, composición química.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

Title: “EVALUATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF AMARANTH OIL (*Amaranthus hypochondriacus*)”.

AUTHORS: Villamarin Álvarez Josué Michael

ABSTRACT

The purpose of this research project was to evaluate the chemical composition and antioxidant activity of amaranth oil (*Amaranthus hypochondriacus*). For the extraction, an experimental design of surface response was applied in the numerical optimization with the maximum desirability through a linear design with 11 experimental runs at different extraction times (60 min, 105 min, 150 min) and a ratio of plant material with ethanol 100ml + chloroform 400ml (1:4, 1:6, 1:8). In the proximal chemical composition of the seed, the following values were obtained: 62,51% carbohydrate, 14,98% protein, 9,75% moisture, fat 6,11%, fiber 3,86%, and 2,78% ash. The predicted value provided by the Design-Expert software determined that a better performance (6,16867%) would be obtained in a time of 114 minutes with the ratio of one part of plant material and eight parts of solvent (1:8) with a desirability of 1, which corroborates that the established design is optimal. The experimental data was 6,09%, when comparing them, so it can be seen that the predicted one has a higher performance. The liquid gas chromatography (HPLC) detected 13 compounds, linoleic (47,01%), oleic (23,03%), palmitic (19,19%), stearic (3,67%), cis-11,14,17-icosatrienoic (1,24%), cis-8,11,14 Eicosatrienoic (1,16%), linolenic (1,15%), cis-10-Heptadecanoic (0,98%), alkyd (0,80%) linolenic (0,55%), cis-11- Eicosenoic (0,54%) palmitoleic (0,40%) and cis-5,8,11,14,17- Eicosapentaenoic (0,29%). Total phenols were determined by FRAP 726,60 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ and ABTS 0,34 IC_{50}^4 (mg/ml). Likewise, the physicochemical analysis determined an iodine index of 99,12%, peroxide index 2,21 meqO₂/kg, 0,11% m/m of oleic acid and a density of 0,8712 g/ml. The extracted oil was stored in an amber container at 4°C in a dark and cool place. Due to its components, the oil has great potential for agro-industry which can help to minimize or replace chemical additives, innovate its products, and obtain functional foods that will satisfy the needs of the consumer since currently the human being is seeking for healthy foods.

Keywords: Optimization, desirability, performance, chemical composition.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDO	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
INDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
1.1. Título de investigación	1
1.2. Fecha de inicio.....	1
1.3. Fecha de finalización	1
1.4. Lugar de ejecución.....	1
1.5. Institución	1
1.6. Facultad	1
1.7. Carrera que auspicia	1
1.8. Nombres de equipo de investigación.....	1
1.9. Área de conocimiento.....	1

1.10. Línea de investigación.....	2
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	3
3.1. Beneficiarios directos:	3
3.2. Beneficiarios indirectos:	3
4. PROBLEMA.....	4
5. OBJETIVOS	5
5.1. Objetivo general:	5
5.2. Objetivos específicos:.....	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	7
7.1. Antecedentes.....	7
7.2. Fundamentación teórica.....	9
7.2.1. Generalidades del cultivo de amaranto.....	9
7.2.2. Amaranto (<i>Amaranthus hypochondriacus</i>).....	9
7.2.3. Aceites	13
7.2.4. Análisis por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC).....	19
7.3. Marco conceptual	19
8. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	19
8.1. Hipótesis nula	19
8.2. Hipótesis alternativa	20
9. METODOLOGÍA/ DISEÑO EXPERIMENTAL.....	20
9.1. Tipos de investigación.....	20
9.1.1. Investigación causal.....	20

9.1.2. Investigación descriptiva	21
9.1.3. Investigación cuantitativa	21
9.1.4. Investigación experimental.....	22
9.2. Técnicas	22
9.2.1. Observación:	22
9.3. Materiales y equipos:.....	22
9.3.1. Material de laboratorio	22
9.3.2. Equipos	23
9.3.3. Reactivos:	23
9.3.4. Materia prima:	24
9.4. Descripción del método de elaboración.....	24
9.4.1. Cosecha.....	24
9.4.2. Trilla	24
9.4.3. Limpieza del amaranto	24
9.4.4. Caracterización de la variedad semilla del amaranto en función del estudio proximal.	24
9.4.5. Optimizar el procedimiento de extracción del aceite de amaranto (<i>Amaranthus hypochondriacus</i>), por medio del procedimiento de soxhlet.....	29
9.4.6. Establecer el perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto, mediante el uso de la cromatografía líquida (HPLC).....	30
9.4.7. Determinar la capacidad antioxidante, así como la evaluación fisicoquímica del aceite de amaranto (<i>Amaranthus hypochondriacus</i>).....	30
9.5. Diagrama de flujo de la extracción de aceite del amaranto	33
9.6. Diseño experimental	34
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	35

10.1. Caracterizar la caracterización de la semilla del amaranto en función del estudio proximal.	35
10.2. Optimizar el procedimiento de extracción del aceite de amaranto (<i>Amaranthus hypochondriacus</i>), por medio del procedimiento de soxhlet.....	36
10.2.1. Rendimiento	37
10.2.2. Optimización numérica del proceso de extracción del aceite de amaranto.....	39
10.2.3. Establecer el perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto, mediante el uso de la cromatografía líquida (HPLC).....	41
10.2.4. Determinar la capacidad antioxidante, así como la evaluación fisicoquímica del aceite de amaranto (<i>Amaranthus hypochondriacus</i>).....	43
11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONOMICOS)	44
11.1. Técnicos.....	44
11.2. Sociales.....	45
11.3. Ambientales	45
11.4. Económicos	45
12. PRESUPUESTO.....	46
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
13.1. Conclusiones.....	47
13.2. Recomendaciones	48
14. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	48
15. ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividades y sistema de tareas en la relación a los objetivos planteados.....	6
Tabla 2 Taxonómica del Amaranto (<i>Amaranthus hypochondriacus</i>).....	10
Tabla 3 Descripción morfológica de la planta de amaranto	11
Tabla 4 Valor nutricional de amaranto	12
Tabla 5 Clasificación de los aceites.....	15
Tabla 6 Métodos de extracción de los aceites con sus ventajas y desventajas.....	15
Tabla 8 Variables evaluadas en el modelo matemático lineal.....	34
Tabla 9 Composición química proximal de la semilla del amaranto (<i>Amaranthus hypochondriacus</i>),	35
Tabla 10 Matriz experimental para la extracción del aceite de amaranto	36
Tabla 11 Parámetros del modelo codificado para el rendimiento	38
Tabla 12 Solución la optimizada de la extracción de aceite de amaranto	39
Tabla 13 Valores predichos y experimentales del rendimiento (%), alcanzados con las restricciones del proceso de optimización.....	41
Tabla 14 Perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto	42
Tabla 15 Capacidad antioxidante del amaranto.....	43
Tabla 16 Evaluación fisicoquímica del aceite de amaranto	44
Tabla 17 Presupuesto del proyecto de investigación.....	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Interacción de los factores en el rendimiento del aceite	39
Figura 2 Optimización numérica para el rendimiento del aceite.....	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Hoja de vida del docente tutor	64
Anexo 2 Hoja de vida del estudiante	65
Anexo 3 Cosecha del amaranto	67
Anexo 4 Triturado del amaranto.....	67
Anexo 5 Extracción del aceite de amaranto	68
Anexo 6 Certificado de plagio de la tesis presentada por Josué Villamarin	69
Anexo 7 Aval de traducción	71

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Título de investigación

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

1.2. Fecha de inicio

Octubre 2018

1.3. Fecha de finalización

Agosto 2023

1.4. Lugar de ejecución

Provincia: Cotopaxi – Zona:3

Cantón: Latacunga

Parroquia: Salache Bajo

Barrio: Eloy Alfaro

1.5. Institución

Universidad Técnica de Cotopaxi

1.6. Facultad

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

1.7. Carrera que auspicia

Agroindustria

1.8. Nombres de equipo de investigación

Tutor de investigación

- Quim. Jaime Orlando Rojas Molina

Estudiantes:

- Villamarin Álvarez Josué Michael

1.9. Área de conocimiento

Área: Ingeniería, industria y construcción.

Sub – área: Industria y producción.

1.10. Línea de investigación

Línea: Desarrollo y seguridad alimentaria.

Sub – línea: Optimización de procesos tecnológicos agroindustriales.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

A nivel mundial el uso de especies vegetales, así como sus productos derivados está incrementándose en la sociedad; esto se debe a una serie de factores, entre los cuales se encuentra su composición química, y el aporte beneficioso que es para la salud del ser humano. Sus compuestos bioactivos han despertado el interés por la investigación e innovación, apareciendo nuevos procesos productivos, optimizando recursos, esto ofrece nuevas oportunidades para el sector industrial.

El amaranto es un alimento de primera necesidad porque es un alimento completo en su composición nutricional, sus semillas contienen aceites los cuales en sus compuestos bioactivos poseen antioxidantes, los mismos que tienen la capacidad de retardar o prevenir el daño a las células; siendo de valor preventivo o terapéutico para diversas enfermedades en el ser humano como: el estrés oxidativo, del sistema cardiovascular, entre otras. El aprovechamiento del amaranto en la Agroindustria es un campo muy amplio que tiene potencial que ofrecer, además de ser nuevo, tiene probabilidades de causar un gran impacto, por los beneficios y características positivas que son presentados como resultados en el uso del mismo.

Los aceites vegetales son usados desde la antigüedad en tratamiento de belleza y masajes. Sus propiedades fisicoquímicas los hace de interés potenciales para el sector alimenticio, fitocosmético y fitofarmacéutico. Los antioxidantes combaten los radicales libres previniendo o retardando el envejecimiento prematuro, así como enfermedades crónicas del ser humano.

El Ecuador tiene las herramientas necesarias para el desarrollo de nuevas tecnologías en la elaboración de nuevos productos industriales. La provincia de Cotopaxi cuenta con todas las condiciones para el cultivo de amaranto, ofreciendo mejorar el nivel socioeconómico del agricultor; debido a que el aprovechamiento del *Amaranthus Hypochondriacus* representa un potencial para los mercados nacionales e internacionales.

La investigación aportara conocimiento sobre la variedad de la semilla del amaranto en función del estudio proximal, la optimización del procedimiento de extracción del aceite por medio del procedimiento de soxhlet, esta técnica puede ser aplicada fácilmente a escala industrial por su bajo costo, no es necesario utilizar disolventes orgánicos por lo cual no se realizan pasos de separación posteriores y se obtiene un aceite más limpio; el perfil de ácidos grasos, la capacidad antioxidante, así como la evaluación fisicoquímica del aceite de amaranto.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

3.1. Beneficiarios directos:

Las personas que se dediquen a cultivar del amaranto (*Amaranthus Hypochondriacus*) tendrán un mercado más amplio para la comercialización de la planta, también la industria (alimenticia, farmacéutica, cosmética, entre otros) podrá usar los compuestos bioactivos para innovar los productos que ofertan.

3.2. Beneficiarios indirectos:

Los beneficiarios indirectos serán los consumidores dispondrán de un producto de calidad y saludable. Los estudiantes de la carrera de Agroindustria dispondrán de una información confiable lo cual les permitirá conocer los compuestos químicos y la actividad antioxidante del aceite de amaranto para desarrollar futuras investigaciones posibilite la innovación de alimentos.

4. PROBLEMA

A nivel global se han desarrollado varias industrias que se dedican a la producción de aceites; sin embargo, existe muchas especies vegetales que no han sido consideradas por lo que existe falta de información, en este caso el amaranto no ha sido aprovechado el aceite que posee siendo gran interés para la sociedad por sus compuestos bioactivos resultando difícil adquirirlo en el mercado.

En Ecuador se han desarrollado varias industrias que se dedican a la producción de aceites; en este caso el amaranto no ha sido aprovechado racionalmente, pues la sociedad lo utilizan en un mínimo porcentaje en su alimentación o como hierbas medicinales; es decir, no se aprovecha debidamente los compuestos bioactivos presentes en la planta. La producción de los aceites radica en la diversidad de los rendimientos obtenidos para una misma planta (Huarcaya, 2021). Lo cual se puede deber al tipo de material vegetativo, contenido de agua en la planta, variables de operación y a otros factores adicionales.

En el país el amaranto no es muy conocido ya que ha sido sustituido por granos de mayor tamaño que tienen una cosecha más fácil, como la cebada, el trigo, la arveja, entre otros. Por estas y otras razones el cultivo no se ha explotado, por lo que la demanda es mínima además existe gran desconocimiento de su composición química y capacidad antioxidante que posee (Jiménez, et al., 2018). La provincia de Cotopaxi a pesar de ser una zona productiva cultiva una mínima cantidad de amaranto, para ser expandida como planta medicina, por su desconocimiento no ven rentabilidad en este cultivo los agricultores.

La composición de los aceites vegetales no es estándar, ya que varía considerablemente en el aporte de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados y particularmente en los ácidos grasos omega-6 y omega-3, asociado a la fuente de origen, ya sea especie vegetal, semilla, planta o fruto, aportando cada uno diferentes beneficios nutricionales (Durán, et al., 2015).

Por otro lado, se sabe que nuestro territorio presenta una naturaleza favorable en muchas zonas para el desarrollo de esta planta. El presente estudio fue motivado por éstas y por otras consideraciones; y estuvo orientado hacia la búsqueda de un mejor aprovechamiento industrial del amaranto y determinar así los factores que influyen en la extracción de aceites esenciales requeridos para la correcta obtención del aceite.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general:

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

5.2. Objetivos específicos:

- Caracterizar la composición químico proximal de la semilla del amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*).
- Optimizar el procedimiento de extracción del aceite de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*), por medio del procedimiento de soxhlet.
- Establecer el perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto, mediante el uso de la cromatografía líquida (HPLC)
- Determinar la capacidad antioxidante, así como la evaluación fisicoquímica del aceite de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*).

