



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y CAPACIDAD
ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE ALMORTA (*Lathyrus sativus*)”**

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

Autoras:

Calero Tigmaasa Jessica Adriana
Pacheco Espinoza Jenifer Daniela

Tutor:

Rojas Molina Jaime Orlando

LATACUNGA – ECUADOR

Febrero 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Calero Tigmasa Jessica Adriana, con cédula de ciudadanía No. 0550197487 y Pacheco Espinoza Jenifer Daniela, con cédula de ciudadanía No. 1750058271, declaramos ser autores del presente Proyecto de Investigación: “**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE ALMORTA (*Lathyrus sativus*)**”, siendo el Quim. Jaime Orlando Rojas Molina, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 20 de febrero del 2024



Jessica Adriana Calero Tigmasa
C.C: 0550197487
ESTUDIANTE



Jenifer Daniela Pacheco Espinoza
C.C: 1750058271
ESTUDIANTE

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 **CALERO TIGMASA JESSICA ADRIANA**, identificada con cédula de ciudadanía **0550197487** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado "**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE ALMORTA (*Lathyrus sativus*)**", 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 2019 – Marzo 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2023 – Febrero 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de noviembre del 2023

Tutor: Quim. Jaime Orlando Rojas Molina MSc.

Tema: "**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE ALMORTA (*Lathyrus sativus*)**"

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

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

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

- a. La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b. La publicación del trabajo de grado.
- c. La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d. La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e. Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 16 días del mes de febrero del 2024.



Jessica Adriana Calero Tigmasa
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **PACHECO ESPINOZA JENIFER DANIELA**, identificada con cédula de ciudadanía **1750058271** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE ALMORTA (*Lathyrus sativus*)”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Inicio de la carrera: Octubre 2019 – Marzo 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2023 – Febrero 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de noviembre del 2023

Tutor: Quím. Jaime Orlando Rojas Molina MSc.

Tema: **“CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE ALMORTA (*Lathyrus sativus*)”**

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

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

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

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

i. La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

j. Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

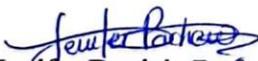
CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 16 días del mes de febrero del 2024.


Jenifer Daniela Pacheco Espinoza
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE ALMORTA (*Lathyrus sativus*)”, de Calero Tigma Jessica Adriana y Pacheco Espinoza Jenifer Daniela, de la carrera de Agroindustria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 20 de febrero del 2024

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a blue oval. The signature is stylized and appears to read 'Jaime Rojas'.

Quim. Jaime Orlando Rojas Molina MSc.

C.C: 0502645435

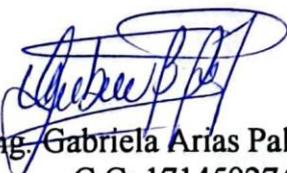
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

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: Calero Tigmasa Jessica Adriana y Pacheco Espinoza Jenifer Daniela , con el título del Proyecto de Investigación: **“CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE ALMORTA (*Lathyrus sativus*)”**, 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 grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 20 de febrero del 2024


Ing. Gabriela Arias Palma, Mg.
C.C: 1714592746
LECTOR 1 (PRESIDENTE)


Ing. Ana Maricela Travez Castellano, Mg
C.C: 0502270937
LECTOR 2(MIEMBRO)


Ing. Nancy Fabiola Moreano Terán, Mg
C.C: 0503352122
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de este trabajo de investigación.

En primer lugar, agradezco a mi tutor Quim. Orlando Rojas, por su orientación experta, su paciencia y su dedicación. Su guía ha sido invaluable en cada etapa de este proyecto, y su conocimiento ha dejado una marca duradera en mi formación académica.

Agradezco también a Universidad Técnica de Cotopaxi por proporcionar los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación. Su compromiso con la excelencia académica ha sido fundamental para el desarrollo de este proyecto.

Finalmente, agradezco infinitamente a mis padres, Norma Tigmasa y Marco Calero, por su amor incondicional, su sacrificio y su inspiración constante. Este logro es también suyo.

Gracias a todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a este proyecto. Su influencia ha dejado una marca indeleble en mi viaje académico y personal.

Jessica Adriana Calero Tigmasa

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, expreso mi gratitud a Dios, cuya infinita misericordia me ha otorgado sabiduría y me ha guiado en mi camino. En segundo lugar, extiendo mi agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a la Carrera de Agroindustria, que ha sido lacuna de mi crecimiento profesional.

Quiero destacar especialmente al Quim, Mg. Jaime Orlando Rojas Molina, cuyo apoyo inquebrantable ha sido fundamental para la exitosa culminación de esta investigación. También quiero dedicar un reconocimiento especial a mi familia, quienes han sido el pilar fundamental en mi vida, brindándome apoyo y entrega constante a lo largo de todo este trayecto. Agradezco profundamente.

Jenifer Daniela Pacheco Espinoza

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a quienes han sido mi fuente de inspiración y apoyo incondicional a lo largo de este viaje académico.

A mis padres, Norma Tigmasa y Marco Calero, cuyo amor, paciencia y sacrificios han sido la base de mi educación. A mis hermanos Dayana y Jhostin Gracias por ser mi constante motivación y por creer en mí incluso en los momentos más desafiantes.

A mis profesores y mentores, por su guía sabia y enseñanzas valiosas que han contribuido al desarrollo de mi conocimiento y habilidades.

A mis amigos y seres queridos, quienes han compartido alegrías y desafíos a lo largo de esta travesía. Su compañía ha hecho que este viaje sea memorable.

Este logro es el resultado del esfuerzo colectivo de quienes han dejado su huella en mi vida. Les dedico este trabajo con gratitud y cariño.

Jessica Adriana Calero Tigmasa

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a Dios y a mis padres, Wilson Pacheco y Enriqueta Espinoza, así como a mis abuelos Hugo Pacheco y Ester Herrera, quienes, aunque ya no están físicamente, continúan siendo mi inspiración para no rendirme y seguir avanzando.

Ellos han sido pilares fundamentales en mi vida, junto con mi hermana Tamara, quien ha estado incondicionalmente a mi lado, brindándome constante apoyo y motivación para seguir adelante.

La tenacidad y la incansable lucha que han demostrado se convierten en un ejemplo sobresaliente, no solo para mí, sino para toda mi familia. Este proyecto está dedicado a ellos, ya que, sin su influencia y apoyo, no habría logrado lo que he alcanzado hasta ahora.

Jenifer Daniela Pacheco Espinoza

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
TÍTULO: “CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y CAPACIDAD
ANTIOXIDANTE DE ACEITE DE ALMORTA (*Lathyrus sativus*)”.

Autores:

Calero Tigmasa Jessica Adriana

Pacheco Espinoza Jenifer Daniela

RESUMEN

El propósito de este proyecto de investigación fue evaluar la composición química y la capacidad antioxidante del aceite de almorta (*Lathyrus sativus*). Para optimizar el proceso de extracción, se implementó un diseño experimental de superficie de respuesta, que consistió en 11 corridas experimentales con distintos tiempos de extracción (60 min, 90 min, 120 min) y relaciones de material vegetal mezclado con etanol y cloroformo (1:4, 1:6, 1:8). El análisis de la composición química de las semillas reveló que contienen un alto porcentaje de extracto libre de nitrógeno (47,65 %), proteína (28,01 %), humedad (10,92 %). Además, se encontró un porcentaje de grasa (1,72 %), fibra (9,38 %) y ceniza (2,32 %).

El rendimiento óptimo de la extracción fue de 1,71 %, lo que alcanzó en un tiempo de 114 minutos con una relación de 1:8 de material vegetal y agua, con una deseabilidad de 0,970. El valor experimental fue ligeramente superior, con un rendimiento del 1,73 %, indicando que las condiciones experimentales superaron al pronóstico y son muy favorables para la investigación. Los análisis cromatográficos identificaron cinco compuestos, siendo el linoleico (55,05 %) el más predominante. La cuantificación de los fenoles totales fue de 232,11 $\mu\text{mol Fe}^{+2}/\text{g}$ mediante el método FRAP y de 0,20 IC_{50}^4 (mg/ml) mediante el método ABTS. Los análisis físicos y químicos indicaron un índice de peróxidos de 2,14 meqO₂/Kg, índice de yodo de 85,12, acidez (Ácido Oleico) del 0,15 % m/m, densidad de 0,8412 g/mL así como también la cantidad de escualeno del 2,11 %. El aceite extraído se almacenó adecuadamente a 4 °C en un recipiente ámbar en un entorno oscuro y fresco. Dado su contenido, este aceite presenta un gran potencial para diversas aplicaciones en la industria de alimentos funcionales y cosméticos.

Palabras clave: Extracción, soxhlet, rendimiento, antioxidante, almorta.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

**THEME: "PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERIZATION AND
ANTIOXIDANT CAPACITY OF ALMORTA OIL (*Lathyrus sativus*)".**

Author:

Calero Tigmasa Jessica Adriana
Pacheco Espinoza Jenifer Daniela

ABSTRACT

The purpose this research project was to assess the chemical composition and antioxidant capacity from almorta oil (*Lathyrus sativus*). For optimizing the extraction process, it was implemented a response surface experimental design, what consisted 11 experimental runs with distinct extraction times (60 min, 90 min, 120 min) and vegetal material relations mixed with ethanol and chloroform (1 :4, 1:6, 1:8). The seeds chemical composition analysis revealed, what they contain a high percentage of nitrogen-free extract (47,65 %), protein (28,01 %), moisture (10,92 %). Further, it was found a fat percentage (1,72 %), fiber (9,38 %) and ash (2,32 %). The optimal extraction yield was 1,71 %, which was reached in a time 114 minutes with a ratio of 1:8 plant material and water, with a desirability 0,970. The experimental value was slightly higher, with a yield 1,73 %, indicating, which the experimental conditions exceeded the forecast and are very favorable for research. Chromatographic analyzes identified five compounds, being with linoleic acid (55,05 %) the most predominant. The total phenols quantification was 232.11 $\mu\text{mol Fe}^{+2}/\text{g}$, through the FRAP method and 0,20 IC_{50}^4 (mg/ml) through the ABTS method. The physical and chemical analyzes indicated a peroxide value 2,14 meqO_2/Kg , iodine value 85,12, acidity (Oleic Acid) 0,15 % m/m, density 0.8412 g/mL, as well as also the squalene amount 2,11 %. The extracted oil was properly stored at 4 °C in an amber container in a dark and cool environment. Given its content, this oil presents great potential for diverse applications in the functional foods and cosmetics industry.

Keywords: Extraction, soxhlet, yield, antioxidant, almorta.

INDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	v
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	viii
AGRADECIMIENTO	ix
DEDICATORIA	xi
DEDICATORIA.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	1
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
3.1. Beneficiarios directos	3
3.2. Beneficiarios indirectos.....	3
4. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
5. OBJETIVOS	4
5.1. Objetivo general	4
5.2. Objetivos específicos	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	6
7.1. Antecedentes.....	6

7.2. Fundamentación teórica	9
7.2.1. Almorta	9
7.2.2. Características generales	9
7.2.3. Clasificación taxonómica	11
7.2.4. Usos.....	11
7.2.5. Valor nutricional.....	11
7.2.6. Ácidos grasos de la semilla	14
7.2.7. Antioxidantes.....	15
7.2.8. Aceites no esenciales	15
7.2.9. Métodos para la extracción de ácidos grasos	16
7.2.10. Técnicas para la identificación y análisis de ácidos grasos	16
7.3. Marco conceptual	17
8. VALIDACIÓN DE HIPOTESIS	18
9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	19
9.1. Tipos de investigación	19
9.1.1. Investigación bibliográfica.....	19
9.1.2. Investigación cuantitativa.....	19
9.1.3. Investigación descriptiva.....	20
9.1.4. Investigación experimental.....	20
9.2. Técnicas de la investigación.....	20
9.3. Materiales	21
9.3.1. Materiales de laboratorio	21
9.3.2. Equipos.....	21
9.3.3. Reactivos	21
9.3.4. Materia prima	22

9.4. Procedimiento.....	22
9.4.1. Determinación de parámetros fisicoquímicos de la semilla de almorta.....	22
9.4.2. Extracción de aceite de almorta por medio del método de soxhlet.....	28
9.4.3. Determinación del perfil de ácidos grasos del aceite de almorta a través de la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)	30
9.4.4. Determinación de la capacidad antioxidante.....	30
9.4.5. Diagrama de flujo de la extracción del aceite de almorta	31
9.4.6. Diseño experimental	31
10. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	34
10.1. Determinación de composición física y química de la semilla de almorta	34
10.2. Optimización del proceso de extracción de aceite de almorta (<i>Lathyrus sativus</i>), mediante metodología de Soxhlet.....	35
10.3. Rendimiento	36
10.4. Optimización numérica del proceso de extracción del aceite de almorta	38
10.5. Determinación del perfil de ácidos grasos del aceite de almorta a través de la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)	40
10.6. Determinación de capacidad antioxidante.....	41
10.6.1. Parámetros físicos y químicos del aceite de almorta	43
11. IMPACTOS	44
11.1. Impacto técnico.....	44
11.2. Impacto social.....	45
11.3. Impacto ambiental.....	45
12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO	45
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
13.1. Conclusiones.....	47
13.2. Recomendaciones	48