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

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

Objetivos	Actividad (Tareas)	Resultados de la actividad	Medios de verificación
Objetivo 1			
Caracterizar la variedad semilla del amaranto en función del estudio proximal.	Recolección del amaranto Obtención de la semilla de la materia prima. Evaluación proximal de las muestras	Materia prima. Resultados del análisis proximal de las semillas del amaranto.	En el apartado de resultados en el numeral 10.1
Objetivo 2			
Optimizar el procedimiento de extracción del aceite de amaranto (<i>Amaranthus hypochondriacus</i>), por medio del procedimiento de soxhlet.	Extracción del aceite del amaranto, mediante soxhlet. Calcular el rendimiento	Aceite de amaranto. Rendimiento del aceite de amaranto	En el numeral 10.2 se evidencia la caracterización del extracto
Objetivo 3			
Establecer el perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto, mediante el uso de la cromatografía líquida (HPLC)	Cuantificar los compuestos químicos presente en el aceite mediante cromatografía líquida. Interpretación de los resultados.	Datos obtenidos de la cuantificación de los compuestos químicos. Identificación e interpretación de los compuestos orgánicos	Resultados del perfil de ácidos grasos en el numeral 10.3
Objetivo 4			
Determinar la capacidad antioxidante, así como la evaluación fisicoquímica del aceite de amaranto (<i>Amaranthus hypochondriacus</i>).	Evaluación fisicoquímica y experimental de la capacidad antioxidante del aceite	Valores obtenidos en la experimentación. Interpretación de resultados	En el numeral 10.4 se muestran los resultados obtenidos

Elaborado por: Autor (Villamarin; 2023)

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. Antecedentes

Condori y Palomino (2022) usaron la cromatografía de gases para determinar el rendimiento y caracterización fisicoquímica del aceite de cilantro extraído por arrastre de vapor, Determinaron la cantidad de Mp, caudal de agua y tiempo. Emplearon un diseño factorial de 23 sin repeticiones, obteniendo un rendimiento de 0,07625 % por 4,0 kg, caudal de agua de 150 L/h, tiempo 120 min, densidad 0,9400 g/mL, índice de refracción 1,513, índice de acidez 4,29% e índice de peróxidos 0,84 meq/kg, y compuestos aromáticos: Nonyl acetate, n-decanal, trans-2-octenal, lauric aldehyde, linalol, trans-2-nonenal, geraniol. La cantidad y el caudal de agua tiene influencia en la extracción del aceite, sin embargo, estos no son significativos.

Zurita, et al., (2021) estudiaron y contrapusieron los rendimientos de la extracción de aceite de amaranto por la técnica Soxhlet y la asistida por Ultrasonido. Caracterizaron el grano de amaranto para obtener su composición general: 9,39% de humedad, 3,91% cenizas, 11,20% grasas, 19,8% proteínas y 55,73% carbohidratos. Obtuvieron rendimientos de 13,09% soxhlet, 1,27% ultrasonido, 4,34% soxhlet-ultrasonido y 3,48% ultrasonido-soxhlet. Finalmente, Concluyeron que el aceite obtenido es de calidad aceptable.

Cruz, et al., (2021) determinaron la actividad antioxidante y el potencial agroindustrial de aceites extraídos de semillas por la técnica Soxhlet. Encontraron que los aceites de *V. pubescens*, *V. weberbaueri* harms, *S. betaceum*, *P. edulis*, *P. peruviana*, y *P. tripartita* tienen potencial para el desarrollo de alimentos (IS = 62 a 84; IA = 0.18 a 0.64 %). Observaron heterogeneidad en la estabilidad oxidativa, el aceite de *V. weberbaueri* fue el más estable (IP = 16.13) y el de *V. pubescens* (IP = 126.34) fue el más inestable. Concluyeron que los aceites tienen potencial para ser usados en el desarrollo de alimentos, biocombustibles y en otras aplicaciones no alimentarias.

Acosta, et al, (2021) extrajeron el aceite se evaluaron los métodos Soxhlet, Folch y presado en frío, obteniendo un rendimiento máximo de 51%, 13.35% y 28.63%, respectivamente. Se utilizó el modelo experimental denominado 2K, con 16 ensayos donde se definió el efecto de la temperatura, peso y pH. Igualmente se tuvieron en cuenta aspectos del mercado, costos, procesos de extracción y legislación. Por último, se verificó el contenido de bioactivos mediante cromatografía.

Anguisaca (2019) en su investigación proporciona información sobre la elaboración de seis aceites esenciales a través de diferentes métodos de extracción y temperaturas a las que deben exponerse, tales como: destilación por arrastre de vapor de agua, destilación por arrastre de vapor de alcohol etílico, destilación por arrastre de vapor con maceración en alcohol etílico, propiedades organolépticas de la hierba luisa, limón Meyer, menta piperita, flor de naranjo, *Pelargonium graveolens* y el tomillo. Presentó un menú de 15 platos que incluyen platos de entrada, fuertes, postres, bebidas alcohólicas y no alcohólicas, usaron diferentes aceites con cada uno de los métodos de destilación; creando así una nueva alternativa en la preparación en la gastronomía.

Lafont, et al., (2019) analizaron las propiedades fisicoquímicas del aceite, perfil de ácidos grasos y el análisis proximal de la torta de 3 semillas oleaginosas: calabonga, algodón y orejero. Obtuvieron el aceite por los prensado y solvente. Los análisis fisicoquímicos se usó el método de la AOAC y el perfil de ácidos grasos por GC/MS. La torta residual de la extracción por prensado fue usada para el análisis proximal. Los aceites mostraron alto contenido de ácidos grasos insaturados (calabonga y algodón) clasificados como secantes y el orejero con mayor proporción de saturados, no secantes. El análisis proximal tuvo alto porcentaje de proteínas, el algodón fue el de mejor contenido nutricional. Las semillas pueden tener aplicaciones en la industria.

Palacios, et al., (2018) evaluaron la influencia del solvente, de los métodos extracción en el rendimiento de aceite, y realizaron un procesamiento estadístico de los resultados para validar la metodología usada. El análisis fisicoquímico determinó que no existen diferencias significativas entre el aceite extraído en el índice de acidez y en el índice de refracción, hubo diferencia en el índice de yodo, el aceite extraído por el método de Soxhlet presenta mayor estabilidad a la oxidación, el método asistido por ultrasonido fue el de mejor rendimiento con 29.79%.

Guillén (2016) realizó ensayos de extracción del aceite mediante Soxhlet (éter de petróleo) y prensa de tornillo helicoidal (a escala piloto), los análisis físicos químicos realizados al aceite de palta fueron : color verde oscuro , densidad relativa a 20°C 0.808 g/ml , índice de refracción a 25°C 1, 442, índice de peróxido de 19.181 meq / kg aceite , índice de yodo de 80.764 g/100g aceite , % de ácidos grasos libres 0.911 % , punto de Fusión (15°C) y un tiempo de vida útil de 5 años a 25°C y un rendimiento 75.8%.

7.2. Fundamentación teórica

7.2.1. Generalidades del cultivo de amaranto

El amaranto está distribuido en México, Guatemala, sur-oeste de Estados Unidos. En América del sur, se lo encuentra en Ecuador, Perú, Bolivia, hasta el norte de Argentina. Se cree que el amaranto fue domesticado con el maíz, hace unos 5 000 años; descubrimientos arqueológicos han evidenciado que sus hojas y semillas eran empleadas como alimento. Posterior a la conquista de América, el amaranto emigró desde México, Guatemala y los Andes peruanos, a Europa, África, India y Asia (Granda, 2022).

7.2.2. Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*)

Es una planta dicotiledónea que forma parte de la familia Amaranthaceae, esta cuenta con 70 géneros y más de 80 especies (Sánchez, et al., 2020). El amaranto *hypochondriacus* es originaria de América Central, México y América del Sur se ha distribuido a nivel mundial

(Kandel, et al., 2021) y (Valadez, et al., 2021). Puede ser cultivado en condiciones ambientales severas (sequia, salinidad, alcalinidad, acidez entre otras), a gran altura y en suelo infructuoso (Dipak, et al., 2021).

El rendimiento del grano va a variar dependiendo la altitud en la que sea cultivada la especie, teniendo el *Amaranthus hypochondriacus* un buen rendimiento en zonas con temperaturas medias, máximas, menores a 27°C (Cubillos, 2020).

Estas plantas poseen ventajas agronómicas como: crecimiento rápido, se adaptan a condiciones de crecimiento desfavorables, así como tolerancia a bajas y altas temperaturas (Oteri, et al., 2021). Tiene la capacidad de remediar suelos contaminados con cadmio (Cd) y es necesario comprender el mecanismo de absorción de Cd por las raíces (Largo, et al., 2022).

7.2.2.1. Clasificación taxonómica del amaranto

Tabla 2 Taxonómica del Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*)

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Tracheobionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Caryophyllidae</i>
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Amaranthaceae</i>
Subfamilia	<i>Amaranthoideae</i>
Género	<i>Amaranthus</i>
Especie	<i>Amaranthus Hypochondriacus</i>

Fuente: (Suquillo, 2018) y (Conislla, 2018)

El *amaranto hypochondriacus* es una planta con doble propósito (grano y forraje), forma parte de la familia Amaranthaceae. A través del tiempo ha recuperado su lugar como un cultivo estratégico siendo su grano de interés comercial.

7.2.2.2. Descripción morfológica

Posee una raíz pivotante ramificada, su tallo es redondo de color verde en estado juvenil y a su madurez toma una tonalidad verde, amarilla o rosado dependiendo la especie que sea, de hojas verdes romboidales de bordes enteros llega a medir 20 x 8 cm, la panoja es amarantiforme de color rosada de un tamaño de 50 a 80 cm, son erectas y semirrecta: el grano es redondo de

un tamaño de 0,7 a 1,4 mm de color blanco o crema, la planta llega a medir de 70 a 180 cm de altura, los días de floración dura de entre 70 a 90, la panoja de 50 a 60 se cosecha en seco de 150 a 180 días, se adapta 1800 a 3000 m.s.n.m. (Cevallos, 2021).

Tabla 3 Descripción morfológica de la planta de amaranto

Parte de la planta	Descripción
Raíz	<i>Es pivotante, abundantes raíces secundarias y terciarias. Esta raíz contribuye a tolerar la falta de agua, dependiendo de los suelos puede llegar a 40 cm de profundidad.</i>
Tallo	<i>Es de forma cilíndrica, con ángulos y estrías gruesas longitudinales, de color morado o púrpura. Dependiendo de las densidades de siembra y de la fertilidad del suelo, puede medir hasta 4 cm de diámetro en su base y la altura puede llegar hasta 2.0 m.</i>
Hojas	<i>De hojas son simples, alternas u opuestas, pecioladas, con bordes levemente ondulados, tamaño variable entre 3 y 15 cm de largo y de 1,5 a 10 cm de ancho, de forma ovalada, verdes en épocas tempranas del crecimiento y moradas o púrpuras a la madurez de la planta, con nervaduras prominentes.</i>
Flores	<i>Son terminales o axilares de tipo amarantiforme o glomerular, erectas de color morado o púrpura intenso. Se agrupan y forman la panoja, el largo de la panoja madura puede llegar hasta 50 cm. Las flores son unisexuales, pequeñas, estaminadas o pistiladas. Son predominantes autogamas, pero se ha observado polinización cruzada, por acción de los insectos o el viento principalmente.</i>
Fruto	<i>Es una capsula pequeño pixidio unilocular, que a la madurez se abre para dejar caer la parte superior u opérculo, dejando al descubierto la parte inferior llamada urna, donde se aloja la semilla, la misma que se desprende fácilmente; dando lugar a una fuerte dehiscencia o caída de las semillas.</i>
Semillas	<i>Son pequeñas, lisas, brillantes de color negro o púrpura. El número promedio de semilla por gramo es de 1800, de las cuales el 82% son normales y el 18% mal formadas o inmaduras. La semilla es dura, lo que genera dificultad para moler. En el grano se distinguen el episperma o cubierta de la semilla, el endosperma o segunda capa, el embrión formado por los cotiledones y la parte más interna perisperma.</i>

Fuente: (Sotelo, 2020) **Elaborado por:** Autor (Villamarin, 2023)

7.2.2.3. Composición nutricional

Es considerado un superalimento, además por no contener gluten, puede ser consumido por celíacos. Igualmente contiene betalaínas, antioxidantes importantes (Larios, 2021)

Tabla 4 Valor nutricional de amaranto

Aminoácidos	Planta
Isoleucina	39
Leucina	57
Lisina	55
Metionina + cistina	47
Fenilalanina + tirosina	73
Treonina	36
Valina	45
Histidine	25
Computo aminoacídico	86
Componente	Semilla
Proteína (g)	12-19
Carbohidratos	71.8
Lípidos	6.1-8.1
Fibra	3.5-5.0
Cenizas	3.0-3.3
Energía	391
Calcio	130-164
Fósforo	530
Potasio	800
Vitamina	1.5
Componente	Hoja
Materia seca (g)	13.1
Energías (cal)	36
Proteína (g)	3.5
Grasa (g)	0.5
Carbohidratos	6.5
Fibra (g)	1.3
Cenizas (g)	2.6
Calcio (mg)	2.6
Fósforo (mg)	67
Hierro (mg)	3.9
Potasio (mg)	411
Vitamina A (IU)	6100
Tiamina (mg)	0.08
Riboflavina (mg)	0.16
Niacina (mg)	1.4
Ácido Ascórbico (mg)	80

Fuente: (Sangache, 2020) **Elaborado por:** Autor (Villamarin; 2023)

Posee abundantes proteínas (15%) con alta proporción de aminoácidos esenciales entre ellos la lisina, contiene también almidón (65-75%), escualeno (3.6%), antioxidantes (betalaínas), vitaminas (A, C, B1, 2 y 3), ácido fólico, minerales (calcio, hierro, magnesio, zinc, potasio,

fósforo), ácidos grasos (omega-6,3 y 9), lo cual hace que el amaranto sea un alimento de alto valor energético (Núñez, 2021), (Larios, 2021) y (González, et al., 2022).

El consumo de la hoja o el grano de amaranto son beneficiosos para el ser humano debido a sus características nutracéuticas, así como bioactivas. Entre las características nutracéuticas identificadas, principalmente en granos, están la actividad antihipertensiva, antitumoral, antidiabética, antioxidante, antidiarreica y antifúngica. Además, se ha identificado el potencial que tiene para prevenir algunos tipos de cáncer (Cabrales, 2017).

7.2.2.4. Metabolitos secundarios

Betalaínas tienen propiedades anticancerígenas, antivirales y antimicrobianas que mejoran su potencial en la industria alimentaria (Tabio, et al., 2021). Cevallos (2021) menciona que contiene principios activos como alcaloides, flavonoides, glucósidos, ácidos fenólicos, esteroides, saponinas, aminoácidos, vitaminas, minerales, terpenoides, lípidos, betaína, taninos catéquicos y carotenoides.

7.2.3. Aceites

Químicamente son lípidos simples compuestos por glicéridos: ésteres glicéricos de los ácidos grasos llamados triglicéridos; se obtienen de semillas, frutos u otras partes de las plantas oleaginosas a través de varios métodos de extracción, se encuentran en estado líquido a 20°C (Álava & Díaz, 2018) y (Freire, 2018). Las propiedades generales de los aceites es que son sustancias hidrofóbicas, viscosas e insolubles en agua (Alarcón & Ronald, 2021).

Los aceites a temperaturas altas al entrar en contacto con el oxígeno, agua y diferentes residuos, acelera la degradación del mismo (García, et al., 2020). Poseen uno de los porcentajes comerciales más altos de producción en el mercado nacional e internacional (Villegas & Martínez, 2021). Pueden oxidarse con facilidad al estar expuestos a la luz, por lo que se aconseja guardarlo en un lugar oscuro y fresco, con una temperatura estable entre 5 y 20 °C, su vida útil puede ser hasta de 2 años (Cutti, 2019).

El aceite sin procesar es de color amarillo rojizo, por la presencia de carotenoides; los aceites refinados eliminan los pigmentos mencionados. La transparencia y el color del aceite son indicadores de la calidad (Serrano, 2019).

En la composición química de los aceites se puede encontrar en mayor cantidad una mezcla de 95 % de triglicéridos (triésteres formados por la reacción de los ácidos grasos) y el 5 % de ácidos grasos libres, esteroides, ceras entre otros componentes minoritarios (Carrión, 2019). El rendimiento y composición de los aceites determinan su uso.

Los aceites se pueden caracterizar de acuerdo a sus “propiedades físicas (densidad, viscosidad, punto de fusión, índice de refracción) o químicas (índice de acidez, índice de yodo, índice de peróxido, índice de saponificación, índice de éster)” (Muñoz, 2020).

El aceite vegetal tiene compuestos que se degradan relativamente en poco tiempo y el grado de saturación es una indicación de inestabilidad térmica, volviéndose más inestable a medida que el grado de insaturación progresa de mono a tri (Mejía, 2020).

El aceite en su periodo de uso atraviesa diferentes fases, la primera no se muestra degradación alguna, la segunda incrementa su acidez resultante del proceso de hidrólisis, la tercera se da por las sustancias emulsionantes que favorecen la relación aceite/producto, la cuarta los niveles de hidrólisis, así como la oxidación son elevados y el alimento absorbe parte de ellos, y la última el descarte se generan sabores y olores desagradables (Muñoz, 2020).

7.2.3.1. Clasificación de los aceites

Se ha establecido tres categorías conforme a su índice de yodo: no secantes (IY < 150) semi-secantes (IY entre 100 y 150), secantes (IY > 150).

Tabla 5 Clasificación de los aceites

Clase	Descripción
Aceites no secantes	<i>Estos aceites no se van a secar al estar en contacto con el aire; por el contrario, van a descomponerse, enranciándose; su principal característica es que contienen grandes cantidades de ácido oleico, en forma de glicérido. Como ejemplo de este tipo de aceite tenemos: Los de oliva, pepita de uva, almendras, maní, etc.</i>
Aceites semi-secantes	<i>Se secan al contacto con el aire con relativa facilidad. El ácido graso característico es el linoleico, pero su porcentaje no es muy alto. Debido a esto es que en algunos casos de descomponen antes de secarse, como ocurre con los aceites de pepita de algodón, maíz, soya, etc.</i>
Aceites secantes	<i>Se secan al contacto con el aire con suma facilidad y no se descomponen, siendo sus ácidos característicos el linoleico, así como el linolénico. Como ejemplo tenemos los aceites de linaza, adormidera, cáñamo, girasol, nueces, etc.</i>

Fuente: (Gutarra & Vargas, 2018)

Elaborado por: Autor (Villamarin; 2023)

7.2.3.2. Extracción de los aceites

Es un proceso que requiere del rompimiento de células vegetales para el aislamiento del aceite de otros compuestos químicos que constituyen a las especies vegetales.

Los aceites se encuentran en los tejidos de las plantas, se los extrae mediante la aplicación de diversos procedimientos físicos y químicos (Villada, 2019).

Tabla 6 Métodos de extracción de los aceites con sus ventajas y desventajas

Tipo de extracción	Técnicas	Ventajas	Desventajas
Prensado	<i>En frío y Caliente</i>	<i>Los aceites presentan una mejor conservación de sus compuestos bioactivos.</i>	<i>Rendimientos bajos</i>
Con solventes	<i>Soxhlet</i>	<i>Favorece las características funcionales del aceite como la retención de agua y la estabilidad de emulsión.</i>	<i>Ocasiona pérdidas ligeras de antioxidantes, también cuestiones de salud y seguridad al medio ambiente, esto va a depender del tipo de solvente que se use para la extracción.</i>
Con fluidos supercríticos	<i>CO₂ en estado supercrítico</i>	<i>Alto rendimiento en la extracción del aceite o de la torta residual</i>	<i>Instalaciones muy costosas</i>

Fuente: (Mendez & Ullón, 2020)

Elaborado por: Autor (Villamarin; 2023)

La obtención de aceite a partir de semillas, depende de su tipo tanto como la estructura, son 3 procesos comunes empleados para la extracción los mismos que se detallan a continuación:

a) Prensado mecánico

Se aplica presión sobre la materia vegetal rendimiento dependerá de la velocidad, así como presión aplicada (Sernaque, 2021).

b) Solventes

Consiste en retirar una sustancia contenida en un sólido por la acción de un fluido que la disuelve selectivamente (García, 2019).

- **Extracción con solventes volátiles**

Ésta es la técnica más usada para disolver los aceites volátiles contenidos en la materia vegetal a través de la penetración de los solventes orgánicos, los cuales tienen una naturaleza química polar que les permite actuar de manera eficaz. Se usa tanto a nivel laboratorio como a nivel industrial (Usaquén & Zafra, 2018).

- **Extracción del aceite por soxhlet**

Consiste en hacer hervir en el matraz el disolvente con el cual se va a extraer la materia sólida deseada que se encuentra en la muestra depositado en el cartucho del Soxhlet. Los vapores del disolvente ascienden por el extractor y se condensan en el refrigerante cayendo gota a gota sobre el cartucho. La parte soluble pasa por gravedad al matraz (Angarita, 2019).

Tiene la ventaja de que siempre se está extrayendo con el disolvente puro en su punto de ebullición por lo que el rendimiento es óptimo. Se evitan las grietas u hoyos, que el goteo continuado del disolvente condensado puede producir en la masa de materia sólida que se extrae, poniendo sobre esta un disco perforado de porcelana, de los empleados para filtrar o lana de vidrio (Becerra, 2020).

- **Extracción con fluidos supercríticos (EFS)**

Necesita de temperatura y presión específicas. La materia vegetal y el líquido supercrítico entran en contacto en una cámara de acero, por donde fluye la solución líquido-aceite y se descomprime progresivamente para obtener un aceite puro (Usaquén & Zafra, 2018).

- En floración

Es empleada cuando la materia vegetal es costosa, así como sensible a altas temperaturas, la técnica se fundamenta en poner en contacto el material vegetal con una fina capa de grasa para que absorba la esencia, tarda mucho tiempo y es costosa (Usaquén & Zafra, 2018).

7.2.3.3. Propiedades

Para incrementar su viabilidad fuera de la industria alimentaria o cosmetológica es necesario modificar su estructura química a través de procesos de epoxidación, acrilación, maleinización e hidroxilación (Carbonell, 2018).

7.2.3.4. Control de calidad de los aceites

- **Análisis físico-químicos**

- a) **Índice de acidez**

Identifica las impurezas presentes en los aceites y previene problemas de salubridad. El análisis mide la cantidad de ácido graso libre además se define por el número de miligramos que se requiere de hidróxido de potasio para neutralizar los ácidos grasos libres en 1g de muestra (Rojas, 2019).

- b) **Índice de peróxido**

Mide la concentración de los intermedios inestables de grasas y aceite, formados en la primera fase del proceso de oxidación que posteriormente se descomponen para dar los compuestos secundarios de oxidación. Se expresa como miliequivalentes de peróxidos presentes en 1 kg de aceite o grasa (Fernández, 2018).

c) Índice de yodo

El índice de insaturación de los aceites es un indicador indirecto del grado de oxidación. A medida que el aceite se oxida, el número de insaturaciones disminuye, lo que se refleja en una disminución del índice de yodo (Iparraguirre, 2019).

d) Índice de refracción

Es la relación de la velocidad de la luz en el aire (técnicamente, un vacío) a la velocidad de la luz en el aceite. Permite controlar rápidamente el punto final del producto para las reacciones de hidrogenación (Ugarte, 2021).

e) Humedad

“Establece la cantidad de agua presente en el aceite, lo que puede causar la hidrólisis de los triglicéridos, generando ácidos grasos libres, mono glicéridos, di glicéridos y/o glicerol. Este proceso se acelera en el aceite por un aumento de altas temperaturas y presión, así como una cantidad excesiva de agua” (Ramirez, 2018).

7.2.3.5. Usos de los aceites

Según Ramírez, et al., (2023) los lípidos se usan en la industria alimentaria habitualmente en panadería, confitería, productos lácteos, entre otros, pero particularmente en procesos de fritura los alimentos se introducen en el AV entre 150 a 190 °C.

Los AV que poseen un alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados (más del 80 %), pueden suplantar a los aceites lubricantes procedentes del petróleo, porque estos les confieren un equilibrio entre una adecuada estabilidad oxidativa y un buen comportamiento a bajas temperaturas; en el caso de los aceites vegetales que no poseen estas características deben modificarse químicamente (Díaz, et al., 2018).

7.2.4. Análisis por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC)

Es usada en *temperaturas de columna suaves, un factor ideal para los fitoesteroles que son compuestos termolábiles y las condiciones de detección son más suaves lo que permite que los fitoesteroles permanezcan intactos* (Salido, 2022).

7.3. Marco conceptual

- **Aminoácidos:** Sustancia química orgánica que constituye el componente básico de las proteínas.
- **Antioxidantes:** Sustancia que impide la formación de óxidos.
- **Degradación:** Acción o efecto de deteriorar o degradar.
- **Escualeno:** Es un aceite hidratante, se trata de un lípido vegetal muy refinado con una estructura molecular muy similar a la de los lípidos de la piel.
- **Hidrofóbicas:** Es la capacidad que tiene una sustancia para repeler el agua.
- **Hidrogenación:** Es una reacción química que se agrega hidrógeno a través de enlaces no saturados en un compuesto orgánico.
- **Miliequivalentes:** Milésima parte del equivalente. Unidad empleada en Biología para representar la concentración iónica de una solución.
- **Rendimiento:** Se refiere a la proporción que surge entre los medios empleados para obtener algo y el resultado que se consigue.
- **Volátil:** Que cambia o varía con facilidad y de forma poco previsible.

8. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

8.1. Hipótesis nula

Ho: El tiempo y la relación de materia vegetal con el solvente en la extracción no influyen en el contenido de compuestos bioactivos, así como en la capacidad antioxidante del aceite de amaranto (*Amaranthus Hypochondriacus*), obtenido a través del método de soxhlet.

8.2. Hipótesis alternativa

H1: El tiempo y la relación de materia vegetal con el solvente en la extracción influyen en el contenido de compuestos bioactivos, así como en la capacidad antioxidante del aceite de amaranto (*Amaranthus Hypochondriacus*), obtenido a través del método de soxhlet.

Se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula

8.3. Validación de la hipótesis

Si se compara la relación tiempo y materia vegetal con el solvente, en la extracción través del método de soxhlet, se puede observar una diferencia significativa en el contenido de compuestos bioactivos, así como en la capacidad antioxidante del aceite de amaranto (*Amaranthus Hypochondriacus*), por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

9. METODOLOGÍA/ DISEÑO EXPERIMENTAL

La extracción del aceite vegetal de amaranto por el método de soxhlet fue realizado en la Universidad Técnica de Cotopaxi, en la Facultad de CAREN en la carrera de Agroindustria, apoyándose en diversos tipos de investigación para recolectar la información necesaria, para el desarrollo del proyecto de investigación, dando solución al problema identificado y corroborar las hipótesis.

9.1. Tipos de investigación

Las investigaciones que se usaron durante el desarrollo del proyecto, fueron seleccionadas minuciosamente con el propósito de solucionar el problema, así como crear nuevo conocimiento que aportara información de juicio de valor para la industria o la sociedad.

9.1.1. Investigación causal

Determina el porqué de las cosas estableciendo una correlación de las variables que pueden llegar a suscitarse en una investigación viéndose en ellas involucrados las causas y

efecto, esta relación facilita aclarar la problemática a tratar, con el propósito de llegar a una explicación basada en los estudios por el investigador (Vera, 2019).

Facilitó el diseño de los pasos que se llevaron a cabo en desarrollo del proyecto de investigación, a través del cual se identificó la conexión que existe entre las variables, corroborar las hipótesis y la realización de los experimentos que tengan la validez para solucionar el problema identificado.

9.1.2. Investigación descriptiva

Usa criterios sistemáticos permite establecer la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando información sistemática y comparable con la de otras fuentes análisis e interpretación de la naturaleza actual, así como la composición o procesos (Guevara, et al., 2020).

Posibilitó definir, clasificar, dividir o resumir. detalladamente las características y comportamientos de los fenómenos estudiados en el proyecto de investigación; describiendo, en todos sus componentes principales de la realidad.

9.1.3. Investigación cuantitativa

Es la cuantificación de los factores de estudio mediante técnicas estadísticas, con la ventaja de que se puede replicar, para analizar, describir, explicar, predecir y controlar sus causas y las predicciones de su ocurrencia a partir del desvelamiento de las mismas (Sánchez, 2019).

Propició la fundamentación de las conclusiones de la investigación, los cuales fueron el resultado sobre la cuantificación, tanto de la recolección de sus resultados además de su procesamiento, análisis e interpretación.

9.1.4. Investigación experimental

Es una metodología que forma parte de la estadística que permite valorar las causas y los efectos que tiene la variable independiente sobre la variable dependiente dentro de la investigación experimental (Zurita, et al., 2018).

Simplificó la descripción de la realidad, la manipulación de las variables en función del objetivo de estudio, así como la relación causa y efecto, con el propósito de solucionar el problema identificado en el proyecto de investigación.

9.2. Técnicas

Son el conjunto de herramientas que se empleó durante el desarrollo de la investigación para obtener la información, las mismas que fueron seleccionadas conforme a la metodología establecida, para organizar las etapas de estudio, controlar la calidad de información y construir una guía sobre la validez de la hipótesis.