14. BIBLIOGRAFIA	49
------------------------	----

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de la almorta	10
Tabla 2. Valor nutricional de la Almorta.....	12
Tabla 3. Descripción del diseño de superficie respuesta	32
Tabla 4. Variables evaluadas en el modelo matemático cuadrático.....	33
Tabla 5. Matriz experimental para la extracción del aceite de almorta.....	33
Tabla 6. Composición física y química de la variedad de almorta (<i>Lathyrus Sativus</i>)	34
Tabla 7. Matriz experimental para la extracción del aceite de almorta.....	35
Tabla 8. Parámetros del modelo codificado para el rendimiento.....	37
Tabla 9. Predicción de la optimización para la extracción del aceite de almorta	39
Tabla 10. Valores predichos y experimentales del rendimiento (%), obtenidos con las restricciones del proceso de optimización	39
Tabla 11. Composición de ácidos grasos del aceite de la almorta optimizado.....	40
Tabla 12. Determinación de capacidad antioxidante del aceite de almorta.....	42
Tabla 13. Parámetros físicos y químicos del aceite de almorta	43
Tabla 14. Presupuesto de investigación	45

INDICE DE GRAFICOS

Grafica 1. Relación de los factores en el rendimiento	38
Grafica 2. Optimización numérica para el rendimiento del aceite de almorta	39

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Preparación de muestra para extracción de grasa.....	23
Figura 2. Evaporación de solvente.....	23
Figura 3. Obtención de grasa.....	24
Figura 4. Humedad	26
Figura 5. Ceniza.....	27
Figura 6. Metodología de soxhlet, preparación de muestra	29
Figura 7. Extracción de muestra.....	29

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título

Caracterización física, química y capacidad antioxidante del aceite de almorta (*Lathyrus sativus*)

Lugar de ejecución

Salache-Latacunga

Institución, Facultad Académica y Carrera que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad académica

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia

Carrera de Agroindustria

Áreas del conocimiento

Industria, producción y construcción

Línea de investigación

Procesos industriales, desarrollo y seguridad alimentaria

Proyecto de investigación asociado

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

Tutor de investigación

Quim. Jaime Orlando Rojas Molina MSc.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La almorta, conocida científicamente como *Lathyrus sativus*, es una legumbre con un valor nutricional alto ya que es una fuente notable de proteínas, lo que la hace valiosa tanto en la alimentación humana como animal, además contiene carbohidratos complejos, incluyendo el almidón, que proporcionan energía sostenida, en su aporte nutricional se puede encontrar minerales

esenciales, vitaminas y una cantidad moderada de grasa convirtiéndolo así en una fuente de ácidos grasos esenciales (Carita & Cid,2014).

Los ácidos grasos son componentes esenciales de las grasas y aceites que se encuentran en las semillas de diversas plantas, estos ácidos grasos cumplen varias funciones importantes en el organismo. Algunas de las funciones generales de los ácidos grasos son, una fuente de energía, así como también algunos de estos participan en el proceso de la regulación del metabolismo como también ayudan en el transporte de vitaminas liposolubles (como las vitaminas A, D, E y K), cabe mencionar que la composición específica de los ácidos grasos en las semillas puede variar de acuerdo a la especie a la que pertenezca la semilla y a su composición química (Aires et al., 2005).

. En 1925, la superficie cultivada en España alcanzaba las 250.000 hectáreas, sin embargo, en la actualidad, esta superficie cultivada es mínima. Las almortas o habichuelas son utilizadas en todo el mundo tanto para consumo humano como animal, siendo una fuente significativa de proteínas dentro de la alimentación de varios países de África, Asia y Sudamérica (Rodríguez, 2012).

En el Ecuador, la almorta o también conocida como habilla es una planta que se adapta perfectamente a diferentes condiciones climáticas, ha sido cultivada en tiempos antiguos con importante aporte a la alimentación de animales utilizándola como forraje, así como también con aporte en la alimentación humana; pero en la actualidad este cultivo prácticamente está desapareciendo (Betancourt,2017).

Este trabajo de investigación tiene como finalidad extraer el aceite de almorta y analizar su composición física, química y capacidad antioxidante con el propósito de conocer las propiedades benéficas de los ácidos grasos esenciales. Además, incrementar la producción de aceites de manera eficiente en términos de energía y costos operativos, utilizando nuevas técnicas de procesamiento que puedan contribuir a maximizar el valor nutricional mientras se minimizan los riesgos potenciales para la salud, presentando así una alternativa viable como aditivo natural en la industria alimentaria.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1. Beneficiarios directos

Los beneficiarios indirectos serán las personas del sector agrícola y de la industria involucrados en la producción de almorta, así como a los diferentes consumidores que adquieran el aceite derivado de esta leguminosa (*Lathyrus sativus*).

3.2. Beneficiarios indirectos

Los principales beneficiarios directos son el equipo de trabajo y los profesores de la Carrera de Agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi, quienes lideran la ejecución del proyecto de investigación. Este grupo desempeña un papel fundamental al proporcionar nuevas alternativas agrícolas y promover la industrialización de nuevos productos en alimentos funcionales y cosméticos.

4. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

La falta de información acerca del valor nutricional y las propiedades benéficas de algunos cereales o leguminosas ha llevado al consumo de un reducido conjunto de alimentos, lo que podría conducir a deficiencias nutricionales en algunos grupos de la población. La almorta (*Lathyrus sativus*) es una planta leguminosa que posee un alto valor nutricional que ha ido perdiendo popularidad en su consumo en los últimos años, debido a que no existen estudios de nuevas formas de aprovechamiento de esta leguminosa.

En la actualidad el uso de la almorta en la dieta de la población ha ido desapareciendo por la falta de conocimiento de los valores nutricionales que esta posee y la introducción de nuevas costumbres alimenticias, esto hace que los cultivos de la almorta ya no se realicen con frecuencia y por ende no existan alternativas de aprovechamiento. Durante siglos, las leguminosas han sido fundamentales en la dieta humana, ya que las legumbres desempeñan un papel esencial en la promoción de una alimentación saludable, en la producción sostenible de alimentos y especialmente, en la seguridad alimentaria (FAO, 2016)

Los aceites insaturados utilizados comúnmente provienen principalmente de origen vegetal muy pocos son aquellos que tienen origen animal, entre estos el aceite de oliva y canola que en el mercado son costosos. El desconocimiento de las propiedades químicas y físicas del aceite de almorta, hace que no sea empleado en la alimentación y nutrición de algunos grupos vulnerables.

La almorta, al igual que otras legumbres, es una fuente relativamente baja en grasas en comparación con otros alimentos. Sin embargo, la grasa que contienen es principalmente insaturada, lo que es muy beneficioso para la salud. La almorta contiene principalmente ácidos grasos poliinsaturados y monoinsaturados, dando así un gran aporte a la salud cardiovascular ayudando a reducir los niveles de colesterol malo. Esta falta de información puede llevar a la exclusión de la almorta en la dieta diaria, limitando así la diversidad nutricional y la ingestión de aminoácidos esenciales.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Evaluar la composición física, química y la actividad antioxidante del aceite de almorta (*Lathyrus sativus*)

5.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas y químicas de la semilla de almorta (*Lathyrus sativus*).
- Optimizar el proceso de obtención de aceite de almorta, mediante la metodología de Soxhlet.
- Establecer el perfil de ácidos grasos del aceite de almorta, mediante el uso de cromatografía líquida HPLC.
- Evaluar la capacidad antioxidante del aceite de almorta, mediante los métodos FRAP y ABTS.

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

OBJETIVO	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Determinar las propiedades físicas y químicas de la semilla de almorta (<i>Lathyrus sativus</i>).	<ul style="list-style-type: none"> • Selección del material vegetal • Limpieza de la semilla • Molienda de la semilla • Realizar análisis físicos y químicos de la harina de la semilla de almorta 	Realizar un muestreo y aplicar análisis físicos y químicos: <ul style="list-style-type: none"> • Humedad • Cenizas • Grasa • Carbohidratos • Proteína 	Porcentajes de los parámetros físicos y químicos de la semilla (Tabla 6).
Optimizar el proceso de obtención del aceite de almorta mediante la técnica de Soxhlet.	Extracción del aceite de almorta	Método soxhlet <ul style="list-style-type: none"> • Tomar una muestra de la almorta molida • Ubicar dentro de un dedal de papel filtro y ubicar en el extractor Soxhlet, con el disolvente. 	Muestra del aceite extraído variando el tiempo de extracción y la relación de materia prima y disolvente (Tabla 4) y (Figura 6).
Establecer el perfil de ácidos grasos del aceite de almorta mediante el uso de	Determinación del perfil de ácidos grasos del aceite mediante la	Separación y cuantificación de componentes de una muestra fundamentada en una fase sólida	Composición porcentual de ácidos grasos presentes en el aceite de almorta

cromatografía líquida HPLC.	cromatografía líquida.	estacionaria y una fase líquida móvil.	(Tabla 11) y (Anexo 1).
Evaluar la capacidad antioxidante del aceite de almorta mediante los métodos FRAP y ABTS.	Análisis de la capacidad antioxidante del aceite utilizando el método de FRAP y ABTS.	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación de la solución reactiva FRAP y ABTS Radical Cation. • Preparación de la muestra • Reacción y lectura Estándares de trolox como referencia. 	Efectividad oxidante del aceite de almorta (Tabla 12).

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. Antecedentes

Al momento de realizar la investigación bibliográfica se verifica que no existen en la actualidad estudios directamente relacionados con evaluar la composición física, química y la actividad antioxidante del aceite de almorta los antecedentes relacionados con el objeto de estudio han sido tomados en cuenta para trazar el historial de los métodos utilizados para definir la evaluación y composición física química.

Según lo señala Ancasi, (2022) en la investigación “Extracción de aceite de la semilla de retama (*Retama Sphaerocarpa L.*) por el método soxhlet y caracterización fisicoquímica” esta se basa en la extracción de aceite de retama (*Retama sphaerocarpa L.*) en el método Soxhlet en la zona de Acobamba. Se utilizaron semillas de retama, trituradas y tamizadas, y el método soxhlet con hexano. Los resultados del análisis fisicoquímico del aceite revelaron valores como 67,40 g/100 g para el índice de yodo, 3,06 mEq/kg de muestra para el índice de peróxidos, un contenido de aceite del 40,00 %, una refracción de 1,49 (25 °C), una densidad específica de 0,87 g/ml, una densidad de acidez de 0,34 mg/KOH/g y un rendimiento del 37,9 %. Se concluye que las propiedades fisicoquímicas del aceite crudo de retama se sitúan fuera de los límites permitidos por el Codex Alimentarius.

Como afirma Arslan, et al., (2023) en su trabajo de investigación “Diversidad de contenidos de ácidos grasos y ácidos orgánicos en genotipos mutantes de guisante (*Lathyrus sativus L.*)” donde se demuestra que la almorta se ha convertido en una cultura popular y ventajosa por su resistencia a estreses bióticos, estos guisantes se encuentran en poblaciones inducidas y se investigaron en términos de ácidos grasos y ácidos orgánicos mediante GC-MS y UPLC-MS/MS. Los principales componentes de los ácidos grasos en cuarenta genotipos mutantes fueron el ácido heptadecanoico, esteárico, oleico, linoleico y α -linolénico. Los valores más altos de los ácidos grasos saturados se determinaron en GPM 5, GPM 20, GPM 34. En comparación con el cultivar de control, los valores máximos de GPM 21, GPM 5, y GPM 33 fueron superiores en PUFA y AGPI. Los valores más bajos de ácido succínico, láctico, oxálico, cítrico y tartárico se encuentran en GPM 9, GPM 37 y GPM 11.

Según Angarita, (2019) en el diseño experimental del trabajo titulado “Obtención de aceite no esencial de semilla de durazno por método soxhlet y arrastre de vapor” donde se trabajó la obtención del aceite mediante los métodos anteriormente señalados donde las variables del proceso fueron el tamaño de la partícula, el tipo de solvente, y el tiempo de extracción, en el estudio, se evaluó el rendimiento como variable de respuesta, utilizando una proporción de sólido a líquido de 1:4 y temperaturas de extracción de 50-60 °C para n-Hexano y 60-70 °C para etanol. Los resultados indicaron que los porcentajes de rendimiento más destacados obtenidos mediante el método Soxhlet fueron del 54 % y del 16,80 %, respectivamente. utilizando n-Hexano y Etanol respectivamente concluyendo que el método Soxhlet es el más indicado para poder realizar la extracción de manera que resulte el mismo con los parámetros requeridos para su comercialización.

Como muestra Ponce, (2019) en su estudio química, “Características funcionales y capacidad antioxidante de formulaciones de garbanzo (*Cicer arietinum L.*)” El estudio analiza la composición química, propiedades funcionales y capacidad antioxidante de formaciones de garbanzo sujetas a tratamientos térmicos, identificando su potencial en el desarrollo de nuevos productos como harina de garbanzo, grano crudo y cocido. Las evaluaciones abarcaron pH, aw, composición química, capacidad de absorción, retención de agua, emulsificación, espumado, estabilidad de la espuma y capacidad antioxidante. Se observó que, aunque el aw permaneció constante en el grano cocido, el contenido de humedad ($p < 0.05$) se vio afectado, limitando su uso, y los niveles de proteína, fibra y grasa disminuyeron ligeramente debido al tratamiento térmico.