9.2.1. Observación:

Es una técnica cualitativa que se basa en la observación de un fenómeno en diversas etapas del proceso de investigación, desde la formulación del problema hasta la verificación de la hipótesis, así como la elaboración de las conclusiones (Sánchez, et al., 2021).

Ayudó a captar de manera directa y sistemática los sucesos de la investigación además se obtuvo información confiable.

9.3. Materiales y equipos:

9.3.1. Material 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)

9.3.2. Equipos

- Balanza Analítica (0,0001g)
- Cromatógrafo líquido de alta presión- Sistema HPLC
- Destilador soxhlet
- Espectrofotómetro GENESYS 20 Modelo 4001/4j
- Micropipeta automática 100-1000µl Microlit.

9.3.3. Reactivos:

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

9.3.4. Materia prima:

- Planta de amaranto

9.4. Descripción del método de elaboración

9.4.1. Cosecha

Fue realizado cuando la planta de amaranto estuvo madura, para identificarla se observó que tenga hojas secas en la base, así como amarillentas hacia el ápice y sus granos estén secos en la panoja con una abertura natural del pericarpio de las anteras de un estambre, para que den salida a la semilla. El corte se lo hizo manualmente con una tijera de podar en el campus de Salache Bajo de la Universidad Técnica de Cotopaxi en la ciudad de Latacunga.

9.4.2. Trilla

Este proceso fue realizado manualmente, se golpeó las panojas para liberar las semillas del amaranto sobre una tela para facilitar su recolección posterior. Para facilitar es desprendimiento del grano, las panojas deben estar totalmente secas.

9.4.3. Limpieza del amaranto

Eliminamos las impurezas (hojas, brácteas, cubiertas de las semillas, ramita) presentes en las semillas de amaranto.

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

En el laboratorio, se pesó 80 g de la semilla de amaranto, posteriormente se colocó en una bolsa de cierre hermético manteniéndola en congelación a -20 °C hasta su análisis. La muestra fue pulverizada en un mortero; después, se colocó en un envase de vidrio y se congeló a -20 °C.

9.4.4.1. Humedad

El contenido de humedad fue determinado por el método de secado en estufa, fundamentado en la pérdida de peso por evaporación de agua. Para esto, se pesó la cápsula de porcelana vacía en

una balanza analítica, hasta obtener un peso constante, después se colocó 10 g de la muestra en una cápsula y se pesaron de nuevo (cápsula vacía + muestra), posteriormente se puso en la estufa, a 105° C durante 8 h, de ahí se situó la muestra en un desecador durante 30 min, hasta que alcanzo 25 °C; por último, se pesó la cápsula más la muestra seca (Gómez, M, 2020). Se determinó el porcentaje de humedad mediante la siguiente ecuación:

$$\%H = \left(\frac{m - m_1}{m_2} \right) \times 100 \quad \text{Ec.1 Humedad}$$

Donde:

m: Peso de la cápsula más la muestra húmeda en gramos

m₂: Peso de la cápsula más la muestra seca en gramos

m₁: Peso en gramos de la muestra

9.4.4.2. Cenizas

La materia orgánica de la muestra es incinerada quedando residuos inorgánicos (Vargas, 2022).

- Pesar la muestra en un crisol tarado y seco.
- Quemar la muestra en el reverbero hasta que no desprenda humos.
- Ingresar la muestra carbonizada a la mufla a 550 °C hasta observar una ceniza blanca.
- Sacar en un desecador por 30 min.
- Pesar la ceniza blanca y repetir hasta peso constante.

$$\%C = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} * 100 \quad \text{Ec.2 Cenizas}$$

Donde:

%C= Contenido de ceniza en porcentaje en masa

m= Peso del crisol vacío en g

m₁= Peso del crisol con la muestra húmeda en g

m₂= Peso del crisol con la ceniza en g

9.4.4.3. *Proteína:*

La técnica se fundamenta en cuantificar la cantidad de proteína verdadera a través de la destrucción oxidativa de la materia orgánica presente en la muestra y la reducción del nitrógeno orgánico a amoníaco (NH₃) por ebullición del ácido sulfúrico (H₂ SO₄) concentrado J.T. Baker, el amoníaco es retenido como bisulfato de amonio ((NH₄) HSO₄) resultado de la destilación alcalina y titulación (Gómez, et al., 2020).

El análisis consistió de 3 fases:

-Se colocó 0.5 g de la muestra en tubos para digestión Kjeldahl, a los que se les agregó la mezcla digestora (CuSO₄ - 5H₂ O 16.6%, Na₂ SO₄ 83.4%) y 10 mL de ácido sulfúrico (H₂ SO₄) J.T. Baker.

-Las muestras se trasladaron a matraces Erlenmeyer que contenían 6 mL de ácido bórico J.T. Baker al 4% y cuatro gotas del indicador Shiro Toshiro, posteriormente se llevó a un equipo de destilación rápida con hidróxido de sodio (NaOH) DEQ al 50%.

-Por último, se tituló la muestra usando ácido clorhídrico (HCl, J.T. Baker® 0.1 N) valorado y 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. Para saber la cantidad de proteínas se empleó la siguiente ecuación:

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

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

9.4.4.4. Grasa

Se fundamenta en la extracción directa de la grasa por medio de un solvente de forma periódica (Vargas, 2022).

- Se pesó 2 g de muestra seca y colocar en el dedal de celulosa previamente tarado.
- Colocar algodón sobre el dedal para evitar evaporaciones.
- Colocar el paquete en la cámara de si fonación.
- En el balón previamente tarado, adicionar 250 ml de éter etílico o éter de petróleo (punto de ebullición 40°C).
- Armar el equipo.
- Encender la fuente de calor e iniciar la extracción por 2 a 4h.
- Al terminar la extracción, retirar el balón.
- Evaporar el solvente en la estufa por media hora y dejar enfriar.
- Pesar el balón más la grasa.
- Calcular el peso de la grasa.

$$\%G = \frac{P1 - P}{m} * 100 \quad \text{Ec.4 Grasa}$$

Donde:

%G: contenido de grasa cruda o bruta en porcentaje en masa

P1: Masa del balón más la grasa cruda extraída en g

P: Masa del balón vacío en g

m: Masa de la muestra seca en g

9.4.4.5. Fibra

Digerir la muestra con un ácido y una base de tal forma que la muestra se degrade hasta conseguir una muestra resistente a estas dos digestiones, posteriormente la diferencia que exista entre el peso seco de la muestra resistente y su ceniza correspondiente resulta ser la fibra (Vargas, 2022).

- Pesar en un balón es esmerilado de 500 ml 2g de muestra desengrasada y seca.
- Colocar en el balón 250 ml de H₂SO₄ al 0.225N.

- Armar un sistema de reflujo con el balón y dejarlo por 30 minutos contados a partir de la ebullición (repetir el proceso dos veces).
- Retirar la mezcla del reflujo. Filtrar al vacío, a través de una tela de dril o lino en caliente, recoger los filtrados en un vaso de precipitación.
- Lavar con agua caliente en un embudo buchner y agua suficiente hasta que el pH del líquido que se encuentra en el Kitasato tenga un pH neutro.
- El residuo trasvasar nuevamente al balón aforado con lavados de solución de NaOH 0.225N hasta un volumen total de 250 ml.
- Colocar el balo en el equipo de reflujo y calentar hasta ebullición. -Mantener la ebullición por media hora exacta contados a partir de que empieza a hervir.
- Desconectar el sistema, enfriar y filtrar al vacío, repitiendo el proceso anterior que se hizo con el ácido utilizando tela de lino. -Lavar el vaso y el residuo del papel con 250 ml de agua destilada caliente hasta que le pH de Kitasato sea neutro.
- Lavar por último con 15 ml de hexano o etanol.
- Colocar el residuo en un crisol para dejar secar en una estufa a 105°C durante toda la noche, dejar enfriar y pesar.
- Colocar el crisol en la mufla a 600°C por medio hora, enfriar en desecador y pesar.

$$\%F = \frac{P1 - P}{m} * 100 \quad \mathbf{Ec.5 \text{ Fibra}}$$

Donde:

%F: contenido de fibra cruda o bruta en porcentaje en masa

P1: Masa del crisol más el residuo desecado en la estufa en g

P: Masa del crisol más las cenizas después de la incineración en mufla en g

m: Masa de la muestra seca y desengrasada en g

9.4.4.6. Carbohidratos

Se determinaron por el método de diferencia (AOAC, 2000) que consiste en restar al 100%, el resultado del porcentaje de humedad (H), ceniza (C), grasa (G) y proteínas (P), como se muestra en la siguiente ecuación (Gómez, et al., 2020).

$$\%C = 100 - \%H - \%C - \%G - \%P \quad \text{Ec.6 Carbohidratos}$$

9.4.5. Optimizar el procedimiento de extracción del aceite de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*), por medio del procedimiento de soxhlet.

Se pesó 50 gramos del amaranto triturado, se colocó en un dedal de papel filtro que se sitúa en el interior de la cámara del extractor soxhlet. Se colocaron 400 ml de hexano en el balón de fondo redondo de 500 ml; la extracción se realizó a 90, 60 y 120 minutos con una relación materia vegetal/agua de 1:4, 1:6 y 1:8.

Durante la extracción de aceite, el disolvente sigue un circuito cerrado que va desde el balón hasta la cámara de condensación a manera de vapor, de ahí pasa al recipiente de extracción condensada en forma de gotas. El solvente retorna del recipiente de extracción al balón por el sistema de vasos comunicantes (Navarrete, et al., 2020).

9.4.5.1. Rendimiento

Es la relación en % del aceite esencial obtenido en gramos con respecto a la cantidad en gramos de las semillas del amaranto. El rendimiento fue calculado mediante la ecuación, y se evidenció a modo de proporción del aceite extraído (Pantoja, et. al, 2017).

$$\begin{aligned} \%Rendimiento & \\ &= \frac{(Peso\ del\ aceite\ esencial)}{(Peso\ de\ las\ semillas\ de\ amaranto)} \times 100 \quad \text{Ec.7 Rendimiento} \end{aligned}$$

9.4.6. Establecer el perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto, mediante el uso de la cromatografía líquida (HPLC)

Es un método empleado para separar los componentes de una mezcla. Consiste en una fase estacionaria no polar (columna) y una fase móvil. La fase estacionaria es sílica que se ha tratado con RMe_2SiCl . *La fase móvil actúa de portador de la muestra. La muestra en solución es inyectada en la fase móvil. Los compuestos de la solución emigran de acuerdo a las interacciones no-covalentes de los compuestos con la columna. Estas interacciones químicas, determinan la separación de los contenidos en la muestra. La utilización de los diferentes detectores dependerá de la naturaleza de los compuestos a determinar* (Romero, et al., 2016).

9.4.7. Determinar la capacidad antioxidante, así como la evaluación fisicoquímica del aceite de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*).

9.4.7.1. Método ABTS

a. Reactivos

Solución amortiguadora de fosfato 75 mmol/L

Se pesó 1,037g de fosfato de sodio monobásico posteriormente se afora a 100mL con agua destilada, se preparó otra solución pesando 5,33g de fosfato de sodio dibásico, se aforó a 500mL con agua destilada, después se mezcló 95mL de la primera solución con 405mL de la segunda solución y se aforó a 900mL con agua destilada, así como se midió el pH que debe ser 7, alcanzado el pH se lleva la solución a 1L en un balón aforado.

-Solución Stock de ABTS

Solución de ABTS: Se pesó 0,0960g de ABTS, se disolvió en agua ultrapura y se afora a un volumen de 25mL.

Solución de persulfato de potasio: Se pesó 0,01655g del reactivo y se disolvió en agua ultrapura, aforando a 25mL.

-Solución activada de ABTS

Se mezcló en proporción 1:1 la solución ABTS y el persulfato de potasio, se dejó reposar por 16 horas, se filtró con papel filtro y se envasó en un frasco ámbar.

-Solución de trabajo ABTS

En un frasco ámbar se diluye la solución activada ABTS con 160mL de buffer fosfato hasta tener una lectura de absorbancia de 1,1 a una longitud de onda de 734 nm, esto se mide en el espectrofotómetro.

b. Determinación de la capacidad antioxidante

En un tubo se puso un volumen de 200uL del concentrado de amaranto diluido con buffer de fosfato y se adicionó 3800uL de la solución de trabajo ABTS, posteriormente se transfirió 200uL de buffer fosfato y de soluciones patrón de Trolox, luego se agregó 3800uL de la solución diluida ABTS. Se agitaron los tubos de las soluciones y se dejó reposar por 45 minutos, después se midió la absorbancia final de cada muestra por duplicado con una longitud de onda de 734nm y para la curva de calibración se calculó la absorbancia neta con la ecuación y se gráfica en base a la concentración.

Ec.8

ABS patrón Trolox = ABS solución de trabajo inicial - ABS muestra 45 min – ABS blanco

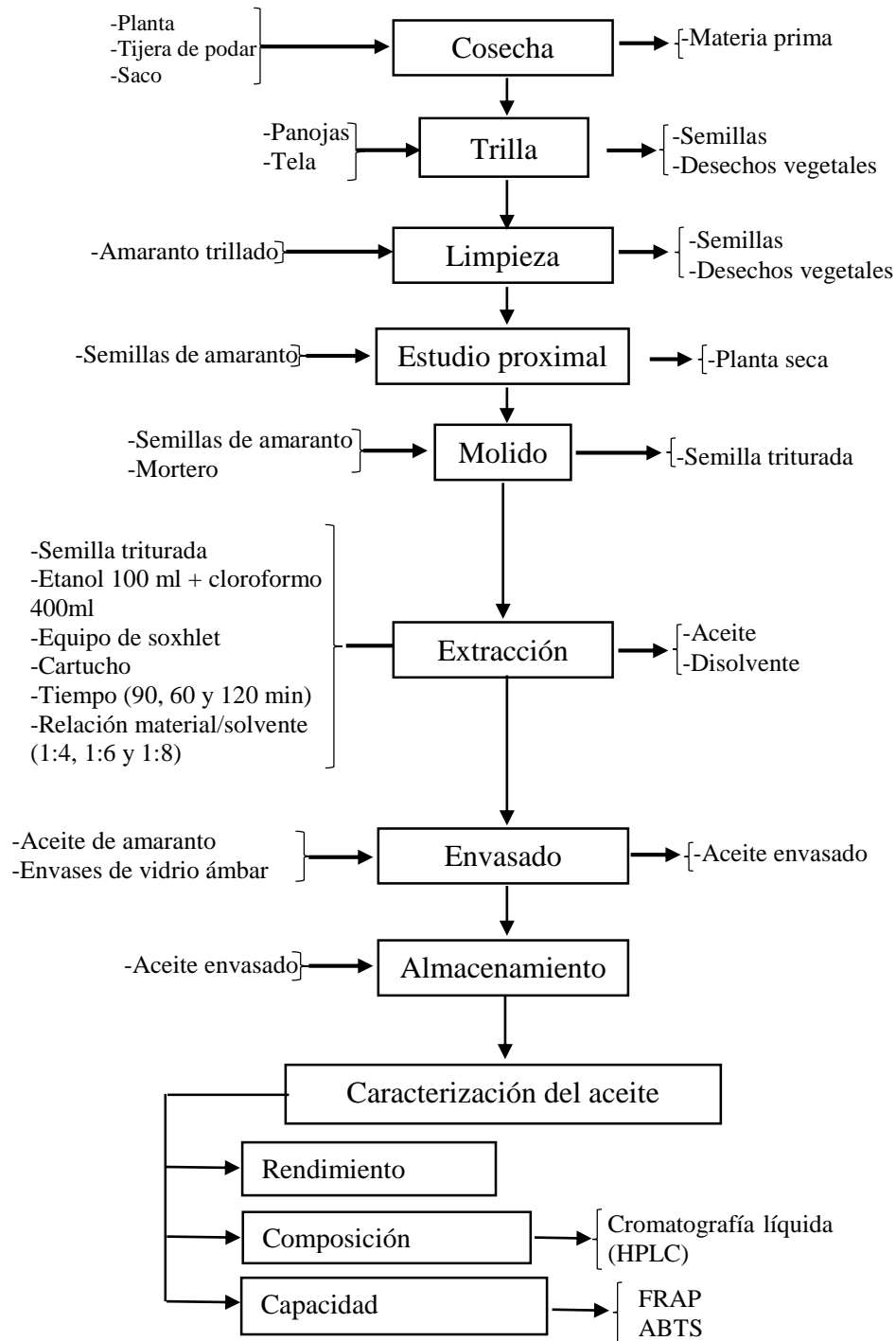
El valor obtenido se interpola en la curva y el resultado se expresa en $\mu\text{MTrolox/g}$ de muestra (Suárez, 2018).

9.4.7.2. Ensayo de FRAP

Fue usado el método sugerido por Benzie & Strain (1996). El reactivo FRAP se preparó con: amortiguador de acetato de 0.3 M, pH 3.6; solución 10 mM de Tris (2-pyridyl)-s-triazina (TPTZ) en HCl 40 mM; y FeCl₃ 20 mM, en proporción 10:1:1. Las disoluciones se mantuvieron cubiertas de la luz durante el desarrollo del ensayo. En viales de color ámbar de 3 mL, se vaciaron 30 μL de disolución de muestra o calibración, 900 μL de reactivo FRAP y 90

μL de agua destilada. Los viales se incubaron en baño María a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 30 min. Muestras por triplicado de $200\text{ }\mu\text{L}$ de cada frasco se vaciaron en microplacas de 96 pozos. Las absorbancias se determinaron a 593 nm en un lector multimodal de microplacas Synergy® HT (Biotek Instruments Inc., Vermont, EUA). La potencia reductora se expresó a partir de una curva estándar preparada con 0 a 5 M de Fe SO_4 y 7 H_2O . La ecuación para la curva de calibración fue $y = 0.0015x + 0.1347$, $r^2 = 0.9961$. Los resultados se expresaron como EFe^{2+} μmol 100 g ó 100 mL de muestra (Benítez, et al., 2021).

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



Elaborado por: Autor (Villamarin; 2023)

9.6. Diseño experimental

Los factores identificados fueron ingresados al software Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.), el cual determinó el modelo matemático de superficie de respuesta en la optimización numérica con la deseabilidad máxima, a través de un diseño lineal con 11 corridas experimentales evaluando las condiciones de tiempo (60, 90 y 120 minutos) y relación material vegetal/ disolvente (etanol 100 + cloroformo 400 ml) (1:4, 1:6 y 1:8).

En la tabla 7 se puede observar las variables evaluadas en el diseño matemático lineal que se aplicó a la investigación.

Tabla 7 Variables evaluadas en el modelo matemático lineal

Variable Dependiente	Variable Independiente	Indicadores	UM
		Rendimiento	%
			min
			g/L
Extracción y caracterización del aceite amaranto	*Tiempo (60, 105 y 150 min)	Mejor optimización	
	*Relación material vegetal/cloroformo más etanol (1:4; 1:6; 1:8).	Perfil de ácidos grasos	%
		Capacidad antioxidante (ABTS – FRAPS)	mg/g μmol ET /g

Elaborado por: Autor (Villamarin; 2023)

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

10.1. *Caracterizar la caracterización de la semilla del amaranto en función del estudio proximal.*

En la tabla 9 se detalla el análisis proximal realizado a las semillas de amaranto, la misma que reveló 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.

Tabla 8 *Composición química proximal de la semilla del amaranto (Amaranthus hypochondriacus),*

Indicador	Media	Desviación estándar
Carbohidrato (% m/m)	62,51	0,03
Grasa (% m/m)	6,11	0,02
Proteína (% m/m)	14,98	0,03
Humedad (% m/m)	9,75	0,03
Ceniza (% m/m)	2,78	0,02
Fibra (% m/m)	3,86	0,02

Elaborado por: Autor (Villamarin; 2023)

Los valores del análisis de la composición química proximal de la semilla de amaranto son cercanos a los obtenidos por diferentes autores quienes reportan 57 % carbohidratos, 7,7% grasa, 17,9 % proteína, 11,1 % humedad, 4,1 % ceniza y 2,2% fibra (Hernández, et al., 2018). Barrón, et al., (2009) obtuvo 17,38 g de proteína, 4,87 g cenizas, fibra 24,37g humedad 8,21g, carbohidratos 49,33g. Bressani (2020) en su estudio reporto una humedad 10,8 %, proteína 15,5%, ceniza 3,6%, fibra 2.6% y 62,1% de carbohidratos.

Jimoh, et al., (2018) manifiestan que la humedad mantiene su equilibrio y forma parte de una adecuada alimentación para el cuerpo; y la semilla de amaranto es un pseudocereal con poca humedad. También que su proteína es de mayor calidad debido a que carece de gluten y tiene poco sodio. Ruíz y Vásquez (2018) mencionaron que el amaranto tiene una proteína de

13 – 14 %, estos datos son menores a los que se obtuvo en la investigación. En los pseudocereales constituyen del 40 al 80 % del grano.

Según Bressani (1994) el amaranto *cruentus*, *caudatus* y el *hipochondriacus* tiene una composición química de (g/%) 9,7-10,7-10,8 de humedad, 17,0-14,9-15,4 proteína, 3,5-2,9-3,6 ceniza, 3,4-2,8-2,6 en fibra y 67,4-70,3-62,9 de carbohidratos, al comparar estos valores con los que se obtuvo en la investigación se puede decir que la variación en el contenido de los nutrientes presentes en el amaranto puede deberse a varios factores como: el lugar de origen, la especie, forma de cultivo, edad fenológica de la planta.

10.2. Optimizar el procedimiento de extracción del aceite de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*), por medio del procedimiento de soxhlet.

En la Tabla 10 se muestra la matriz experimental utilizada en el proyecto, que incluye 11 corridas experimentales a diferentes intervalos de tiempo (60 min, 105 min, 150 min) y relaciones entre el material vegetal y el disolvente (etanol 100 ml + cloroformo 400 ml) en proporciones de 1:4, 1:6 y 1:8. El aceite extraído se almacenó en un envase ámbar a 4°C para futuros análisis.

El rendimiento se calculó como el peso del aceite extraído en relación con el peso de las semillas utilizadas, expresado en porcentaje (% p/p). En la corrida 8, se logró el mayor rendimiento con un 6,13% de aceite de amaranto. En esta corrida, 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 (etanol 100 ml y cloroformo 400 ml). Estos resultados destacan la importancia de la duración y la relación de los componentes en el proceso de extracción.

Tabla 9 Matriz experimental para la extracción del aceite de amaranto

Corrida	Tiempo (min)	Relación material vegetal /disolvente	Rendimiento (%)
1	90	1	5,43
2	60	3	5,29
3	90	2	5,62

4	120	2	6,07
5	90	3	5,95
6	90	2	5,51
7	60	1	4,88
8	120	3	6,13
9	120	1	5,83
10	60	2	5,02
11	90	2	5,71

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

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

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

Elaborado por: Autor (Villamarin; 2023)

Según Abrigo, et al., (2018) es clave para la investigación, además posibilita evaluar el grado de coherencia y conexión lógica entre el título, problema, hipótesis, los objetivos, las variables, el diseño de investigación seleccionado, los instrumentos de investigación, así como la población y la muestra de estudio.

10.2.1. Rendimiento

Los parámetros del modelo codificado para el rendimiento se presentan en la Tabla 11. Este modelo se ajustó a un diseño lineal, logró un coeficiente de correlación (R^2) del 95.29%, con un nivel de confianza del 95%. Además, se identificó una significancia estadística con un valor p de ≤ 0.01 entre los factores y la respuesta.

El tiempo de extracción y la relación entre el material vegetal y el disolvente (etanol 100 ml + cloroformo 400 ml) mostraron ser significativos en relación con la variable dependiente, es decir, el rendimiento. Sin embargo, es importante mencionar que la inestabilidad de los coeficientes puede influir en la precisión al determinar el rendimiento.

Estos resultados resaltan la importancia de considerar cuidadosamente los factores que influyen en el proceso de extracción de aceite de amaranto y cómo afectan el rendimiento en el contexto de la inestabilidad de los coeficientes del modelo.

Tabla 10 *Parámetros del modelo codificado para el rendimiento*

Indicador	Rendimiento (%)
Intercepto	5,59
X _{TIE}	0,47*
X _{RMA}	0,21*
R ²	0,9529
R ² ajustado	0,9328
R ² predicho	0,8814
F modelo	47,24
F falta de ajuste	1,17
Precisión adecuada	21,20

TIE: tiempo de extracción

RMA: relación material vegetal/(etanol 100 ml + cloroformo 400ml)

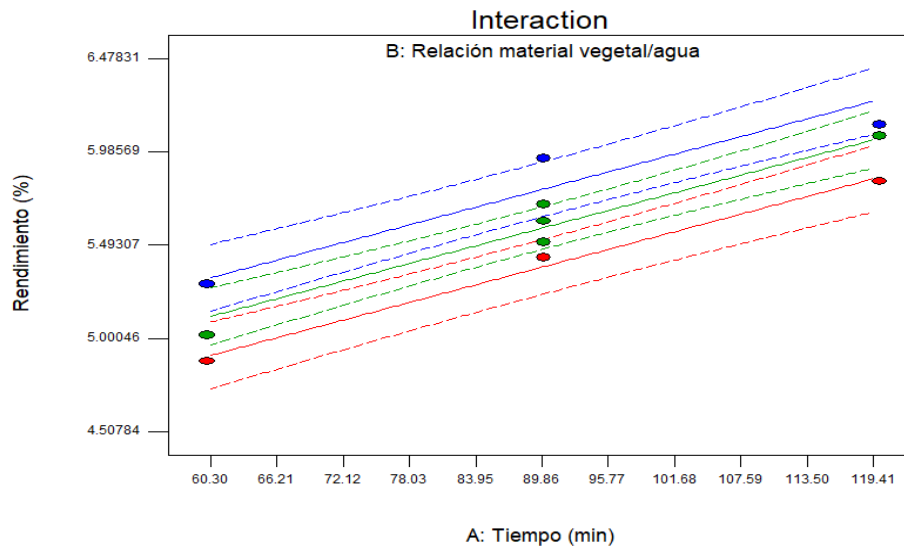
*Valor significativo para $p \leq 0,01$.

Elaborado por: Autor (Villamarin; 2023)

Se acepta la hipótesis alternativa: El tiempo y la relación de materia vegetal influyen en el contenido de compuestos bioactivos, así como en la capacidad antioxidante del aceite de amaranto (*Amaranthus Hypochondriacus*), obtenido a través del método de soxhlet.

Según Díaz, et al., (2004) el rendimiento e incrementa cuando se relaciona con un mayor número de panículas por m², mayor número de semillas, así como mayor producción de biomasa. El amaranto tiene gran potencial, su grano tiene perspectiva de desarrollo, el rendimiento facilita el control de los impactos (positivos o negativos), permitiendo diseñar estrategias para mejorar su eficiencia, de acuerdo a sus fortalezas y debilidades, midiendo la cantidad del producto que se obtiene a través de un proceso, bajo determinados factores.

En la Figura 1 se presenta la interacción de los factores, se observa que la extracción realizada a 120 minutos, con 1 parte de material vegetal en relación con 8 partes de disolvente (etanol 100 ml + cloroformo 400ml), logra un mayor rendimiento en el proceso. Esta visualización resalta cómo la combinación de estos factores influye en el resultado del rendimiento en la extracción.

Figura 1 Interacción de los factores en el rendimiento del aceite

Elaborado por: Autor (Villamarin; 2023)

La extracción a través de solventes es más eficaz debido que al encontrarse las semillas con el disolvente puesto que puede minimizar el contenido de aceites de las semillas hasta menos de un 1%, es una técnica empleada para semillas con bajo contenido de aceite (Cefla, 2015).

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

La optimización numérica del proceso de extracción de aceite fue realizada con el propósito de maximizar su rendimiento, así como sus compuestos bioactivos, el proceso se realizó con los parámetros planteados en la tabla 11, con valores máximos y mínimos de las variables independientes, con base en las restricciones establecidas, el software Design Expert identificó la configuración óptima del proceso de extracción que proporcionaría los mejores resultados posibles. Esta aproximación se basó en los datos reales ingresados, lo que nos permitirá alcanzar el rendimiento y la calidad deseada en el aceite de amaranto.