La capacidad de absorción, retención de agua, gelificación aumentó con los tratamientos térmicos, la estabilidad de la espuma y la capacidad de emulsificación disminuyeron. La capacidad antioxidante de los extractos (fenoles totales, DPPH y TEAC) no se afectó significativamente por los tratamientos térmicos en la harina, pero en grano cocido la capacidad antioxidante fue menor ($p < 0.05$), por su contenido mayor de humedad concluye que harina de garbanzo cocido tiene una gran cantidad de proteínas, carbohidratos, minerales, vitaminas, ácidos grasos lo que permite entender que el tratamiento térmico puede ser la vía para la obtención de aceites que permitan aprovechar los beneficios de los ácidos grasos (Ponce, 2019).

Bajo lo señalado por Sánchez, (2018) en el estudio de “Caracterización física, nutricional de las semillas de Inga paterno extracto etéreo de las semillas obtenidas por extracción sólido-líquido en Soxhlet” se calculó la composición de ácidos grasos presentes donde el ácido palmítico se encuentra en mayor proporción en el aceite de ambas semillas, el ácido linoléico (LA), el ácido graso esencial principal es el de la familia ω -6, el ácido esteárico, el ácido 7-octadecanoico, el ácido α -linolénico (ALA), el ácido oleico, el ácido araquídico y el ácido aguado (AGA) se determinó que el aceite extraído de las semillas de Inga paterno presentó una proporción similar al del aceite de palma lo que permite entender que al utilizar métodos como el soxhlet se puede obtener aceites con un gran aporte de nutrientes.

Teniendo en cuenta Santiago, (2023) en su investigación “Propiedades nutricionales y funcionales de la lenteja (*Lens culinaris*), almorta (*Lathyrus sativus*) y garbanzo (*Cicer arietinum*) como alternativa en la alimentación animal” se muestra la composición físicas y química de la semillas de estas leguminosas donde se determina que su composición física es similar a lentejas pero alargadas y aplanadas, con variedades de color marrón, negro o verde su composición química con una contenido proteico del 30-35 % en peso seco, carbohidratos 55-60 %, las grasas menos del 2 %. Finalmente, la fibra dietética 10-15 % el análisis concluye que las legumbres estudiadas, especialmente la almorta, presentan propiedades nutricionales y funcionales adecuadas para su incorporación en la alimentación animal, siendo comparables a los valores informados para la harina de soya. Esto sugiere que la almorta podría considerarse como un posible sustituto en la alimentación animal.

7.2. Fundamentación teórica

7.2.1. Almorta

El guisante forrajero o almorta es una planta neolítica resistente a cambios climáticos y alimento de supervivencia durante hambrunas provocadas por la sequía, ha sobrevivido a milenios de cultivo y se ha extendido por tres continentes. Su resistente sistema radicular penetrante permite cultivar en diversos tipos de suelo, incluyendo marginales (Kosev & Vaileva, 2019).

La almorta, adaptada a las condiciones agroclimáticas mediterráneas, ha demostrado su productividad en estas zonas. A pesar de ello, al igual que otras leguminosas-grano, ha experimentado una notable reducción en su cultivo. A nivel mundial, las almortas son utilizadas tanto para el consumo humano como animal, resaltando su papel crucial como una fuente importante de proteínas en la alimentación de diversas poblaciones en países de África, Asia y Sudamérica (Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria, 2021).

7.2.2. Características generales

La almorta es una leguminosa de la familia Fabaceae que tiene una buena resistencia a los periodos secos esta se adecua perfectamente a los climas cálidos oscilados entre 24 y 30 C°, esto genera un alto rendimiento de nitrógeno con una potencial calidad de proteínas y carbohidratos la mayoría de sus cultivos están asignados al consumo tanto de los seres humanos, así como al ganado (Malo, 2021).

Según García et al., (2010) es una planta bastante ramificada que se escala de forma desordenada además es una especie herbácea anual con una raíz pivotante bastante desarrollada y recubierta por pequeñas raíces cilíndricas con nódulos ramificados apiñados y densos en la tabla 1 se pueden encontrar sus características.

Tabla 1. *Características de la almorta*

Parte	Características
<p data-bbox="435 359 509 386">Tallos</p> 	<p data-bbox="753 359 854 386">Delgados</p> <p data-bbox="753 401 984 428">25-60 cm de longitud</p> <p data-bbox="753 443 919 470">Cuadrangulares</p> <p data-bbox="753 485 980 512">Estípulas prominente</p> <p data-bbox="753 527 878 554">Ápice basal</p>
<p data-bbox="435 638 509 665">Hojas</p> 	<p data-bbox="753 638 943 665">Opuesta Pinnadas</p> <p data-bbox="753 680 1365 707">Uno o dos pares de hojas lineares lanceoladas 5-7.5x1 cm</p> <p data-bbox="753 722 911 749">Zarcillo simple</p> <p data-bbox="753 764 927 791">Sésiles cuneadas</p> <p data-bbox="753 806 1135 833">Base acuminada en la parte superior</p>
<p data-bbox="435 911 509 938">Flores</p> 	<p data-bbox="753 911 842 938">Axilares</p> <p data-bbox="753 953 951 980">1.5 cm de longitud</p> <p data-bbox="753 995 1284 1022">Colores azul brillante, rojo, púrpura, rosa o blanco</p> <p data-bbox="753 1037 992 1064">Vainas oblongas plana</p> <p data-bbox="753 1079 1317 1106">Germinación hipogea, el epicotíleo purpúreo verdoso</p> <p data-bbox="753 1121 1378 1148">Primeras hojas pequeña con escama fusionada en estípulas.</p> <p data-bbox="753 1163 1321 1190">Segundas hojas sub lateral, conectada a la base con la</p> <p data-bbox="753 1205 842 1232">estípula.</p>
<p data-bbox="435 1278 509 1306">Semilla</p> 	<p data-bbox="753 1278 878 1306">Semilla lisa</p> <p data-bbox="753 1320 1216 1348">Heterogénea según la ubicación en la vaina</p> <p data-bbox="753 1362 951 1390">Sub cara irregular.</p> <p data-bbox="753 1404 1008 1432">Aplanadas en extremos.</p> <p data-bbox="753 1446 1395 1667">Forma triangular en sección transversal, con colores que pueden variar entre blanco, crema, verde, marrón, azulado, morado, pardo, grisáceo o negro. Presenta jaspeados o moteados en tonos marrones o negros, junto con un pequeño hilo en el borde más ancho.</p>

Fuente: (García et al, 2010)

7.2.3. *Clasificación taxonómica*

Según la revista INaturalistEc, (2023) define la taxonomía de la especie de almorta que se encuentra en el país es la siguiente:

División: Magnolioliophyta

Reino: Plantea

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Faceae

Subfamilia: Faboideae

Tribu: Vicieae

Género: *Lathyrus*

Especie: *Lathyrus sativus l.*

Denominaciones habituales: Habichuela, habillas, chícharo, guisante, alverja, arveja, arvejón, almorta, guija, muela, tito.

7.2.4. *Usos*

Como menciona Gotor & Marraccini, (2021) la almorta se basa en su cultivo en la producción de grano el cual es consumido de forma más habitual en los sectores rurales en gran parte para la alimentación y en menores cantidades para la alimentación del ganado en el Ecuador se preparan platos y su harina se incorpora en la elaboración de coladas. Asimismo, es factible emplear la planta como forraje, y se ha documentado que es viable asociarla mediante la intercalación con maíz, logrando una producción de 7 a 10 mil kg/h de materia verde, sin impactar el rendimiento del maíz (Mozafarpour & Koocheki, 2023).

El consumo de almorta se recomienda de manera esporádica, siguiendo la pauta de otras leguminosas alimenticias, debido a la presencia de un aminoácido neurotóxico conocido como ácido β -N-oxalil- α , β -di amino-propiónico (ODAP), que presenta similitudes con el compuesto natural L-glutámico (Mozafarpour & Koocheki, 2023).

7.2.5. *Valor nutricional*

El valor nutricional de la almorta es superior al de otras leguminosas así se puede señalar que comparado con la arveja es mayor en un 27 % cabe recalcar que la planta cuando se encuentra

en forraje seco presenta un 32 % de proteína; esta proteína está compuesta de albúminas (14 %), globulinas (66 %), glutaminas (15 %) y prolaminas (5 %), pero no posee como otras leguminosas alimenticias metionina y cistina (Montes & Méndez, 2023).

Una mayor cantidad cerca de 60 % del grano son carbohidratos, de los cuales alrededor del 75 % es almidón, constituido de un 30 % de amilosa y 70 % por amilopectina. Los lípidos son alrededor de 1 %. El perfil de ácidos grasos es igual al de otras leguminosas alimentarias, la concentración de ácido esteárico y ácido linoléico algo superior y la concentración de ácido oléico generalmente inferior (Sacristán et al, 2018).

Tabla 2. *Valor nutricional de la Almorta*

Componente	Intervalo
Agua (%)	7,50-8,20
Almidón (%)	48,00- 52,30
Proteína (%)	25,60 – 28,40
Fibra de ácido detergente (%)	4,30 – 7,30
Ceniza (%)	2,90 – 4,60
Grasa (%)	0,58 – 0,80
Calcio (mg/kg)	0,07 – 0,12
Fósforo (mg/kg)	0,37 – 0,49
Lisina (mg/kg)	18,40 – 20,40
Treonina (mg/kg)	10,20 – 11,50
Metionina (mg/kg)	2,50 – 2,80
Cisteína (mg/kg)	3,80- 4,30

Fuente: (Caritas, 2012)

7.2.5.1. Proteínas.

Las proteínas que contiene la almorta son ricas en su gran mayoría en aminoácidos esenciales como la lisina, pero deficientes en aminoácidos que contienen azufre, en metionina y cisteína, así como en triptófano que se deben complementar con otros alimentos a la dieta (Suñer et al., 2018).

7.2.5.2. Carbohidratos.

Las semillas de almorta, al pertenecer al grupo de leguminosas, exhiben un elevado contenido de carbono, siendo el almidón el componente mayoritario. Además del almidón, se encuentran presentes la xilosa, la celulosa y los azúcares como constituyentes adicionales (Gotor & Marraccini, 2021).

7.2.5.3. Grasas.

El valor nutricional de las semillas no solo depende de la cantidad, sino también de la calidad de los lípidos presentes en ellas. En investigaciones realizadas por Pruna (2021), se observó que las semillas de almorta exhiben una mayor concentración de ácidos grasos insaturados en comparación con los ácidos grasos saturados. Por ende, las semillas de almorta no solo son significativas para la salud nutricional, sino que también representan una valiosa fuente de nutrición (Suman et al, 2020).

7.2.5.4. Fibra.

Las fibras son fundamentales para el bienestar humano en diversos aspectos, ya que desempeñan una función crucial en la absorción de nutrientes. Además, facilitan la absorción gradual de varios nutrientes a lo largo del tiempo, y las leguminosas grano se destacan como una excelente fuente de fibra (Mendoza, 2018).

7.2.5.5. Vitaminas y minerales.

Las leguminosas son una buena fuente de vitaminas y minerales, incluyendo vitamina C, vitamina K, vitamina A, vitaminas del complejo B, y vitamina E. Las arvejas son ricas en vitamina C, esencial para la coagulación sanguínea y ósea, con cantidades significativas de vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantoténico y ácido fólico, y proteger células de daño causado por los radicales libres (Buta et al., 2020).

7.2.5.6. Ácidos grasos.

Los ácidos grasos se dividen en esenciales y no esenciales; se definen esenciales aquellos nutrientes necesarios para el desarrollo y función corporal del organismo, no se pueden sintetizar por lo que deben ser aportados mediante la dieta (Goldsmith et al., 2022).

Los mamíferos pueden sintetizar el ácido oleico u omega-9. Para generar AG de las series omega- 6 (ácido linoléico) y omega-3 (ácido linolénico) se requiere de precursores derivados de la

dieta que posean el doble enlace en el carbono omega-6 y omega-3 respectivamente (Sanches et al., 2024).

Además de los ácidos grasos, los aceites de uso doméstico constituyen una fuente esencial de fitoquímicos, reconocidos como compuestos bioactivos. Entre ellos se incluyen fitoesteroles, fitoestrógenos, flavonoles, carotenos y tocoferoles, que, en términos generales, contribuyen a la promoción de la salud debido a sus propiedades preventivas de enfermedades, más allá de sus aportes nutricionales fundamentales (Lafont et al., 2019).

7.2.6. Ácidos grasos de la semilla

Los ácidos grasos se dividen en esenciales y no esenciales; se definen esenciales aquellos nutrientes necesarios para el desarrollo y función corporal del organismo, no se pueden sintetizar por lo que deben ser aportados mediante la dieta (Goldsmith et al., 2022).

Los mamíferos pueden sintetizar el ácido oleico u omega-9. Para generar AG de las series omega-6 (ácido linoléico) y omega-3 (ácido linolénico) se requiere de precursores derivados de la dieta que posean el doble enlace en el carbono omega-6 y omega-3 respectivamente (Sanches et al., 2024).

Además de los ácidos grasos, los aceites de uso doméstico constituyen una fuente esencial de fitoquímicos, reconocidos como compuestos bioactivos. Entre ellos se incluyen fitoesteroles, fitoestrógenos, flavonoles, carotenos y tocoferoles, que, en términos generales, contribuyen a la promoción de la salud debido a sus propiedades preventivas de enfermedades, más allá de sus aportes nutricionales fundamentales (Lafont et al., 2019).

La composición de ácidos grasos en las semillas de almorta (*Lathyrus sativus*) puede variar según factores como la variedad de la planta, las condiciones de crecimiento y la madurez de las semillas. Aquí se mencionan algunos ácidos grasos que se han identificado comúnmente en las semillas de almorta (Universidad de Madrid, 2018).

7.2.6.1. Ácido oleico (C18:1).

Un ácido graso monoinsaturado común, que también se encuentra en el aceite de oliva y otros aceites vegetales (Barone & Tulumello, 2020).

7.2.6.2. Ácido linoleico (C18:2).

Un ácido graso poliinsaturado esencial de la familia de los omega-6 (Barpete et al, 2021).

7.2.6.3. Ácido palmítico (C16:0).

Un ácido graso saturado que es uno de los componentes más comunes en las grasas animales y vegetales (Hanbury et al., 2018).

7.2.6.4. Ácido esteárico (C18:0).

Otro ácido graso saturado que se encuentra en diversas fuentes, incluyendo aceites vegetales (Arlasan, 2023).

7.2.6.5. Ácido linolénico (C18:3).

Un ácido graso poliinsaturado esencial de la familia de los omega-3 (Barpete et al., 2021).

Es importante tener en cuenta que la almorta también contiene una toxina llamada oxalato de β -N-oxalil-L- α , β -diaminopropiónico (ODAP), y su presencia puede limitar el consumo excesivo de esta leguminosa. Además, la información específica sobre la composición de ácidos grasos en la almorta puede variar (Lambein, 2019).

7.2.7. Antioxidantes

Los antioxidantes, ya sean de origen sintético o natural, tienen la capacidad de neutralizar los radicales libres y prevenir o retardar el proceso de oxidación. Aunque se emplean ampliamente antioxidantes sintéticos, algunos han sido objeto de dudas en términos de seguridad. Por esta razón, se considera actualmente la aplicación de antioxidantes naturales obtenidos de fuentes vegetales o microorganismos (Montes & Méndez, 2023).

Bajo el criterio de Rybínski et al., (2020) la almorta es un cultivo potencial de leguminosas con un potencial antioxidante similar al de la judía blanca y el guisante. La actividad antioxidante de los extractos de los extractos de guisante forrajero (resultados de los ensayos ABTS y FRAP) están estrechamente correlacionadas con el contenido de fenoles totales con el contenido de fenólicos totales.

La aplicación del ACP y el análisis jerárquico de conglomerados para discriminar el origen geográfico de las muestras de guisantes fueron el origen geográfico de las muestras de guisantes (García et al., 2018).

7.2.8. Aceites no esenciales

Aceites no esenciales, también conocidos como aceites vegetales, se extraen de diferentes fuentes vegetales como semillas, frutos, nueces o granos. El proceso de extracción puede variar dependiendo de la fuente y el tipo de aceite (González-Díaz & Véliz-Jaime, 2020).

7.2.8.1. Extracción de aceites no esenciales.

Se describen algunos métodos comunes de extracción de aceites no esenciales (Lafont et al., 2019).

7.2.8.1.1. Prensado en Frío (Expulsor).

Se utiliza una prensa mecánica para aplicar presión sobre las semillas o frutos, extrayendo el aceite (Martins et al., 2023).

7.2.8.1.2. Extracción con Disolventes.

Se utilizan disolventes químicos como hexano para extraer el aceite. La mezcla se evapora y elimina el disolvente (Hao et al., 2022).

7.2.8.1.3. Prensado en Caliente.

Se utiliza calor durante el proceso para aumentar la cantidad de aceite extraído, aumentar la cantidad de aceite (Gotor & Marraccini, 2021).

7.2.8.1.4. Extracción por Solvente Supercrítico.

Se utiliza un solvente supercrítico, como dióxido de carbono (CO₂) en estado supercrítico, para extraer el aceite. Esto es considerado más seguro y respetuoso con el medio ambiente que la extracción con solventes químicos tradicionales (Costa et al., 2020).

7.2.9. Métodos para la extracción de ácidos grasos

7.2.9.1. Metodo de soxhlet.

El método Soxhlet es una técnica muy utilizada en la extracción de aceite de semillas oleaginosas. Según González-Díaz & Véliz-Jaime (2020) este sistema consta esencialmente de un globo que contiene un disolvente orgánico expuesto a una temperatura hasta el punto de ebullición, un tubo de extracción Soxhlet; donde se encuentra un cartucho de celulosa con la muestra a analizar y un capacitor. Luego de que el solvente orgánico (hexano, éter, etc.) se evapora, cae al tubo Soxhlet donde se extrae el aceite hasta llenar el tubo, una vez lleno el tubo con el solvente. Se succiona hacia el globo que contiene el resto del solvente y se repite el proceso hasta agotar por completo la extracción de la biomasa (Duchi, 2021).

7.2.10. Técnicas para la identificación y análisis de ácidos grasos

7.2.10.1. Cromatografía líquida de alta resolución (HPCL).

La HPLC se utiliza habitualmente para el análisis de aceites no esenciales, también conocidos como aceites vegetales o grasas vegetales. Este método analítico es adecuado para la

separación, identificación y cuantificación de componentes presentes en estos aceites. El proceso implica preparar la muestra, seleccionar una columna adecuada y una fase móvil, establecer condiciones de separación óptimas e inyectar la muestra en el sistema HPLC (Rojas, 2019).

Según Rybiński et al., (2020) la muestra interactúa con la fase estacionaria y la fase móvil, dando como resultado su separación en función de la polaridad, el tamaño molecular u otras características físico-química luego, el detector registra los componentes separados y genera un cromatograma, que muestra los picos correspondientes de los diferentes componentes presentes en el aceite. La identificación y cuantificación de estos componentes se realiza comparando los tiempos de retención y las áreas de los picos con estándares conocidos y utilizando métodos de calibración adecuados.

La cromatografía líquida de alta resolución (HPCL) es una técnica que permite modificar la composición del disolvente fracturando la muestra en una fase líquida en movimiento y una fase estacionaria. Esta técnica utiliza alta presión para forzar el disolvente a través de una columna, lo que permite una separación de componentes rápida y de alta resolución (Ponce, 2019).

7.3. Marco conceptual

- **Ácido succínico:** El ácido succínico, un ácido dicarboxílico diprótico, experimenta una rápida ionización en soluciones acuosas, dando lugar a la formación de succinato. En organismos vivos, el succinato juega un papel esencial como intermediario metabólico, estableciendo una conexión entre el metabolismo celular y la regulación de la función celular (Fishers, 2016).
- **Ácido oxálico:** El ácido oxálico, el más sencillo de los ácidos dicarboxílicos alifáticos, es un ácido orgánico saturado cuyas propiedades son tres mil veces más fuertes que las del ácido acético. También se identifica como ácido etanodioico (Pocteca, 2023)
- **Ácido araquídico:** El ácido araquidónico sirve como precursor de los eicosanoides, los cuales se generan a través de diversas enzimas y desempeñan funciones en varios sistemas del cuerpo de manera autocrina o paracrina. En contextos patológicos, hay un aumento en la producción de estos compuestos, estableciendo una relación directa con los procesos inflamatorios (Cantún et al., 2017).
- **Ácido pantoténico:** El ácido pantoténico, conocido también como vitamina B5, desempeña un papel crucial en la conversión de los alimentos ingeridos en la energía necesaria para el

cuerpo. Su importancia se destaca en diversas funciones, especialmente en la síntesis y descomposición de las grasas (National, 2018).

- **Metionina:** La metionina, un aminoácido esencial, forma parte de los bloques constructores de proteínas y péptidos que el cuerpo no tiene la capacidad de sintetizar a partir de otros compuestos químicos. El organismo emplea la metionina en la síntesis de creatina y aprovecha el sulfuro de metionina para mantener un metabolismo y crecimiento normales (Merillat, 2018).
- **Xilosa:** La xilosa, clasificada como un monosacárido de cinco carbonos o pentosa, está presente en la naturaleza en la estructura de xilanos y en la pared celular de las plantas (Navarra, 2023).
- **Riboflavina:** también conocida como vitamina B2, es una vitamina soluble en agua presente en alimentos como la leche, productos lácteos, carnes, levaduras y vegetales de hojas verdes. Aunque es esencial para los seres humanos, no pueden sintetizarla, a diferencia de hongos, bacterias y plantas (Powers, 2003).
- **Fitoesteroles:** son compuestos vegetales que tienen una estructura química similar a la del colesterol, una sustancia presente en las células animales. Los fitoesteroles se encuentran en alimentos de origen vegetal, como frutas, verduras, nueces, semillas y aceites vegetales (Jáuregui et al., 2011).
- **Fitoestrógenos:** son compuestos químicos vegetales que tienen similitudes estructurales con los estrógenos, desempeñan una función antioxidante que favorece la preservación de la flexibilidad de los tejidos epiteliales, especialmente en la mucosa y la piel (Díaz & Munévar, 2009).
- **Flavonoles:** son una clase de compuestos químicos pertenecientes al grupo de los flavonoides, que son compuestos antioxidantes presentes en plantas (Mercader, 2011).
- **Tocoferoles:** a clase de compuestos químicos que pertenecen al grupo de la vitamina E. Estos compuestos tienen propiedades antioxidantes (Serrano et al., 2006)

8. VALIDACIÓN DE HIPOTESIS

Hipótesis nula

H₀: La relación material vegetal/ agua y el tiempo de extracción no influyen significativamente en el rendimiento del aceite de almorta.

Hipótesis alternativa

H₁: La relación material vegetal/ agua y el tiempo de extracción si influyen significativamente en el rendimiento del aceite de almorta.

Validación de las hipótesis

De acuerdo a la investigación realizada utilizando el diseño experimental de superficie respuesta, se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula, ya que la relación material vegetal/agua y el tiempo si influye significativamente en el rendimiento del aceite de almorta.

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1. Tipos de investigación

Se eligió distintos tipos de investigación específicas con el propósito de alcanzar los objetivos establecidos. Cada tipo de investigación, debido a sus características y aplicaciones singulares, aborda diversos aspectos del problema de investigación. Esto posibilita la recopilación precisa y confiable de información a través de experimentos y observaciones, contribuyendo a la generación de nuevo conocimiento. En última instancia, esta metodología proporciona a la sociedad información precisa y respaldada.

9.1.1. Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica abarca la recopilación de información proveniente de diversas fuentes, que incluyen tanto medios tradicionales como libros, revistas, periódicos e informes, así como recursos electrónicos que van desde grabaciones de audio y vídeo hasta películas. Además, contempla la exploración de materiales en línea, como sitios web, blogs y bases de datos bibliográficas (Arteaga,2020).

Ayudó a situar la investigación en un contexto, elevando la calidad y credibilidad del proyecto al respaldar las afirmaciones y conclusiones con evidencia sólida proveniente de la literatura previa. Además, facilito la identificación de vacíos en el conocimiento, la definición de objetivos de la investigación, y el suministro de la base teórica esencial para fundamentar el enfoque y la metodología, esto garantizo la relevancia y actualización de la investigación.

9.1.2. Investigación cuantitativa

Se distingue por su atención centrada en la obtención y análisis de datos numéricos, empleando técnicas estadísticas para comprender y describir fenómenos (Cienfuegos &

Cienfuegos, 2016). Apoyándose en la medición exacta y la imparcialidad, posibilita la evaluación de relaciones causales, la realización de predicciones y la toma de decisiones fundamentadas (Sánchez, 2019).

Facilito la recopilación, análisis e interpretación de datos numéricos y estadísticos con el propósito de abordar preguntas específicas de investigación y poner a prueba las hipótesis. Esto incluyó la identificación de relaciones de causa y efecto, un aspecto esencial para respaldar las hipótesis y teorías propuestas, proporcionando así una evidencia robusta para el avance del conocimiento científico.

9.1.3. Investigación descriptiva

Consiste en examinar, analizar y detallar un fenómeno o situación específica sin intervenir en las variables ni establecer relaciones causales. Los investigadores recopilan datos que ofrecen una representación precisa del objeto de estudio, proporcionando así un fundamento robusto para investigaciones futuras (Ochoa & Yunkor, 2019).

Este enfoque de investigación ofreció una visión clara y exhaustiva del tema particular, reconociendo patrones, características y conexiones entre las variables. Esto estableció una base sólida de conocimiento, contribuyendo a abordar interrogantes sobre "qué" sucedió. Esta aproximación facilitó la toma de decisiones informadas y orienta el diseño de investigaciones subsiguientes.