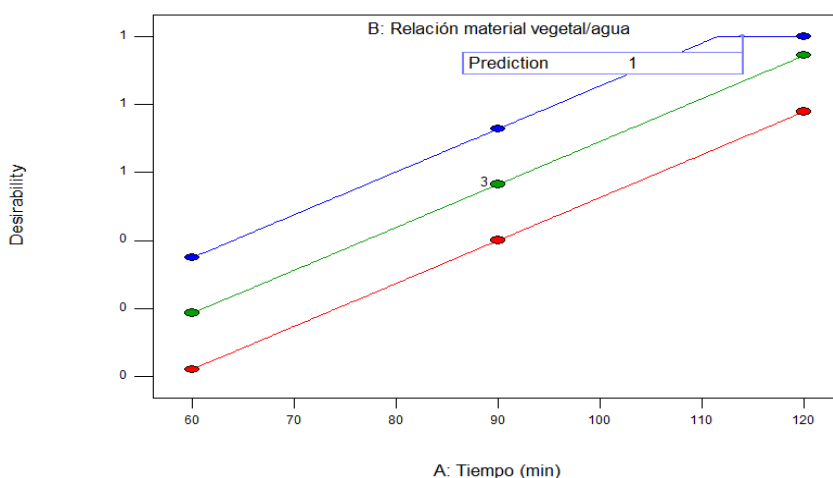
Tabla 11 Solución la optimizada de la extracción de aceite de amaranto

Parámetro	Unidad	Solución
Tiempo	Min	114,00
Relación masa/solvent	g/L	3
Rendimiento	%	6,16867
Deseabilidad	-	1

Elaborado por: Autor (Villamarin; 2023)

La interacción de las variables estudiadas está representada en la figura 2; las cuales determinaron que se obtendría un mejor rendimiento en la extracción de aceite obteniendo 6,16867% en un tiempo de 114 minutos con una relación de 1 parte de material vegetal/8 partes del disolvente (1:8), con una deseabilidad de 1 esto corrobora que el diseño establecido es el óptimo.

Figura 2 Optimización numérica para el rendimiento del aceite



Elaborado por: Autor (Villamarin; 2023)

El aceite de amaranto se obtuvo por el método de soxhlet bajo las condiciones optimizadas por el software, cuando un alimento está en contacto con el solvente, las grasas muestran tal afinidad que al disolverse se separan del resto de los componentes, a este principio se le conoce como extracción sólido-líquido, que ofrece un alto rendimiento minimizando el tiempo, energía, recursos y espacio: el equipo de soxhlet garantiza resultados fiables así como precisos para su reproducibilidad y completa automatización (Toapanta, et al., 2022).

En la tabla 12 se evidencia el valor predicho que arrojó el software y el dato experimental que se obtuvo al efectuar la extracción del aceite de amaranto en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi en la Carrera de Agroindustria, al compararlos se puede ver que no hay diferencia significativa.

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

Valor	Rendimiento (%)
Valor predicho	6,16867
Valor experimental	6,09

Elaborado por: Autor (Villamarin; 2023)

Zurita et al (2021) en su estudio sobre la extracción de aceite del amaranto a través de Soxhlet obtuvieron un rendimiento de 13,09%, 1,27%, 4,34% y 3,48% para Soxhlet, Ultrasonido, Soxhlet-Ultrasonido y Ultrasonido-Soxhlet, respectivamente. Ortiz, et al., (2020) menciona en su investigación que es significativo su rendimiento. Flores (2020) obtuvo un rendimiento de 7.02% del rendimiento en la obtención de la extracción del grano de quinoa, además menciona que el hexano es agresivo.

Cano, et al., (2016). En su estudio mencionan que grano de amaranto tiene 19,45 % de concentración de lípidos, debido a esto es reconocida como una alternativa para la industria aceitera. El aceite de amaranto posee ácidos grasos insaturados, como: linoleico, oleico, linolénico; también por tocoferoles, así como escualeno.

Al comparar los resultados obtenidos con la de otros autores podemos visualizar que el rendimiento obtenido a compersión con el de zurita es bajo, esto puede depender de varios factores como de la estructura de la planta o externos.

10.2.3. Establecer el perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto, mediante el uso de la cromatografía líquida (HPLC)

En la tabla 13 se muestran los resultados del perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto, obtenidos a través de la técnica de HPLC, en donde 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%), linolenico (1,15%) cis-10- Heptadecanoico (0,98%), alquídico (0,80%), linolenico (0,55%), cis-11- Eicosenoico (0,54%), palmitoleico (0,40%) y cis-5,8,11,14,17- Eicosapentaenoico (0,29%).

Tabla 13 Perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto

Ácidos grasos	%
Palmítico	19,19
Palmitoleico	0,40
cis-10- Heptadecanoico	0,98
Esteárico	3,67
Oléico	23,03
Linolelaídico	1,15
Linoleico	47,01
Alquídicico	0,80
cis-11- Eicosenoico	0,54
Linolénico	0,55
cis-8,11,14- Eicosatrienoico	1,16
cis-11,14,17- icosatrienoico	1,24
cis-5,8,11,14,17- Eicosapentaenoico	0,29

Elaborado por: Autor (Villamarin; 2023)

Rodríguez, et al., (2005) en su investigación mencionaron que los ácidos grasos son ácidos monocarboxílicos de cadena larga generalmente entre 8 y 22 (ácido linoleico). Esto se debe a que su síntesis biológica a través de la adición sucesiva de unidades de acetil CoA. Los ácidos grasos presentes en el organismo se encuentran en forma saturada, principalmente el ácido palmítico, o en la forma insaturada debido a la presencia de dobles ligaduras. Los ácidos grasos insaturados pueden ser monoinsaturados y poliinsaturados.

Carrillo, et al., (2012) en su estudio manifiestan que los ácidos grasos poliinsaturados de la familia n-3 han sido caracterizados por su potencial antiinflamatorio. Pese a lo cual, las evidencias relativas al papel del ácido oleico en el sistema inmune son escasas. Delgado, et al., en su estudio de ácidos grasos del aceite de ajonjolí obtuvo 9,1 % del palmítico, 0,15 % palmitoleico, 5,4 % esteárico, 39,6 % oleico, 44,6 % linoleico, 0,33 % linolénico, se puede observar una diferencia de la calidad de los dos aceites.

Rodas y Bressani dicen que el valor promedio del ácido graso palmítico es de 18%, oleico que juntamente con el linoleico hacen 75% del total de ácidos grasos, y el ácido linoleico en un 3%, adicionalmente el aceite de amaranto es una fuente rica de escualeno que se aproxima a los contenidos del aceite de tiburón.

Gonzales (2012) en su estudio menciona que el ácido esteárico en la industria es usado como ingrediente para plásticos, dulces, suplementos dietarios, cosméticos, crayones, así como suavizante de plásticos, estudios han determinado que su presencia no afecta el colesterol en la sangre. El palmítico tiene una alta capacidad antioxidante, para los niños tiene gran importancia nutricional porque mejora la absorción del calcio. Linolénico ha demostrado propiedades antimicrobianas atribuyéndole la reducción de colesterol sérico, triglicéridos, LDL así puede prevenir el desarrollo de arteriosclerosis, cáncer y enfermedades alérgicas, además es esencial para el crecimiento normal, desarrollo de la retina también del cerebro y fortalece el sistema inmunológico. El linoléico afecta la sensibilidad a la insulina, inmunomodulación, previene el cáncer de próstata, estomago, colon y de mama. Para los infantes el oleico es una fuente importante de energía.

No se han publicado muchos artículos que indiquen si las diferencias en el contenido de grasa y de ácidos grasos sea debido a factores genéticos o ambientales.

10.2.4. Determinar la capacidad antioxidante, así como la evaluación fisicoquímica del aceite de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*).

10.2.4.1. Capacidad antioxidante

En la tabla 14 se representa los valores obtenidos en el laboratorio de la capacidad antioxidante del aceite de amaranto, para FRAP fue 765,20 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ en mayor cantidad y para ABTS 0,34 IC_{50}^4 (mg/mL).

Tabla 14 Capacidad antioxidante del amaranto

ABTS	FRAP	
IC_{50}^4 (mg/mL)	Concentración (mg/mL)	$\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$
0,34	4	765,20
	2	434,12
	1	245,45

¹ Efectividad antioxidante expresada en IC_{50}

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: Autor (Villamarin; 2023)

Benítez, et al., (2021) los antioxidantes son moléculas capaces de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas, contrarrestan los radicales libres y otras especies reactivas de oxígeno y se cree que ayudan a prevenir o retardar la progresión de muchas enfermedades no transmisibles que afectan a los seres humanos.

López, et al., (2014) dicen que varios factores pueden afectar el resultado de la capacidad antioxidante, como son el tipo, variedad de cultivo, tiempo de almacenamiento del material a analizar, así como el método de extracción usado, etc.

10.2.4.2. Evaluación fisicoquímica

En la tabla 15 presentan los resultados obtenidos en el análisis fisicoquímica en el cual el índice tiene 99,12%, 2,21 meqO₂/Kg, 0,11 % m/m de ácido oleico y una densidad de 0,8712 g/mL.

Tabla 15 *Evaluación fisicoquímica del aceite de amaranto*

Parámetro	Media	Desviación estándar
Índice de peróxidos (meqO ₂ /Kg)	2,21	0,10
Índice de yodo	99,12	0,14
Acidez (Ácido Oleico % m/m)	0,11	0,01
Densidad (g/mL)	0,8712	0,0124

Elaborado por: Autor (Villamarin; 2023)

Zurita, et al., (2021) en su estudio obtuvieron 112,93 g/g del índice de yodo. Los peróxidos generalmente se comportan como sustancias oxidantes. En contacto con material combustible pueden provocar incendios o incluso explosiones. Sin embargo, frente a oxidantes fuertes como el permanganato pueden actuar como reductor oxidándose a oxígeno elemental. El aceite de amaranto posee una densidad de 0,920 a 0,930 según Denda (S.f.).

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONOMICOS)

11.1. Técnicos

El presente proyecto de investigación tiene un impacto positivo para la industria puesto que se optimizó la extracción del aceite de amaranto para obtener un mejor rendimiento,

evidenciando el perfil de ácidos grasos, su capacidad antioxidante, análisis fisicoquímicos, los mismos pueden ser empleados para reducir o sustituir aditivos químicos en procesos agroindustriales, con el propósito de innovar.

11.2. Sociales

La extracción del aceite de amaranto, motivar al sector agrícola a cultivar la planta para su posterior comercialización además de recuperar un cultivo que pasó desapercibido por mucho tiempo, contribuyendo de esta manera a mejorar el estilo de vida de varios sectores, también la industria alimentaria, farmacológica, cosmetológica puede innovar sus productos con el aceite de amaranto y ofertar productos más saludables.

11.3. Ambientales

El aceite por su composición puede ser usado en la industria con varios propósitos siendo una alternativa para minimizar el uso de aditivos químicos de sello amarillo y azul, siendo amigables con el medio ambiente.

11.4. Económicos

Las personas que cultiven el amaranto porque tendrán un mercado para comercializar la planta de esta manera se generara fuentes de empleo para la sociedad, además el usar compuestos naturales en la industria favorecerá a la optimización sus recursos.

12. PRESUPUESTO

Tabla 16 Presupuesto del proyecto de investigación

Cantidad	Recursos	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO		
		H. uso	Valor Unitario \$	Depreciación de 120 días
Equipos				
1	Cromatógrafo de gases con espectrometría líquida	5	20,00	100,00
1	Espectrofotómetro GENESYS 20 Modelo 4001/4j	6	10,00	60,00
1	Equipo de soxhlet	25	8,00	200,00
1	Balanza Analítica (0,0001g)	4	5,00	20,00
				380,00
Cantidad	Descripción	Unidad	Valor Unitario \$	Valor Total \$
Materiales				
10	Tubos de ensayo 10 mL	U	1,00	10,00
5	Balones aforados vidrio 5 mL	U	5,20	26,00
5	Balones aforados 10 ML	U	4,30	21,50
1	Micropipeta Microlit 100-1000 µl volumen variable	U	100,00	100,00
5	Pipeta volumétrica de vidrio 10 ML	U	3,30	16,50
1	Piseta plástica 500ml	U	2,80	2,80
1	Punta Microlit 1000 µl paquete	U	20,00	20,00
1	Varilla de agitación	U	1,60	1,60
5	Vasos de precipitación (250mL)	U	2,80	14,00
2	Gradilla plástica	U	1,50	3,00
1	Papel filtro	U	2,80	2,80
1	Limpión industrial	M	3,20	3,20
2	Alcohol antiséptico	L	3,30	6,60
				227,40
Reactivos				
11	Agua destilada	L	0,90	9,90
5	Cloruro Férrico	G	1	5,0
5	Acetato de sodio	G	1	5,0
1	Ácido acético	U	50	50,0
1	Reactivo TPTZ	G	20	20,0
2	Sal de Mohr	G	11	22,0
100	Ácido clorhídrico	Ml	0,12	12,0
5	Carbonato de sodio	G	0,52	2,60
1	Ácido gálico	G	28	28,0
3	Etanol 99.8%	L	4	12,0
4	Sulfato de sodio	G	0,51	2,04
				168,54

Material Bibliográfico y fotocopias				
2	<i>Esferos.</i>	<i>U</i>	<i>0,80</i>	<i>1,60</i>
600	<i>Impresiones.</i>	<i>U</i>	<i>0,05</i>	<i>30</i>
9	<i>Anillado</i>	<i>U</i>	<i>1,25</i>	<i>11,25</i>
600	<i>Computadora</i>	<i>U</i>	<i>0,04</i>	<i>24,00</i>
				<i>66,85</i>
Gastos varios				
650	<i>Internet</i>	<i>Horas</i>	<i>0,11</i>	<i>71,50</i>
40	<i>Trasporte</i>	<i>Días</i>	<i>2,40</i>	<i>96,00</i>
40	<i>Alimentación</i>	<i>Días</i>	<i>3,00</i>	<i>120,00</i>
				<i>287,50</i>
Materia prima				
10	<i>Amaranto</i>	<i>Kg</i>	<i>4</i>	<i>40</i>
				<i>40,0</i>
TOTAL				1,170.29

Elaborado por: Autor (Villamarin; 2023)

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. Conclusiones

- El análisis de la composición química proximal de la semilla de amaranto, evidenció que los porcentajes de carbohidrato es elevada con un 62,51%, el contenido de proteína es de 14,98%, la humedad de 9,75% y en mínima cantidad grasa con un 6,11%, fibra 3,86 y 2,78% de ceniza.
- El valor predicho que arrojó el software Design-Expert para la optimización del aceite de amaranto obtenido por el método de soxhlet, determinó que se obtendría un mejor rendimiento (6,16867%) en un tiempo de 114 minutos con una relación de una parte de material vegetal/ocho partes del disolvente (etanol 100ml y cloroformo 400 ml), con una deseabilidad de 1, esto permite corroborar que el diseño establecido es óptimo, el dato experimental (6,09%) se obtuvo en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi en la Carrera de Agroindustria, al compararlos se puede ver que el predicho tiene mayor rendimiento.
- Los compuestos volátiles del aceite de amaranto fueron determinados a través de la técnica cromatografía de gases líquida (HPLC), encontrando 13 compuestos, 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%), linolenico (1,15%) cis-10- Heptadecanoico (0,98%), alquídico (0,80%), linolenico (0,55%), cis-11- Eicosenoico (0,54%), palmitoleico (0,40%) y cis-5,8,11,14,17- Eicosapentaenoico (0,29%).