9.1.4. Investigación experimental

La investigación experimental implica la manipulación intencionada de las variables independientes con el objetivo de examinar sus impactos en las variables dependientes, buscando establecer relaciones causa-efecto. En este tipo de investigación, se planifican experimentos controlados en los cuales un grupo recibe la variable independiente (grupo experimental), mientras que otro no la recibe (grupo de control). La esencia de este enfoque radica en controlar otras variables que podrían tener influencia en los resultados (Ramos, 2021).

La fase experimental se llevó a cabo en un entorno controlado, donde se manipularán las variables para identificar la relación causa-efecto. Además, posibilito el análisis, la validación de la hipótesis y la observación de los resultados.

9.2. Técnicas de la investigación

Se trata de métodos utilizados para obtener, analizar y comprender datos con el propósito de responder a las preguntas de investigación y lograr objetivos específicos. Estas técnicas fueron

elegidas y aplicadas de manera apropiada para obtener resultados válidos y confiables, lo cual es fundamental para el progreso del conocimiento en diversas áreas.

9.3. Materiales

9.3.1. *Materiales de laboratorio*

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

9.3.2. *Equipos*

- Balanza Analítica (0,0001g)
- 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 al 99.8%.
- Cloroformo 99%

- TPTZ (2,3,5-Triphenyltetrazolium chloride).
- -ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt).
- Sal de Mohr.
- Sulfato de sodio.

9.3.4. *Materia prima*

Semillas de almorta

9.4. Procedimiento

9.4.1. *Determinación de parámetros fisicoquímicos de la semilla de almorta*

Son procedimientos y estudios destinados a evaluar las diversas características y propiedades físicas y químicas de la semilla de almorta. Estos análisis son esenciales para comprender la calidad y su composición.

9.4.1.1. Grasa

Para este ensayo fue necesario una muestra representativa de harina de origen vegetal. El proceso de determinación se realizó por duplicado utilizando la misma muestra que ha sido previamente preparada. El balón del aparato Soxhlet se lavó y secó se pesó con una precisión de 0,1 mg en un desecador a temperatura ambiente. En el recipiente se pesaron 2,35 g de la muestra de harina junto con 2 g de arena seca, se mezcló y colocó en una estufa a 130 °C durante una hora. Posteriormente se llevó a cabo la extracción con éter anhidro en el aparato Soxhlet durante un periodo de cuatro horas. Después de la extracción se recuperó el disolvente mediante destilación, se eliminó cualquier residuo de disolvente en un baño maría y se pesó el balón que contiene la grasa (INEN 0523, 1980).

Para el cálculo del porcentaje de grasa en la muestra se utilizó la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(m_2 - m_1)}{m(100 - H)} \cdot 100 \quad (\text{Ecu. 1})$$

Donde:

m: masa de la muestra, en g.

m₁: masa del balón vacío, en g.

m₂: masa del balón con grasa, en g.

H: porcentaje de humedad en la muestra.

Figura 1. Preparación de muestra para extracción de grasa

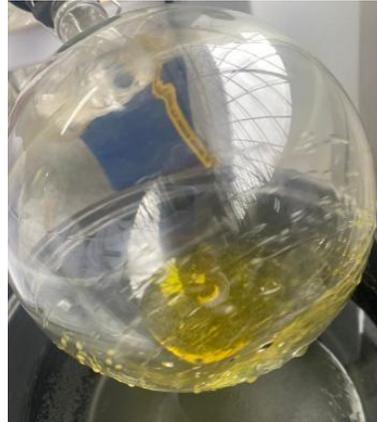


Nota: Elaboración de Autoras (Calero & Pacheco, 2024)

Figura 2. *Evaporación de solvente*



Nota: Elaboración de Autoras (Calero & Pacheco, 2024)

Figura 3. Obtención de grasa

Nota: Elaboración de Autoras (Calero & Pacheco, 2024)

9.4.1.2. Proteína

La determinación se llevó a cabo duplicando la misma muestra preparada. Se pesó una cantidad de 0,7 g a 2,2 g de la muestra con una precisión de 0,1 mg y se transfirió al matraz Kjeldahl. Se añadieron 15 g de una mezcla catalizadora compuesta por sulfato de cobre, sulfato de potasio, anhidro y 25 ml de ácido sulfúrico concentrado al matraz. Después de agitar cuidadosamente, el matraz se colocó en la hornilla del aparato Kjeldahl y se calentó gradualmente. Durante la digestión, el matraz se rotó frecuentemente hasta que su contenido se presente cristalino e incoloro. Tras dos horas de calentamiento, se dejó enfriar y se añadieron aproximadamente 200 ml de agua destilada. Para evitar proyecciones durante la ebullición, se agregó parafina o granallas de zinc. Luego se inclinó el matraz para formar dos capas, y se añadieron 50 ml de una solución concentrada de hidróxido de sodio para alcanzar un alto grado de alcalinidad. Conectando el matraz Kjeldahl al condensador, se destiló hasta que todo el amoníaco se ha transferido a una solución ácida en el matraz Erlenmeyer. Después de destilar al menos 150 ml, se lavó el extremo del condensador con agua destilada antes de retirar el matraz (INEN 0523,1980).

El contenido de proteína se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Proteína} = (1,40)(F) \left(\frac{(V1N1 - V2N2) - (V3N1 - V4N2)}{m(100 - H)} \right) \quad (\text{Ecu. 2})$$

Donde

V₁: volumen de la solución 0,1 N de ácido sulfúrico, empleado para recoger el destilado de la muestra en ml.

N₁: normalidad de la solución de ácido sulfúrico.

V₂: volumen de la solución 0,1 N de hidróxido de sodio, empleado en la titulación, en ml.

N₂: normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

V₃: volumen en la solución 0,1 N de ácido sulfúrico empleado en la titulación del ensayo en blanco, ml.

V₄: volumen de la solución 0,1 N de hidróxido de sodio empleado en la titulación del ensayo en blanco, ml.

m: masa de la muestra, en g.

H: porcentaje de humedad en la muestra.

F: factor para convertir en contenido de nitrógeno a proteínas, cuyo valor para cada harina (harina de haba = 6,25)

9.4.1.3. Humedad

Consiste en deshidratar la muestra en la estufa a una temperatura constante de 120 °C durante un período de 7 horas, hasta alcanzar un peso constante. La determinación se realizó calculando la diferencia de peso entre el material seco y el húmedo. El procedimiento implicó pesar 1 g de la muestra en un vidrio de reloj, pesa filtro o papel aluminio. Luego, se distribuyó uniformemente en la base de una cápsula de porcelana previamente tarada. La cápsula se colocó en la estufa a 120 °C durante 7 horas hasta que el peso alcance la constancia. Después, se enfrió en un desecador hasta llegar a la temperatura ambiente y se volvió a pesar. Se sugiere realizar la determinación por triplicado para obtener resultados más precisos (INEN 1462,2013).

$$\% \text{ Humedad} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \right) 100 \quad (\text{Ecu. 3})$$

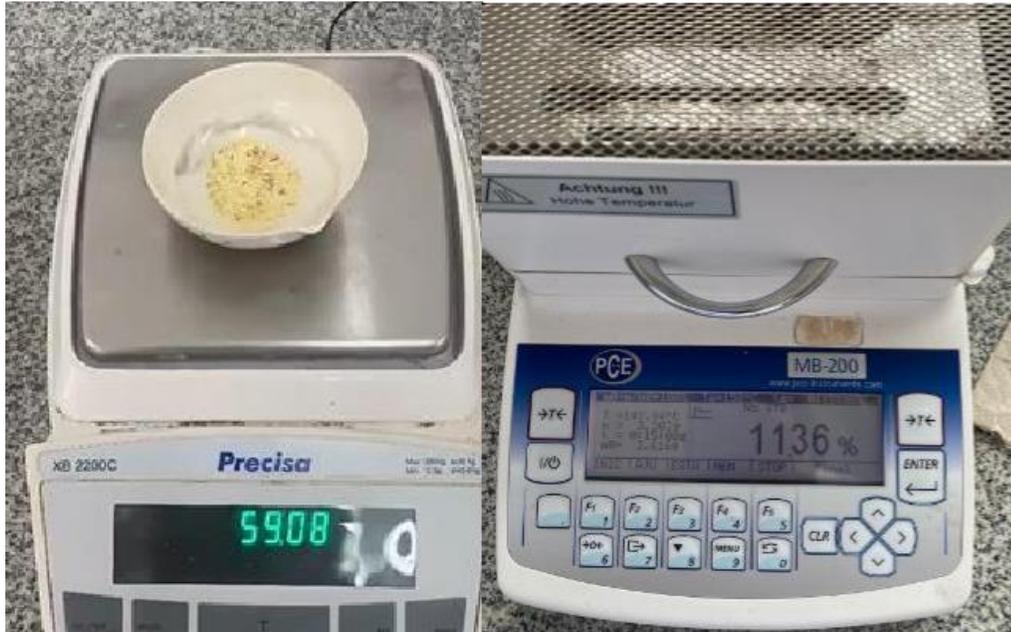
Donde:

m: Masa de la cápsula vacía en g.

m₁: Masa de la cápsula con la muestra en g.

m₂: Masa de la cápsula con la muestra después del calentamiento en g.

Figura 4. Humedad



Nota: Elaboración de Autoras (Calero & Pacheco, 2024)

9.4.1.4. Cenizas

La determinación se realizó duplicando la muestra preparada. Se procedió a calentar un crisol de porcelana vacío en una mufla ajustada a $550 \pm 15^\circ\text{C}$ durante 30 min. Después de enfriar en un desecador, se pesó con precisión de 0,1 mg. Luego, se transfirió al crisol y se pesaron de 3 g a 5 g de la muestra con la misma precisión. El crisol con su contenido se colocó cerca de la puerta abierta de la mufla por unos minutos para prevenir pérdidas por proyección antes de introducirlo en la mufla a $550 \pm 15^\circ\text{C}$. El proceso continuó hasta obtener cenizas de un color gris claro o hasta que el peso sea constante, sin permitir la fusión de las cenizas. Posteriormente, se retiró el crisol con la muestra de la mufla, se enfrió en el desecador y se pesó tan pronto como alcance la temperatura ambiente, con una aproximación de 0,1 mg (Purizaca & Saravia, 2014).

$$\% \text{ Cenizas} = \left(\frac{(m_3 - m_1)100}{(m_2 - m_1)(100 - H)} \right) \quad (\text{Ecu. 4})$$

Donde:

- m_1 : masa del crisol vacío, en g.
- m_2 : masa del crisol con la muestra, en g.
- m_3 : masa del crisol con las cenizas, en g.

H: porcentaje de humedad en la muestra.

Figura 5. Ceniza



Nota: Elaboración de Autoras (Calero & Pacheco, 2024)

9.4.1.5. Fibra

La determinación se llevó a cabo duplicando la misma muestra preparada. Se pesaron con aproximación al 0,1 mg, 3 g de muestra y se transfirieron a un dedal de porosidad adecuada, que se tapó con algodón y se colocó en una estufa calentada a $130 \pm 2^\circ\text{C}$ durante una hora. El dedal con la muestra se transfirió al desecador para enfriarse a temperatura ambiente. Posteriormente, se colocó en el equipo de Soxhlet para realizar la extracción de grasa con éter anhidro, durante cuatro horas si la velocidad de condensación es de 5 a 6 gotas por segundo, o durante 16 horas si es de 2 a 3 gotas por segundo. Se retiró el dedal con la muestra sin grasa, se dejó evaporar el solvente al medio ambiente, se colocó en una estufa a 100°C durante dos horas y se transfirió al desecador para enfriarse a temperatura ambiente. Luego, se pesaron con aproximación al 0,1 mg, aproximadamente 2 g de la muestra desengrasada y se transfirieron a un balón de precipitación de 600 ml con asbesto, solución hirviendo, ácido sulfúrico y antiespumante. El balón se colocó en el aparato de digestión y se hirvió durante 30 min. Se filtró y lavó el residuo, luego se colocó en el balón de precipitación con solución de hidróxido de sodio y se hirvió durante otros 30 min. Después de filtrar y lavar nuevamente, el residuo se transfirió al crisol de Gooch, se agregó alcohol etílico, se filtró al vacío y se secó en una estufa. El crisol con la muestra seca se incineró en una mufla a

500 ± 50°C durante 30 min, se enfrió en un desecador y se pesó. Finalmente, se realizó un ensayo en blanco sin la muestra, siguiendo el mismo procedimiento para cada determinación o serie de determinaciones (INEN 0523,1980).

$$\%Fibra = \frac{A - B}{C} * 100 \quad (Ecu. 5)$$

Donde:

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

B: Peso del papel filtro vacío, en gramos

C: Peso de la muestra, en gramos

9.4.2. Extracción de aceite de almorta por medio del método de soxhlet

El método de Soxhlet constituye uno de los procedimientos fundamentales que se ejecutan en los laboratorios de alimentos. Este enfoque, de naturaleza clásica, se fundamenta en una propiedad específica de la sustancia de interés, en este caso, la grasa, lo que posibilita cuantificar de manera indirecta su presencia en los alimentos donde se toma una muestra para ubicarla en la cámara del extractor de soxhlet, mientras que durante el proceso el solvente se evapora, asciende por el tubo de retorno y entra en contacto con la muestra en el dedal. El disuelve los compuestos solubles de la muestra triturada y la solución retorna al balón (Viresa, 2021).

Figura 6. *Metodología de soxhlet, preparación de muestra*



Nota: Elaboración de Autoras (Calero & Pacheco, 2024)

Figura 7. *Extracción de muestra*



Nota: Elaboración de Autoras (Calero & Pacheco, 2024)

9.4.2.1. Rendimiento del aceite de almorta

$$\% \text{ Rendimiento} = \left(\frac{M_{\text{Aceite}}}{M_{\text{seca sometida a extracción}}} \right) \quad (\text{Ecu. 6})$$

Donde

M_{aceite} : Peso del aceite

M_{ss} : Peso de semilla seca sometida a extracción

9.4.3. Determinación del perfil de ácidos grasos del aceite de almorta a través de la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)

La cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC), es una técnica de separación, usada principalmente para la separación y cuantificación de componentes de una muestra basado en una fase estacionaria sólida y una fase móvil líquida. Las separaciones se logran por procesos de partición, adsorción o intercambio iónico, exclusión por tamaño, según el tipo de fase estacionaria empleada (Pilco, 2015).

9.4.4. Determinación de la capacidad antioxidante

9.4.4.1. Ensayo de FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)

Este procedimiento se llevó a cabo utilizando una solución en un buffer ácido acético-acetato de sodio con TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazina) y FeCl_3 ; la cual tiene un pH de 3,6.

Se combinaron 100 μL de la muestra con 900 μL de una solución preparada en el paso anterior. La reacción se desarrollo en un lapso de 7 min, seguido de la medición de la absorbancia de la solución a una longitud de onda de 593 nm, teniendo en cuenta la absorbancia del blanco sin cromóforo. Esta medida sirvió como referencia para la corrección de los resultados (Ruiz, 2018).

La concentración de la actividad antioxidante se determinó mediante una curva de calibración con trolox (6-hidroxi-2,5,7,8 tetrametilcromo-2 ácido carboxílico), a una concentración de 0,5 mM, como antioxidante sintético de referencia. Se tomaron volúmenes de 0 μL a 100 μL (cada 20 μL) de la solución de trolox.

Según Benítez et al. (2021), "En presencia de antioxidantes, la forma férrica del compuesto hierro-tripiridyl-triazina (Fe^{3+} -TPTZ) se reduce a la forma ferrosa (Fe^{2+} -TPTZ)".

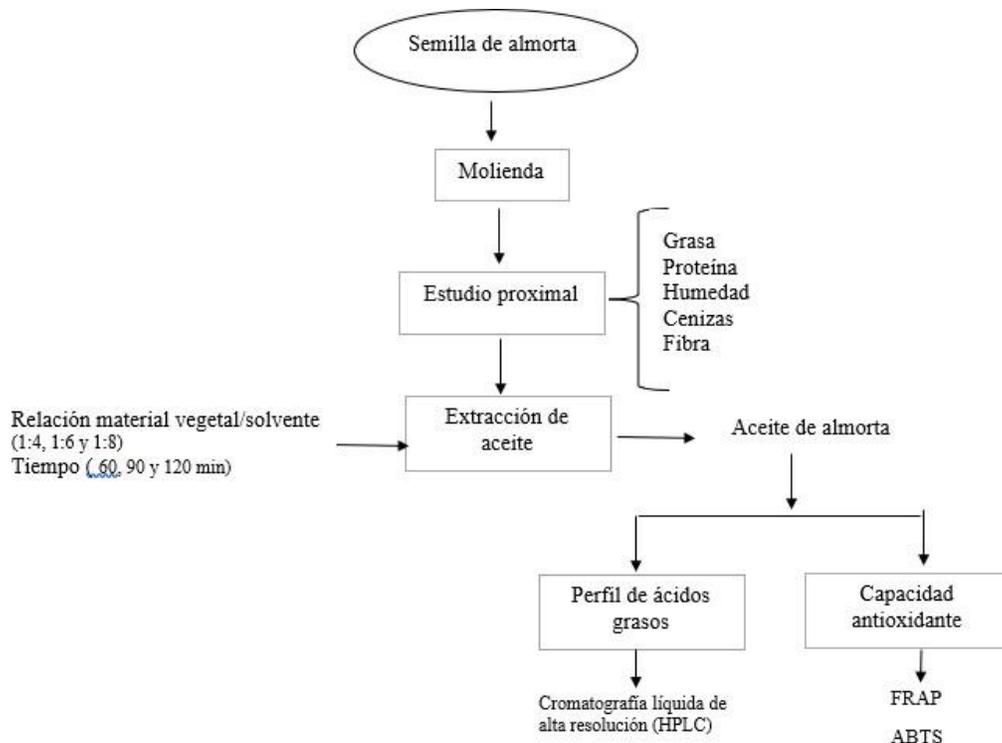
9.4.4.2. Método ABTS

Se generó el radical catiónico $\text{ABTS}^{\bullet+}$ mediante la reacción del ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolín)-6-sulfónico con persulfato de potasio. Se combinaron partes iguales de una

solución metabólica de ABTS 7 mM con una solución acuosa de persulfato potásico 2,45 mM; esta mezcla se conservó en la oscuridad a temperatura ambiente durante 16 horas para originar el radical.

Se extrajeron 100 μ l de cada fracción de muestra y se mezcló con 1 ml de la solución de ABTS•+ (Ab734 = 0,7). La combinación se incubó en la oscuridad durante 10 min, y posteriormente se midió la absorbancia a 517 nm, en comparación con un blanco. Los valores de absorbancia de las muestras se escogieron con una curva de calibración estándar de Trolox, expresándose como mM de Equivalentes Trolox (ET) según Mendoza et al. (2014).

9.4.5. Diagrama de flujo de la extracción del aceite de almorta



Elaborado por: Autoras (Calero & Pacheco, 2024)

9.4.6. Diseño experimental

Se llevó a cabo un estudio para la extracción del aceite de la almorta (*Lathyrus sativus*), en el cual se analizaron dos variables principales: el tiempo de extracción (60 min, 90 min y 120 min) y la proporción de material vegetal/agua (1:4, 1:6, 1:8). La variable respuesta fue el rendimiento del aceite de la almorta, y se empleó la metodología de Soxhlet.

Para el tratamiento estadístico de los datos, se empleó el programa de software Design Expert 8.0.6, utilizando el método de superficie de respuesta. En total, se llevaron a cabo 11 corridas experimentales con el fin de evaluar la relación entre material vegetal/agua, así como el tiempo de extracción.

La tabla 3 adjunta presenta los parámetros que se han considerado en el diseño de superficie de respuesta. Este enfoque permitió analizar de manera eficiente y sistemática la influencia de las variables mencionadas en el rendimiento del aceite de la almorta durante el proceso de extracción.

Tabla 3. Descripción del diseño de superficie respuesta

<i>Detalle</i>	<i>Unidad de medida</i>	<i>Tipo</i>	<i>Subtipo</i>	
<i>Tiempo</i>	<i>Min</i>	<i>Numérico</i>	<i>Discreta</i>	<i>60</i>
				<i>90</i>
				<i>120</i>
<i>Relación</i>	<i>m/m</i>	<i>Numérico</i>	<i>Discreta</i>	<i>1:4</i>
<i>Material</i>				<i>1:6</i>
<i>vegetal /agua</i>				<i>1:8</i>

Elaborado por: Autoras (Calero & Pacheco, 2023)

En la Tabla 4 presenta de manera detallada las variables dependientes e independientes, así como los indicadores y las unidades de medida que se utilizaron como base en el diseño experimental para la extracción y caracterización del aceite de almorta. Este estudio se centró en la relación entre el material vegetal/agua, así como en el factor tiempo. La variable respuesta evaluada fue el rendimiento del aceite obtenido durante el proceso.

Tabla 4. Variables evaluadas en el modelo matemático cuadrático

Variable dependiente	Variable independiente	Indicadores	Unidad de medida
Extracción y caracterización del aceite de la almorta	-Tiempo (60, 90, 120min) - Relación material vegetal/agua (1:4; 1;6; 1:8)	Rendimiento	Porcentaje (%)

Elaborado por: Autoras (Calero & Pacheco, 2024)

En la Tabla 5 presenta las 11 combinaciones experimentales utilizadas en el proceso de extracción del aceite de almorta. Estas combinaciones se diseñaron considerando la relación entre el tiempo (60,90 y 120 min) y material vegetal/agua (1:4, 1:6, 1:8). En dicha tabla se detallan las condiciones específicas bajo las cuales se llevaron a cabo las corridas experimentales.

Tabla 5. Matriz experimental para la extracción del aceite de almorta

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

Elaborado por: Autoras (Calero & Pacheco, 2024)

10. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. Determinación de composición física y química de la semilla de almorta

La tabla 6 indica la composición física y química de la variedad de semilla de almorta (*Lathyrus Sativus*).

Tabla 6. Composición física y química de la variedad de almorta (*Lathyrus Sativus*)

Indicador	Media	Desviación estándar
Extracto libre de nitrógeno (% m/m)	47,65	0,23
Grasa (% m/m)	1,72	0,31
Proteína (% m/m)	28,01	0,42
Humedad (% m/m)	10,92	0,13
Ceniza (% m/m)	2,32	0,21
Fibra (% m/m)	9,38	0,01

Elaborado por: Autoras (Calero & Pacheco, 2024)

Los resultados obtenidos son similares con los hallazgos reportados en estudios anteriores realizados en leguminosas por diversos autores. Los valores tanto de fibra, proteína y grasa pueden mostrar algunas variaciones entre estudios, posiblemente debido a factores como las condiciones de cultivo, el procesamiento y las metodologías de análisis empleadas, así como también la variedad de semilla. Estos datos contribuyen a una comprensión más completa del perfil nutricional de la almorta y resaltan su potencial como una valiosa fuente de nutrientes.

Según el estudio realizado por Palma et al., (2015), proporciona la composición nutricional de la leguminosa conocida como haba (*Vicia faba*). Los resultados revelan que esta legumbre exhibe un contenido notable de proteínas, registrando un $24,9 \pm 0,6$ %. Además, se destaca que presenta un contenido de humedad del $10,24 \pm 0,3$ %, de fibra un $8,82 \pm 0,2$ %, de nitrógeno libre un $3,99 \pm 0,6$ %, de ceniza un $3,49 \pm 0,021$ y de grasa un $1,21 \pm 0,1$ %. Estos datos ofrecen una

visión detallada de la composición nutricional de las habas, resaltando su valor como fuente significativa de proteínas y otros componentes esenciales.

Las leguminosas de grano son una fuente importante de fibra que desempeña un papel crucial en la salud humana en múltiples aspectos. Contribuye significativamente a la absorción de nutrientes y a la prevención de enfermedades como la obesidad, enfermedades coronarias y diabetes (Agarias, 2012).

10.2. Optimización del proceso de extracción de aceite de almorta (*Lathyrus sativus*), mediante metodología de Soxhlet

En la tabla 7 se observa la matriz experimental para la extracción del aceite de almorta, donde se llevaron a cabo un total de 11 corridas experimentales, donde se evaluó diferentes factores como el tiempo (60, 90 y 120 min), así como también la relación entre material vegetal/agua (1:4, 1:6 y 1:8)

Tabla 7. Matriz experimental para la extracción del aceite de almorta

Corrida	Tiempo (min)	Relación material vegetal /agua	Rendimiento (%)
1	90	1:4	1,40
2	60	1:8	1,45
3	90	1:6	1,63
4	120	1:6	1,68
5	90	1:8	1,66
6	90	1:6	1,55
7	60	1:4	1,30
8	120	1:8	1,71
9	120	1:4	1,50
10	60	1:6	1,35
11	90	1:6	1,62

Elaborado por: Autoras (Calero & Pacheco, 2024)

Según González-Díaz & Véliz-Jaime, (2020) indica que el método de Soxhlet se utiliza principalmente para extraer compuestos solubles en un disolvente, como grasas, aceites y otros elementos de una muestra, el método de Soxhlet es elegido para la extracción de aceites debido a su eficiencia, versatilidad y control preciso de las condiciones de extracción, lo que lo convierte en una herramienta valiosa en la investigación y la industria alimentaria.

En la optimización de procesos con Soxhlet, se pueden ajustar variables como el tiempo de extracción, la relación disolvente/muestra, y la temperatura. Estos ajustes buscan maximizar la eficiencia en la recuperación de los compuestos de interés, garantizando la obtención de extractos concentrados (Gaspar & Lucila, 2019).

En la matriz experimental para la extracción del aceite de almorta, donde se llevaron a cabo un total de 11 corridas experimentales a diferentes intervalos de tiempo: 60 min, 90 min y 120min, así como también, con diferentes relaciones entre materia prima y solvente de 1:4, 1:6 y 1:8, donde se puede notar que en la corrida número 8 con un tiempo de 120 min y utilizando la relación materia vegetal/agua de 1:8 tenemos mayor rendimiento con un 1,71 %.

Boza, (1991) indica que, contenido de grasa en las leguminosas varía significativamente, desde porcentajes bajos en variedades como guisante, haba, judía, lenteja y veza, que oscilan entre 1,5% y 2,5%. Algunas presentan niveles intermedios, como el garbanzo, que oscila entre 4% y 6%. Finalmente, se encuentran aquellas conocidas por su riqueza en aceites oleaginosos, como cacahuete (43,3%) y soja (18-23%).