- Los fenoles totales presentes en el aceite de amaranto fueron determinados mediante ensayos de laboratorio obteniendo en FRAP (Ferric ion reducing antioxidant Power) 726,20 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ y ABTS (Ácido 2,2 –azinobis (3etilbenzotiazolin) 6sulfónico) 0,34 IC_{50}^4 (mg/mL). Así también el análisis fisicoquímico determinó un índice de yodo 99,12%, índice de peróxidos 2,21 meqO₂/Kg, 0,11 % m/m de ácido oleico y una densidad de 0,8712 g/mL.

13.2. Recomendaciones

- Evaluar el rendimiento de la extracción de aceite de amaranto en varias edades fenológicas de la especie vegetal, con el propósito de obtener un mejor rendimiento y composición química.
- Cosechar la planta en su punto óptimo (Cuando su flor se encuentre seca) para facilitar el trillado y la obtención de la semilla.
- Envasar el aceite en frascos ámbar para evitar que se volatilicen, así también guardarlos en un lugar fresco y oscuro.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abrigo, I., Nirma, N., & Jaramillo, P. (2018). La matriz de consistencia: una metodología de investigación para desarrollar estado del arte para emprendimientos artesanales enfocados en las TIC's. 3(81), 176-185. Obtenido de I: <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n8.1.2018.773>

- Acosta, J., Acosta, G., & Arias, J. (2021). Estandarización del proceso de extracción de aceite de *Mauritia flexuosa* del Guaviare, Colombia. *Dialnet*, 8(2), 1-14. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8739311>
- Alarcón, M., & Ronald, R. (2021). *Estudio y diseño de un sistema de recolección de aceite vegetal usado para el sector comercial y residencial del Norte de la ciudad de Guayaquil. [Tesis- ingeniería Industrial; Universidad Politécnica Salesiana]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21048>
- Álava, J., & Díaz, A. (2018). *Influencia de las características físico-químicas de aceites residuales de restaurantes en la calidad de biodiesel. [Tesis-Medio ambiente; Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/869>
- Angarita, M. (2019). *Obtención de aceite esencial de semilla de durazno por método soxhlet y arrastre de vapor. [Trabajos de grado - Ingeniería Química; Universidad de América]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.11839/7713>
- Anguisaca, E. (2019). *Extracción de seis aceites esenciales: hierba luisa, limón Meyer, menta piperita, flor de naranjo, Pelargonium graveolens y tomillo por arrastre de vapor y su aplicación en la gastronomía. [Tesis de Pregrado; Universidad de Cuenca]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32199>
- Barrales, A., Guevara, L., Espitia, E., González, M., Bernardino, Á., González, L., . . . Acosta, G. (2018). Gametogénesis femenina y desarrollo temprano de semillas en *Amaranthus hypochondriacus* L. *SciELO*, 96(3), 383-394. doi:<https://doi.org/10.17129/botsci.1875>

- Barrón, M., Villanueva, C., García, M., & Colinas, M. (2009). Valor nutricional y contenido de saponinas en germinados de huauzontle (*Chenopodium nuttalliae* Saff.), calabacita (*Cucurbita pepo* L.), canola (*Brassica napus* L.) y amaranto (*Amaranthus leucocarpus* S. Watson syn. *hypoch.* *Scielo*, 15(3), 237-243. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2009000500003&script=sci_abstract&tlng=pt
- Becerra, F. (2020). *Determinación de la temperatura y el tiempo óptimo en el rendimiento de la extracción del aceite de palta fuerte (Persea Americana) por el método Soxhlet. [Título Profesional-Ingeniería Industrial; Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/1224>
- 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>
- 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>
- Bressani, R. (1994). El amaranto y su potencial en la industria alimentaria. *Alimentos hoy*, 7(7), 15-20. Obtenido de <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/180/174>

- Bressani, R. (2020). El amaranto y su potencial en la industria alimentaria. *Alimentoshoy*, 15-19. Obtenido de <https://alimentoshoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/viewFile/180/174>
- Cabrales, G. (2017). *Análisis de genes en dunción desconocida de amaranto de grano que se expresan en múltiples condiciones de estrés. [Tesis- Maestría Biotecnología de Plantas; Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.cinvestav.mx/handle/cinvestav/1582>
- 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. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/112424>
- Carrillo, C., Cavia, d., & Torre, A. (2012). Papel del ácido oleico en el sistema inmune; mecanismo de acción; revisión científica. *Scielo*, 27(4), 978-990. doi:<https://dx.doi.org/10.3305/nh.2012.27.4.5783>
- Carrión, J. (2019). *Industrialización del aceite vegetal de la especie Sacha Inchi (Plukenetia volubilis). [Tesis-Ingeniería Industrial; Universidad Católica de Loja]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/20.500.11962/25114>
- Cefla, K. (2015). *Diseño de una planta para la extracción de aceite vegetal comestible de las semillas de chía (Salvia Hispanical) mediante prensado. [Tesis Agroindustrial*

- (IAGRO); *Escuela Politécnica Nacional*]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10365>
- Cevallos, E. (2021). *Extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos del amaranto (Amaranthus spp.) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante. [Tesis - Maestría en Agroindustrial, Mención Tecnología de Alimentos; Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8125>
- Condori, M., & Palomino, G. (2022). Rendimiento y caracterización fisicoquímica del aceite esencial de cilantro extraído por arrastre de vapor en un equipo modular. *Technological innovations journal*, 1(1), 41-53.
doi:<https://doi.org/10.35622/j.ti.2022.01.003>
- Conislla, R. (2018). *Determinación de las características fisicoquímicas y perfil de aminoácidos de la semilla de atajo (Amaranthus hybridus L.), procedentes de la comunidad de chocorvo provincia de Huaytará – Huancavelica. [Tesis; Universidad Nacional de Huancavelica]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2178>
- Cruz, R., Chavez, S., & Fernández, A. (2021). Actividad antioxidante y ácidos grasos de aceite de semillas de siete frutas nativas de la región Amazonas, Perú. *SciELO*, 32(3), 141-148. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000300141>
- Cubillos, D. (2020). *Adaptación de genotipos de amaranto (amaranthus cruentus y amaranthus hypochondriacus) para producción de granos en la zona central de Chile. [Tesis Postgrado; Universidad de Chile]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/194366>
- Cutti, E. (2019). *Aceites vegetales para reducción de temperatura de mezcla y su efecto en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas tibias para el diseño de la Av. Leoncio*

- Prado Chilca - Huancayo 2019. [Tesis- Ingeniería; Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6968>
- Denda. (s.f.). *Ceite virgen de semilla de amranto* . Obtenido de Mejora tu vida ayudando al planeta : <https://denda.com.mx/products/aceite-virgen-de-semilla-de-amaranto-50ml-jevica#:~:text=Sabor%3A%20Sabor%20intenso%20caracter%C3%ADstico%20a,Densidad%3A%200.920%20a%200.930>
- Díaz, A., Escalante, A., Trinidad, A., Sánchez, P., Mapes, C., & Martínez, D. (2004). Rendimiento, eficiencia agronómica del nitrógeno y eficiencia en el uso del agua en amaranto en. *Redalyc*, 22(1), 109-116. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311208012>
- Díaz, M., Franco, F., Lafargue, F., & Santos , Y. (2018). Epoxidación del aceite vegetal de *Jatropha curcas* L. con ácido peracético. *Tecnología química*, 38(2), 451-457. doi:<https://doi.org/10.1590/2224-6185.2018.2.%25x>
- Dipak, D., Nisar, M., Narender, C., & Sukhcharn, S. (2021). Efecto combinado del tratamiento con pH y el pH de extracción sobre las características fisicoquímicas, funcionales y reológicas de aislados proteicos de semillas de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). *Elsevier*, 353. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129466>
- Durán, S., Torres, J., & Sanhueza, J. (2015). Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: características y propiedades. *Scielo*, 32(1), 11-19. doi:<https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.32.1.8874>.
- Fernández, J. (2018). *Extracción enzimática del aceite de Moringa (Moringa oleífera) con Prensa-Expeller y determinación de su tiempo de vida en anaquel. [Tesis-ingeniero en industrias alimentarias; Universidad Agraria la Molina]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3132>

- Flores, O. (2020). *Extracción de aceite de quinua germinada (Chenopodium quinoa INIAP-TUNKAHUAN) por los métodos de vía húmeda (sólido-líquido) y por solvente (hexano), con pretratamiento de ultrasonido. [Tesis-UIO; Universidad Técnica Equinocial]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/20762>
- Freire, Á. (2018). *Elaboración de jabón líquido con aceite vegetal de Ungurahua (Oenocarpus bataua) y aceites esenciales de hierba luisa (Cymbopogon citratus). [Tesis-Carrera de Ingeniería Agroindustrial; Universidad Estatal Amazónica]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/682>
- García, A. (2019). *Obtención de aceites comestibles a partir de nuevas semillas de girasol enriquecidas en fitoesteroles. [Tesis doctoral; Universidad Pablo Olavide de Sevilla]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10433/7571>
- García, M., Cruz, Y., Gandón, J., & Riera, G. (2020). Diseño de un reactor enchaquetado con agitación mecánica para el tratamiento de aceite vegetal usado. *Scielo*, 40(3), 658-673. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852020000300658&script=sci_arttext&tlng=pt
- 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>
- Gonzales, C. (2012). *Evaluación fisicoquímica y capacidad antioxidante del aceite de amaranto (Amaranthus hypochondriacus) y estabilidad oxidativa de diferentes sistemas de encapsulación. [Tesis-Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos]*

- Universidad Autónoma de Querétaro*]. Repositorio institucional. Obtenido de Universidad Autónoma de Querétaro
- González, L., Moreno, E., Espitia, E., & Ayala, A. (2022). Extracción nutrimental del amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) variedad nutrisol. *Fitotecnia*, 45(3), 313-322. doi:<https://doi.org/10.35196/rfm.2022.3.313>
- Granda, G. (2022). *Rendimiento de dos especies de amaranto (Amaranthus spp.) en asociación con fréjol (Phaseolus sp.) bajo distinto arreglo espacial en el sector La Argelia, de la ciudad de Loja. [Tesis-Ingeniería en Agronomía; Universidad Nacional de Loja]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/24529>
- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4(3), 163-173. doi:[https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Guillén, J. (2016). *Obtención y Caracterización Fisicoquímica Del Aceite de Palta Hass (Persea Americana) extraído por método en frío (Prensado) y caliente (Soxhlet)*. [Tesis; UNS]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14278/2762>
- Gutarra, H., & Vargas, M. (2018). *Diseño de una planta de aceite de palta a partir de la evaluación de tres métodos de extracción. [Tesis-Ingeniería Industrial y Comercial; Universidad San Ignacio de Loyola]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14005/3252>
- Hernández, B., Matías, G., Peña, V., Torres, N., Espinoza, V., & Ramírez, L. (2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto (*Amaranthus* spp.). *Dialnet*, 3(6), 423-436. doi:<https://doi.org/10.19230/jonnpr.2410>

- Huarcaya, F. (2021). *Rendimiento y evaluación de algunas propiedades físicas del aceite esencial obtenida por el método de arrastre con vapor de agua de las hojas de Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis de plantación en la Universidad Nacional de Ucayali*. [Tesis: UNU]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4883>
- Iparraguirre, K. (2019). *Contribución al estudio de la vida útil de los aceites de sachá inchi (Plukenetia huayllabambana y P. volubilis) microencapsulados y su importancia en la industria alimentaria*. [Tesis Ingeniería industrial-tecnología de procesos; Universidad de Lima]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12724/9337>
- Jiménez, L., González, M., Bastidas, M., & Decker, F. (2018). Evaluación del rendimiento de tres sistemas de siembra y dos variedades de amaranto (*Amaranthus quitensis*) y (*Amaranthus hypochondriacus*). *SciELO*, 6(2), 65-75. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2308-38592018000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Jimoh, M., Afolayan, A., & Lewub, B. (2018). Idoneidad de las especies de *Amaranthus* para aliviar las deficiencias dietéticas humanas. *Elsevier*, 115, 65-73. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.01.004>
- Kandel, M., Rijal, T., & Kandel, P. (2021). Evaluación e identificación de genotipos estables y de alto rendimiento para el desarrollo varietal de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en la región montañosa de Nepal. *Investigación agrícola y alimentaria*, 5. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100158>
- Lafont, J., Espitia, A., & Paez, M. (2019). Estudio Físicoquímico del Aceite y Análisis Proximal de la Torta de Semillas Oleaginosas nativas de Córdoba-Colombia. *SciELO*, 30(4), 85-92. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000400085>

- Largo, L., Cui, X., Cui, M., Huang, R., Lia, Y., Lia, Y., . . . Wua, J. (2022). La descontaminación de cadmio y la eliminación del acumulador de cadmio cosechado *Amaranthus hypochondriacus* L. *Quimiosfera*, 286(1).
doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131684>
- Larios, A. (2021). *Producción de amaranto (Amaranthus hypochondriacus) con manejo regenerativo 3M (minerales, materia orgánica y microorganismos) en un suelo de Oaxaca, México. [Tesis-Maestría-Manejo Sostenible de Agroecosistema; Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12371/11774>
- 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
- Mejía, M. (2020). *Estudio de factibilidad técnico-económica para la implementación de transformadores de distribución con aceite vegetal en redes eléctricas situadas en climas cálidos. [Tesis-Posgrados; Universidad de la Costa]*. Repositorio insttucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11323/7071>
- Mendez, O., & Ullón, J. (2020). *Estudio del efecto de los aceites de sachá inchi (Plukenetia huyuallabamba), anjojolí (Sesamum indicum), maní (Arachis hipogaea), en la elaboración de salchicha vegetal tipo "Frankurt. [Tesis de Pregrado - Ingeniería Agroindustrial; UTEQ]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/5185>
- Monroy, D., Martínez, J., Gavi, F., Torres, M., & Hernández, I. (2022). Crecimiento, acumulación y distribución de materia seca en dos variedades de amaranto (

- Amaranthus hypochondriacus y A. cruentus) bajo fertigación. *Scielo*, 23(3), 14-21.
doi:<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i3.1399>
- Muñoz, V. (2020). *Evaluación de la calidad de jabón a partir de aceite vegetal de desecho. [Tesis de Pregrado - Ingeniería Agroindustrial; UTEQ]*. Repositorio institucional.
Obtenido de <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/5189>
- Navarrete, M., Zambrano, S., Zambrano, W., Romero, M., Racines, M., Paredes, E., . . .
Ortega, D. (2020). Evaluación de la eficiencia de tres equipos de extracción de aceite con diferentes genotipos de palma aceitera (*Elaeis sp.*). *INIAP*, 11(2), 21-28. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6018>
- Núñez, A. (2021). *Amaranto y nogal para el teñido de la fibra de alpaca. [Tesis-ingeniería en Industrias Pecuarias; Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15530>
- Ortiz, E., Argumedo, A., García, H., Meza, R., Bernal, R., & Taboada, O. (2020). Rendimiento y volumen de expansión de grano de variedades mejoradas de amaranto para valles altos de Puebla. *Scielo*, 41(3), 291-300.
doi:<https://doi.org/10.35196/rfm.2018.3.291-300>
- Oteri, M., Gresta, F., Costale, A., Lo Presti, V., Meineri, G., & Chiofalo, B. (2021). *Amaranthus hypochondriacus L. como fuente sostenible de nutrientes y compuestos bioactivos para la alimentación animal. Mdpi*, 10(6).
doi:<https://doi.org/10.3390/antiox10060876>
- Palacios, J., Ramón, J., & Saavedra, S. (2018). Análisis del rendimiento en la extracción de aceite de *Jatropha curcas* L. Por los métodos de extracción química y ultrasonido. *Unilibre*, 15(1), 171-179. doi:<https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.1394>
- Ramírez, S., Rodríguez, J., Santos, E., Galán, C., & Tavizón, J. (2023). Clasificación de aceites vegetales comestibles de acuerdo con su degradación. *Pädi Boletín Científico*

de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 11, 1-4.

doi:<https://doi.org/10.29057/icbi.v11iEspecial.10220>

- Ramirez, T. (2018). *Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de aceites y grasas residuales potenciales para la producción de biocombustibles. [Maestría - Ingeniería Ambiental; Universidad de México]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1021/369>
- Rodríguez, M., Tovar, A., del Prado, M., & Torres, N. (2005). Mecanismos moleculares de acción de los ácidos grasos poliinsaturados y sus beneficios en la salud. *Scielo, 57(3)*, 457-472. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-83762005000300010
- Rojas, K. (2019). *Obtención y extracción de aceites vegetales. [Tesis-Licenciatura en educación con especialidad de industria alimentaria y nutrición; Universidad Nacional de Educación]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.une.edu.pe/handle/20.500.14039/3861>
- Romero, A., Escalada, J., Bregliani, M., & Pajares, A. (2016). Utilización de Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC) para determinar consumo de sustrato. *Dialnet, 8(2)*, 52-59. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5619081>
- Ruíz, J., & Vásquez, G. (2018). *Valor biológico de las proteínas de Amaranthus caudatus "kiwicha" de la Región La Libertad, Abril-Mayo 2018. [Tesis-Químico Farmacéutico; Universidad Nacional de Trujillo]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/10654>
- Salido, C. (2022). *Métodos para la determinación de esteroides en aceites vegetales. [Tesis; Universidad de Jaén]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/>

- Sánchez, F. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. *Scielo*, *13*(1), 1-21.
doi:<http://dx.doi.org/10.19083/ridu.2019.644>
- Sánchez, F., Robles, V., Hidalgo, M., & Tsopmo, A. (2020). Caracterización de fracciones proteicas de semillas de *Amaranthus hypochondriacus* y su actividad antioxidante tras hidrólisis con bacterias ácido lácticas. *Ciencia de los cereales*, *95*.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103075>
- Sánchez, M., Fernández, M., & Díaz, J. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Scielo*, *8*(1), 113-128. doi:<https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.400>
- Sangache, M. (2020). *Desarrollo de una bebida funcional sensorial, nutricional aceptable a base de granos de quínoa (Chenopodium quinoa) y hojas de amaranto (Amaranthus hypochondriacus)*. [Tesis - Ingeniería en Ciencias Agropecuarias; Universidad de las Fuerzas Armadas]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/22053>
- Sernaque, W. (2021). *Aprovechamiento de las semillas residuales de frutos utilizados en la agroindustria para la extracción de aceites*. [Tesis-Ingeniería agronomica; Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5075>
- Serrano, D. (2019). *Evaluación del uso y disposición final del aceite vegetal residual proveniente de comedores en General Villamil Playas, Ecuador*. [Tesis - Ingeniería Ambiental; Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/44942>
- Sotelo, R. (2020). *Evaluación del rendimiento del cultivo de amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.) aplicando abonos orgánicos y minerales en Tochimilco, Puebla*,

- México. [Tesis de licenciatura; Universidad Autónoma del Estado de Morelos].
Repositorio institucional. Obtenido de <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/2970>
- Suárez, M. (2018). *Evaluación de la capacidad antioxidante de una crema de mortiño (Vaccinium floribundum Kunth) en la matriz pastelera.* [Tesis-Ingeniería Agroindustrial y de Alimentos; Universidad De Las Américas]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10269>
- Suquillo, C. (2018). *Evaluación del efecto de microgravedad simulada sobre la obtención de germinados de quinua (Chenopodium quinoa Willd) y amaranto (Amaranthus caudatus L.).* [Tesis Agroindustrial (IAGRO); Escuela Politécnica Nacional].
Repositorio institucional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19407>
- Tabio, D., Paraguay, F., Sánchez, M., Quintero, A., Espinoza, J., Meléndez, C., . . . Espitia, E. (2021). Optimización de la extracción asistida por ultrasonido de betalaínas y polifenoles de *Amaranthus hypochondriacus* var. *nutrisol*. *Elsevier*, 77.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105680>
- Toapanta, S., Delgado, A., Santamaría, J., García, E., & Delgado, R. (2022). Optimización del proceso de extracción soxhlet de diente de león (*Taraxacum officinale*) utilizando criterios de diseño de experimentos box-behnken. *ESPOCH*, 28(1), 95-103. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/19026>
- Ugarte, P. (2021). *Extracción de aceite de semillas de Aguaymanto (Physalis peruviana) con prensa - Expeller, caracterización y predicción de su vida en anaquel.* [Tesis-Ingeniería en industrias alimentarias; Universidad Agraria la Molina]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4608>
- Usaquén, M., & Zafra, M. (2018). *Evaluación del proceso de obtención de aceite esencial de semilla de mango a nivel de laboratorio.* [Tesis- Ingeniería Química; Fundación

- Universidad de América*]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.11839/6733>
- Valadez, C., Lugo, O., Morales, J., Delgado, L., Izquierdo, J., & Sánchez, M. (2021). Evaluación fitoquímica, citotóxica y genotóxica del extracto proteico de semillas de *Amaranthus hypochondriacus*. *CyTA-Alimentos*, *19*(1), 701-709.
doi:<https://doi.org/10.1080/19476337.2021.1971771>
- Vargas, K. (2022). *Diseño de un proceso industrial para la elaboración de una barra proteica con soya (Glycine Max) germinada y semillas de zapallo (Cucurbit Max)*. [Tesis-Ingeniería Química; Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17689>
- Vera, D. (2019). *La investigación descriptiva para determinar la concurrencia de estudiantes que comen alimentos en la cafetería universitaria*. [Examen Complexivo Administración de Empresas; UTMACH]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/14832>
- Villada, T. (2019). *Producción de aceites esenciales aromáticos de lavandas en el Valle Calchaqui*. [Tesina- Licenciatura en administración agropecuaria Universidad Católica de Salta]. Repositorio institucional. Obtenido de http://bibliotecas.ucasal.edu.ar/opac_css/index.php?lvl=cmspage&pageid=24&id_noti ce=66255
- Villegas, A., & Martínez, J. (2021). *Evaluación de la disposición final del aceite vegetal usado en el municipio de Yaguará Huila*. [Tesis-Ingeniería Ambiental; Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/40541>

- 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, J., Márquez, H., Miranda, G., & Villasís, M. (2018). Estudios experimentales: diseños de investigación para la evaluación de intervenciones en la clínica. *Scielo*, *65*(2), 178-186. doi:<https://doi.org/10.29262/ram.v65i2.376>

15. ANEXOS**Anexo 1 Hoja de vida del docente tutor****DATOS PERSONALES**

CÉDULA DE CIUDADANÍA	:	0502645435	
FECHA DE NACIMIENTO	:	15/10/1984	
ESTADO CIVIL	:	Casado	
CIUDAD	:	Latacunga	
DOMICILIO	:	La Merced, Quijano y Ordoñez y Juan Abel Echeverría 7-60	
TELÉFONO	:	(03)2802455 / 0999084592	
LUGAR/OCUPACIÓN ACTUAL	:	DOCENTE UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
TELÉFONO	:	0322253162	
CORREO ELECTRÓNICO	:	rojas_orlando1984@hotmail.com	

Anexo 2 Hoja de vida del estudiante

HOJA DE VIDA

1.- DATOS PERSONALES

NOMBRES : JOSUE MICHAEL
 APELLIDOS : VILLAMARIN ALVAREZ
 FECHA DE NACIMIENTO : 20 DE FEBRERO DE 1999
 CEDULA DE CIUDADANÍA : 0503664112
 ESTADO CIVIL : SOLTERO
 DIRECCIÓN : LATACUNGA
 NUMEROS TELÉFONICOS : 0988373115
 CORREO ELECTRONICO : josue.villamarin4112@utc.edu.ec



2.- ESTUDIOS REALIZADOS

EDUCACIÓN SUPERIOR: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI “en curso”

NIVEL SECUNDARIO: COLEGIO “VICENTE LEÓN”

4.-CURSOS REALIZADOS

<i>INSTITUCION</i>	<i>TEMÁTICA</i>	<i>LUGAR</i>	<i>TIEMPO</i>
Taller de Banco Visiónfounf	Emprendimiento y educación financiera	Latacunga	16 horas
Certificado de la Universidad Técnica de Cotopaxi	Desafíos en nuestra región en procesos tecnológicos, desarrollo e innovación, investigación y publicación de artículos científicos.	Latacunga	40 horas
Certificado de la Universidad Técnica de Cotopaxi	Primer seminario nacional de invasión y emprendimiento en tiempos de pandemia y pos pandemia	Latacunga	40 horas
Certificado de la Universidad	Primer congreso internacional multidisciplinario de vinculación con la sociedad “experiencias”,	Latacunga	40 horas

Técnica de Cotopaxi	resultados e impactos de los proyectos de vinculación de la IES		
Certificado de la Universidad Técnica de Cotopaxi	Semana de la difusión del centro de emprendimiento UTC como eje transversal de las funciones sustantivas	Latacunga	24 horas

Anexo 3 *Cosecha del amaranto*



Elaborado por: Autor (Villamarin; 2023)

Anexo 4 *Triturado del amaranto*



Elaborado por: Autor (Villamarin; 2023)

Anexo 5 *Extracción del aceite de amaranto*



Elaborado por: Autor (Villamarin; 2023)

Anexo 6 Certificado de plagio de la tesis presentada por Josué Villamarín



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

TESIS JOSUE VILLAMARIN_2023 (1)

7%
Similitudes



< 1% Texto entre comillas
0% similitudes entre comillas
3% Idioma no reconocido

Nombre del documento: TESIS JOSUE VILLAMARIN_2023 (1).docx
ID del documento: e33680846e1cbb5a145ce56176b5b798fc763bff
Tamaño del documento original: 3,12 MB

Depositante: JAIME ORLANDO ROJAS MOLINA
Fecha de depósito: 16/8/2023
Tipo de carga: interface
Fecha de depósito de análisis: 16/8/2023

Número de palabras: 11.790
Número de caracteres: 77.346

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	dSPACE.UCuenca.edu.ec Extracción de seis aceites esenciales: hierba Luisa, limón ... http://dSPACE.UCuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32199/3/Trabajo de titulación.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (81 palabras)
2	repositorio.unp.edu.ni https://repositorio.unp.edu.ni/474/1/Empleo de software design expert para optimización de fertiliza... 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (84 palabras)
3	Documento de otro usuario #485e54 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (78 palabras)
4	www.scielo.org.mx Mecanismos moleculares de acción de los ácidos grasos omega-3 https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=80034-83762005000300010 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (72 palabras)
5	revistas.sena.edu.co Estandarización del proceso de extracción de aceite de Mau... http://revistas.sena.edu.co/index.php/revista/article/download/3248/estandarizacion-del-proceso-de-...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (67 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	scielo.org.bo http://scielo.org.bo/pdf/ran/v10n2/1683-0789-ran-10-02-246.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)
2	repositorio.uto.edu.ec Evaluación del Efecto de Tres Abonos: Pasto Leche, Guadua... http://repositorio.uto.edu.ec/bitstream/27000/5211/7/PC-000327.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)
3	repositorio.uto.edu.ec http://repositorio.uto.edu.ec/bitstream/27000/7837/1/PC-001077.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)
4	dialnet.unirioja.es https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7581592.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (15 palabras)
6	repositorio.uto.edu.ec Identificación de Diatomeas Epilíticas asociadas a la Gald... http://repositorio.uto.edu.ec/bitstream/27000/7103/6/PC-001038.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)

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

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
*	www.scielo.org.mx https://www.scielo.org.mx/pdf/tp/v23i1405-888X-tp-23-a20200244.pdf	2%		Palabras idénticas: 2% (229 palabras)
*	www.medigraphic.com https://www.medigraphic.com/pdfs/revistasplequibio/cqb-2020/cqb201d.pdf	2%		Palabras idénticas: 2% (229 palabras)
*	www.scielo.org.mx Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos... https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=B1405-888X2020000100103	2%		Palabras idénticas: 2% (229 palabras)
*	www.redalyc.org Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos... https://www.redalyc.org/journal/432/43266574018/43266574018.pdf	2%		Palabras idénticas: 2% (229 palabras)



AVAL DE TRADUCCIÓN

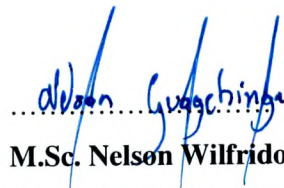
En calidad de Docente del Idioma inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: “EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE AMARANTO (*Amaranthus hypochondriacus*)” presentado por: Villamarin Álvarez Josué Michael de la carrera de Agroindustria, perteneciente a la facultad de **Ciencias Agropecuarias y recursos naturales**, lo realizo bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 23 de agosto de 2023

Atentamente,



M.Sc. Nelson Wilfrido Guagchinga Chicaiza
DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS - UTC
C.I: 0503246415



CENTRO
DE IDIOMAS