En los resultados obtenidos en cuanto a la optimización de extracción de aceite de almorta y comparado con investigaciones realizadas la haba, judía, lenteja las mismas que pertenecen al grupo de las leguminosas estas tienen un rendimiento de 1,5 a 2,5 % de grasa, sin embargo existen algunas variedades como el garbanzo y la soya que superan el porcentaje de rendimiento, donde se concluye que el rendimiento en la habilla es bueno comparando con el grupo de leguminosas investigadas, sin embargo el porcentaje de grasa dependerá de la variedad del grano, condiciones de cultivo, así como también la metodología utilizada para la extracción de aceites.

10.3. Rendimiento

La tabla 8 exhibe la relevancia de los parámetros del modelo codificado en la predicción de la variable de rendimiento. Se destaca que el modelo cuadrático presenta significancia estadística a un nivel de confianza del 95%. Este hallazgo sugiere que existe una elevada confianza en la

capacidad del modelo para prever el rendimiento, ya que muestra una significancia estadística con un valor de $p \leq 0,05$ en la relación entre los factores y la respuesta.

Tabla 8. Parámetros del modelo codificado para el rendimiento

Indicador	Rendimiento (%)
Intercepto	1,56
X_{TIE}	0,13*
X_{RMA}	0,12*
X_T^2	0,061*
X_{TIE}	0,033*
R^2	0,9639
R^2 ajustado	0,9097
F modelo	17,80*
F falta de ajuste	0,90
Precisión adecuada	12,89

TIE: tiempo de extracción

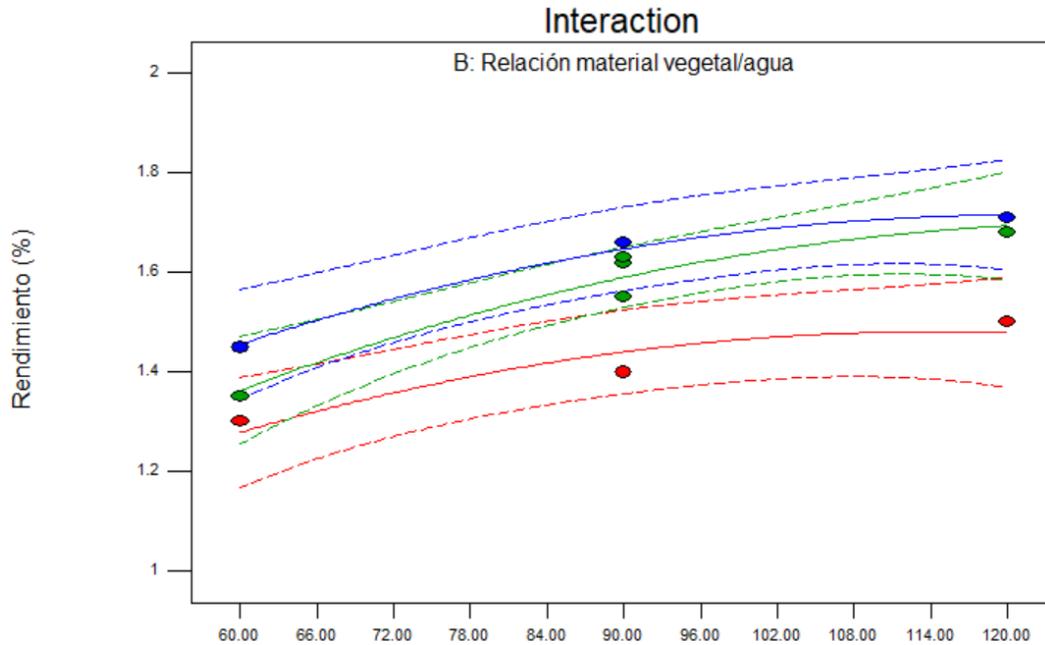
RMA: relación material vegetal/agua

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

En relación con los resultados obtenidos en el diseño experimental, se puede concluir que un aumento en el tiempo de extracción está vinculado a un mayor rendimiento, al igual que una mayor proporción de material vegetal/agua. Esta tendencia se observa debido a que ambas variables tienen contribuciones significativas en las corridas experimentales, evidenciadas por coeficientes similares. Esto concluye que el proceso es continuo y que el rendimiento tiende a aumentar de manera proporcional al incremento en el tiempo y la relación de material vegetal/agua.

La gráfica 1 a continuación muestra la superficie de respuesta, ajustada mediante la interacción con la relación de material vegetal/agua, con el propósito de estimar el rendimiento de aceite de almorta. Esto señala que la extracción que logra el máximo rendimiento de aceite de almorta tuvo lugar a los 120 min con una proporción de (1:8, 1 parte de material vegetal y 8 partes de agua).

Grafica 1. *Relación de los factores en el rendimiento*



Elaborado por: Autoras (Calero & Pacheco, 2024)

Según Ancasi, (2022) el rendimiento en la extracción de aceite de las semillas de retama mediante el método de soxhlet es de 37,9 %, teniendo así una alta diferencia en comparación a la almorta; se realiza esta comparación debido a que las semillas de retama y las de almorta son dos especies de leguminosas.

Bustos, (1947) en su estudio “La almorta y el latirismo” la composición química de la harina de almorta tiene un 3,14 % de lípidos presentes. Por otro lado, Fernández & Soltelo, (2023) el porcentaje de grasa es de 1,82 %; esta diferencia puede darse dependiendo de la variedad de la semilla utilizada. Por lo que este es el valor más acercado al experimental obtenido en nuestra investigación.

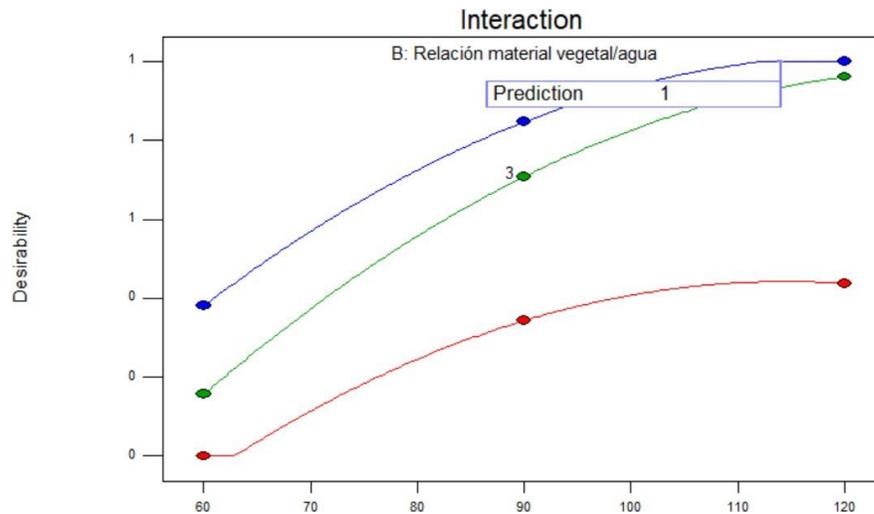
10.4.Optimización numérica del proceso de extracción del aceite de almorta

En la tabla 9 se presenta la optimización del diseño experimental, mostrando la combinación de factores que maximizan el rendimiento del aceite extraído de las semillas de almorta. Se destaca el intervalo de tiempo y la relación material vegetal/agua con su respectivo rendimiento.

Tabla 9. Predicción de la optimización para la extracción del aceite de almorta

Tiempo (min)	Relación material vegetal/agua	Rendimiento (%)	Deseabilidad
114	1:8	1,71	0,970

La gráfica 2 indica la adaptación y pertinencia del diseño de optimización numérica para el rendimiento del aceite de almorta. La situación óptima proyectada se logró con un lapso de 114 min, utilizando una proporción de 1 parte de material vegetal respecto a 8 partes de solvente resultando en un rendimiento de 1,71 %.

Gráfica 2. Optimización numérica para el rendimiento del aceite de almorta

Elaborado por: Autoras (Calero & Pacheco, 2024)

Tabla 10. Valores predichos y experimentales del rendimiento (%), obtenidos con las restricciones del proceso de optimización.

Valor	Rendimiento (%) (Desviación estándar)
Valor predicho	1,71
Valor experimental	1,73

La tabla 10 indica la diferencia entre los rendimientos pronosticados determinados por el software Design Expert 8.0.6 (Sta- Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.) y los valores experimentales, destacando que el rendimiento experimental supera al valor predicho. Esto indica que las condiciones experimentales superaron las predicciones del software, lo cual es positivo, sugiriendo que el proceso fue exitoso y que las condiciones reales tuvieron un impacto beneficioso de lo anticipado.

10.5. Determinación del perfil de ácidos grasos del aceite de almorta a través de la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)

En la tabla 11 se presenta el porcentaje de cada uno de los ácidos grasos presentes en el aceite de almorta utilizando la cromatografía líquida de alta resolución. Esta información revela detalles significativos acerca de la composición de los ácidos grasos que conforman el aceite, siendo esencial para comprender tanto su valor nutricional como las potenciales aplicaciones que podría tener en la industria.

Tabla 11. *Composición de ácidos grasos del aceite de la almorta optimizado*

Ácido graso	Tiempo de retención (min)	%
Pentadecanoico (C15:1)	24,258	13,15
Esteárico (C18:0)	27,618	6,58
Oleico (C18:1n9c)	28,735	20,79
Linoleico (C18:2n6c)	30,327	55,05
Linolénico (C18:3n3)	32,163	4,43

Elaborado por: Autoras (Calero & Pacheco, 2024)

Luego de la determinación del perfil de ácidos grasos se destaca la presencia de 5 ácidos grasos, el predominante es el linoléico u omega-6 (55,05 %), oleico (20,79 %), estos dos pertenecientes a los ácidos grasos insaturados, pentadecanoico (13,15 %) o también conocido como ácido palmítico, esteárico (6,58 %) siendo ambos ácidos grasos saturados además se encuentra en menor cantidad el linolénico (C18:3n3) con un 4,43 %. Este ácido graso pertenece a la familia omega-3.

Arslan, (2017) descubrió que la arveja chata (*Lathyrus sativus L.*) presenta los siguientes niveles de ácidos grasos; pentadecanoico: 3,31, esteárico: 257,76, oleico: 127,76, linoléico: 69,11 todos estos en mg/100 g de semillas. Así mismo Chinnasamy & McKenzie, (2005) afirma que las semillas del guisante (*Lathyrus sativus L.*) exhibe una elevada proporción de ácidos grasos insaturados totales, oscilando entre el 56,37 % y el 59,98 %, y una baja proporción de ácidos grasos saturados totales, que varía entre el 40,01 % y el 43,65 %.

Así se dice que la arveja chata tiene más presencia de ácidos grasos tanto saturados como insaturados dentro de su composición en comparación con la almorta que se observa que tiene menor cantidad de ácidos grasos destacando que en esta en cambio existe la presencia de los ácidos grasos esenciales como son el omega 3 y 6.

La determinación del perfil de ácidos grasos en un aceite es esencial por varias razones. En primer lugar, proporciona información detallada sobre los tipos y cantidades de ácidos grasos presentes, permitiendo evaluar su valor nutricional. Además, el perfil de ácidos grasos sirve como indicador de la calidad del aceite, facilitando la detección de posibles contaminantes o adulterantes. En la industria alimentaria, es fundamental para el control de calidad y el cumplimiento de estándares específicos. También desempeña un papel crucial en el desarrollo de productos alimenticios y en investigaciones científicas sobre la relación entre los ácidos grasos y la salud. Determinar el perfil de ácidos grasos es esencial para asegurar la calidad, seguridad nutricional y aplicaciones adecuadas de los aceites (Jiménez, 2009).

La identificación de los triglicéridos en diferentes muestras de aceite se realiza mediante cromatografía líquida de alta resolución con detector UV (HPLC-UV) y se calcula el número equivalente de carbonos (ECN) para cada molécula. Además, se analiza la probabilidad teórica de formación de cada triglicérido a través de la combinación de los ácidos grasos mayoritarios presentes en el aceite, lo que facilita la distinción de las señales asociadas a cada uno los triglicéridos con el mismo número equivalente de carbonos (Camino, 2021).

10.6. Determinación de capacidad antioxidante

En la tabla 12 se presentan los resultados de la capacidad antioxidante que tiene el aceite de almorta a distintas concentraciones, así como también se indica la desviación estándar (\pm).

Tabla 12. *Determinación de capacidad antioxidante del aceite de almorta*

ABTS ²	FRAP ³	
IC ₅₀ ⁴ (mg/mL)	Concentración (mg/mL)	μmol Fe ²⁺ /g
	4	232,11 ± 3,02
0,20 ± 0,03	2	150,34 ± 4,04
	1	120,88 ± 2,13

¹ efectividad antioxidante expresada en IC₅₀

² ABTS: ensayo de decoloración de cationes radicales

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

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

Los resultados de este análisis fueron para FRAP fue 232,11 μmol Fe²⁺/g (4 mg/ml) en mayor cantidad esto indica una capacidad antioxidante significativa, estos resultados sugieren que el aceite podría ser eficaz en la neutralización de los radicales libres y en la protección de las células. Además, la prueba ABTS revela una capacidad antioxidante con un valor de 0,20 IC₅₀ ⁴ (mg/ml). Este análisis aporta a la idea de que el aceite de almorta podría ser de gran aporte al ser humano.

Evaluar la actividad antioxidante de los alimentos resulta crucial para anticipar su potencial antioxidante in vitro antes de su consumo, además de permitirnos identificar la capacidad de protección contra la oxidación y el deterioro alimenticio, factores que inciden en la calidad y valor nutricional del producto (Medina, 2010).

Según Rybiński et al., (2020) los extractos y las semillas de *Lathyrus sativus* fueron caracterizados con base en los valores de capacidad antioxidante, se determinaron valores de FRAP, los cuales variaron entre 0,188 y 0,866 mmol Fe²⁺/g para los extractos y entre 0,541 y 1,398 Fe²⁺/100 g. La cantidad total de compuestos fenólicos en el extracto de guisante mostró una correlación positiva con los resultados de las pruebas ABTS (R²= 0,854) y FRAP (R² = 0,958).

La investigación realizada por Tamburino et al., (2012) se determinó el contenido total de compuestos fenólicos, con un valor estimado de 174,91mg por cada 100 g, junto con la capacidad de eliminación de radicales, evaluada frente al radical DPPH y al catión radical ABTS.

10.6.1. Parámetros físicos y químicos del aceite de almorta

En la tabla 13 se presenta los parámetros físicos y químicos del aceite de almorta, resaltando que estos parámetros son indicadores cruciales de la calidad del aceite presente en la semilla y así garantizar la utilidad del aceite extraído. Además, se destaca que el aceite de almorta contiene un porcentaje de escualeno del 2,11 %; este actúa como un antioxidante natural protegiéndolo de la oxidación y su deterioro; así mismo forma parte de la fracción insaponificable de diversos aceites vegetales (Lanzón, 1995).

Tabla 13 .Parámetros físicos y químicos del aceite de almorta

Parámetro	Media	Desviación estándar
Índice de peróxidos (meqO ₂ /Kg)	2,14	0,03
Índice de yodo	85,12	0,03
Acidez (Ácido Oleico % m/m)	0,15	0,02
Densidad (g/mL)	0,8412	0,0231

Elaborado por: Autoras (Calero & Pacheco, 2024)

El valor del índice de peróxidos sirve como un marcador del grado de descomposición oxidativa (Ekwenye, 2006). Es importante destacar que un bajo valor en el índice de peróxidos no garantiza la calidad del aceite, sino que simplemente indica el estado actual de oxidación de la muestra, sin reflejar su potencial de oxidación futuro (Frank et al., 2011). En este estudio, se registró un índice de peróxidos de 2,14 mEq O₂/kg de aceite, valor que se encuentra dentro del rango establecido en el Codex Stan 19-1981 que establece que el índice de peróxidos debe ser hasta 10 mEq O₂/kg de aceite.

El índice de yodo sirve como indicador de la cantidad de insaturación presente en las moléculas de aceite. Su presencia se origina debido a los mecanismos naturales de la planta, que busca fijar enlaces dobles, siendo este proceso crucial para la formación de nuevos ácidos grasos. Además, factores ambientales como la luz, temperatura, riego, composición del suelo, así como el control y la presencia de plagas, también pueden afectar estos procesos antes de la cosecha (Jiménez et al., 2001). En el presente estudio, el índice de yodo que se obtuvo es de 85,12, valor inferior del rango establecido por el Codex Alimentarius 210, (2011) que es de 86-107 gI₂/100 g.

El índice de acidez (IA) o valor ácido se define como la cantidad de miligramos de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en un gramo de aceite o grasa (Nielsen, 2003). Este índice ofrece una medida del grado de hidrólisis de la grasa, siendo conocido como acidez total libre o grado de acidez. Se expresa en porcentaje y representa el contenido de ácidos grasos libres, asumiendo que el ácido oleico es el ácido libre (Kirk et al., 2011). En el caso del aceite de almorta se obtuvo un índice de acidez de 0,15 % m/m de ácido oleico, comprando este valor con el índice de ácido en aceites y grasas vírgenes que es 4,0 mg de KOH/g de grasa o aceite (Codex Stan, 19-1981).

La densidad del aceite se define como la proporción entre su peso y su volumen, y en este contexto, se ve influenciada por la temperatura. La densidad de los aceites vegetales exhibe variaciones según el tipo de aceite y también experimenta cambios conforme a la temperatura a la que se encuentren. En condiciones estándar, la densidad de los aceites vegetales oscila entre un mínimo de 0.90 g/ml y un máximo de 0.93 g/ml, con una temperatura media de 15°C (Cedeño et al., 1999). En este caso la densidad del aceite 0,8412 g/mL lo cual lo coloca bajo el rango de la densidad expuesta anteriormente.

11. IMPACTOS

11.1. Impacto técnico

El aceite de almorta se presenta como un recurso de impacto tecnológico significativo, destacándose por sus propiedades versátiles y beneficiosas. Su composición única, rica en ácidos grasos esenciales y antioxidantes, Además, su proceso de extracción, realizado a través del método Soxhlet, subraya su relevancia en la investigación científica, proporcionando una fuente confiable y sostenible de compuestos lipídicos para análisis detallados y aplicaciones tecnológicas innovadoras.

11.2. Impacto social

La incorporación de la almorta como materia prima impulsa la participación del sector agrícola al aumentar la producción de esta leguminosa, sin embargo, ofrece a los consumidores nuevas opciones de productos naturales y diversas alternativas de industrialización de la almorta tanto en la elaboración de alimentos funcionales como productos cosméticos por su alto contenido de antioxidantes que ayudan en el cuidado de la piel principalmente utilizándola en cremas solares.

11.3. Impacto ambiental

La producción extensiva de almorta no sufriría ninguna repercusión negativa, ya que esta leguminosa se adapta fácilmente a diversos climas y tipos de suelo, además, la producción de aceite de almorta no produce residuos tóxicos que puedan perjudicar el medio ambiente.

12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Tabla 14. *Presupuesto de investigación*

Recursos	Cantidad	Depreciación Anual (%)	H. uso	Valor Unitario \$	Valor total \$
Equipos					
Balanza Analítica (0,0001g)	1	10	4	5	20
Destilador soxhlet	1	10	10	35	350
Espectrofotómetro GENESYS 20 Modelo 4001/4j	1	10	5	10	50
Micropipeta automática 100- 1000µl Microlit	1	10	4	2	8
428					
Materiales y suministros					
Balones aforados vidrio 5mL	5	12,5	U	0,25	2,5
Balones aforados 10 mL	5	12,5	U	5	25
Bureta de vidrio de 1000 mL		12,5			
Gradillas	3	12,5	U	10	30

Matraz Erlenmeyer de vidrio 500 mL		12,5			
Pipeta volumétrica de vidrio 10 mL	5	12,5	U	3	15
Pinzas	1	12,5	U	5	5
Papel filtro	1	12,5	U	5	5
Tubos de ensayo 10 mL	10	12,5	U	0,25	2,5
Varilla de agitación	1	12,5	U	5	5
Vasos de precipitación 250 mL	5	12,5	U	3	15

105**Reactivos**

Agua destilada	5		L	1	5
Acetato de sodio	5		g	1	5
Ácido acético	1		U	50	50
Ácido clorhídrico	100		mL	0,10	10
Ácido gálico	1		g	30	30
Cloruro férrico	5		g	1	5
Carbonato de sodio	5		g	0,50	2,5
Etanol al 99,8 %	2		L	16	32
Cloroformo 99 %	2,5		L	51,2	128
TPTZ (2,3,5- Triphenyltetrazolium chloride).	5		g	20	100
ABTS (2,2'-Azino-bis (3- ethylbenzothiazoline-6- sulfonic acid) diammonium salt)	1		U	50	50
Sal de Mohr	5		g	10	50
Sulfato de sodio	5		g	0,50	2,5

470**Material bibliográfico y fotocopias**

Esferos	3		U	0,45	1,35
Impresiones	200		U	0,15	30
Computadora	500	20	H	0,50	250
Anillados	3		U	1,80	5,40
CD	1		U	2	2
288,75					
Gastos varios					
Internet	100		H	0,50	50
Combustible	10		días	10	100
Alimentación	10		días	6	60
498,75					
Materia prima					
Almorta	3		Kg	4	12
12					
					TOTAL 1513,75

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. Conclusiones

- Las semillas de almorta en el análisis físico y químico presentó un elevado porcentaje de extractos libres de nitrógeno 47,65 %, una cantidad significativa de proteínas 28,01%, y una humedad del 10,92 %. Además, contienen grasa 1,72 %, fibra 9,38 % y ceniza 2,32 %. Estos datos proporcionan una descripción detallada de la composición nutricional de las semillas de almorta, destacando su abundancia en proteínas y fibra, consolidándola como una fuente valiosa de nutrientes.
- Las condiciones ideales de la optimización fueron un tiempo de 114 minutos con una proporción de 1 parte de material vegetal por 8 partes de agua, lo que generó un rendimiento del 1,71 % con una deseabilidad de 0,97. Sin embargo, en la práctica, se obtuvo un rendimiento experimental superior, alcanzando el 1,73 %. Este resultado indica que las condiciones experimentales superaron las predicciones del software, lo cual es muy positivo para la investigación.

- Se identificaron 5 tipos de ácidos grasos en el aceite de almorta mediante la técnica de cromatografía de gases líquida (HPCL), entre ellos pentadecanoico (13,15 %), esteárico (6,58 %), oleico (20,79 %), linoléico C18:2n6c (55,05 %), linolénico C18:3n3 (4,43 %), destacando también que en análisis se determinó la presencia de escualeno del 2,11 %.
- Los resultados de la capacidad antioxidante la prueba de FRAP arrojó un valor de 232,11 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ (4 mg/ml), indicando que el aceite podría ser eficaz en la neutralización de radicales libres y en la protección de las células; la prueba de ABTS reveló una capacidad antioxidante de 0,20 IC_{50}^4 (mg/ml). Por ende el aceite de almorta tiene una moderada capacidad antioxidante. Este análisis respalda la idea de que el aceite extraído de las semillas de almorta puede ser beneficioso para la salud humana. Los resultados de los análisis físicos y químicos mostraron un índice de peróxidos de 2,14 meqO₂/Kg, índice de yodo de 85,12, acidez (ácido oleico) del 0,15 % y una densidad de 0,8321 g/mL. Estos valores proporcionan información valiosa para su potencial aplicación en diversas industrias, destacando sus propiedades y usos potenciales.

13.2.Recomendaciones

- Experimentar la extracción del aceite utilizando otras metodologías de extracción y realizar comparaciones del rendimiento.
- Realizar análisis periódicos del índice de peróxidos, acidez y otros parámetros importantes para evaluar la calidad y la estabilidad del aceite durante el paso del tiempo.
- Explorar las oportunidades para mejorar la composición y propiedades del aceite, considerando investigaciones o avances científicos.
- Determinar las aplicaciones más adecuadas del aceite, ya sea en la industria alimentaria, cosmética y otras, conociendo su composición fisicoquímica.
- Investigar y experimentar con el aceite de almorta para explorar sus aplicaciones potenciales y mejorar procesos de extracción y almacenamiento.

14. BIBLIOGRAFIA

- Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria. (2021, Noviembre 03). *Lathyrus sativus* (Almorta). *Rencant*, p. 01.
- Ancasi Lulo, F. (2022). Extracción de aceite de la semilla de retama (*Retama sphaerocarpa* l.) por el método soxhlet y caracterización fisicoquímica.
- Angarita, R. (2019). OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE SEMILLA DE DURAZNO POR MÉTODO SOXHLET Y ARRASTRE DE VAPOR. *Universidad de las Americas Facultad de Ingenieria Quimica*.
- Arlasan, M. G. (2023). Diversidad de contenidos de ácidos grasos y ácidos orgánicos en genotipos de guisantes mutantes (*Lathyrus sativus* L.). *Investigación sobre leguminosas*, vol.46, no.5, 541-547.
- Arslan M. Diversity for vitamin and amino acid content in grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Cogent Chem* [Internet]. 2017;3(1) [citado 2 de febrero de 2024].
- Arteaga, G. (2020, octubre 26). Investigación bibliográfica - Cómo llevar a cabo una. *TestSiteForMe*. <https://www.testsiteforme.com/investigacion-bibliografica/>
- Ayerdi Gotor, A. y Marraccini, E. (2021). Legumbres innovadoras para las regiones templadas europeas: una revisión. En *Preimpresiones*. <https://doi.org/10.20944/preprints202112.0248.v1>
- Barone M. y Tulumello, R. (2020). *Lathyrus sativus*: An overview of chemical, biochemical, and nutritional features. In *SpringerBriefs in Molecular Science* (pp. 1–23). Springer International Publishing.
- Barpete et al, G. P. (2021). Effect of cooking methods on protein content and neurotoxin (β -ODAP) concentration in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) grains. *CyTA - Journal of Food*, 19(1), 448–456. <https://doi.org/10.1080/19476337.2021.1915879>.
- 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>

- Betancourt, J. (2017). *Comportamiento agronomico de la habichuela (Lathyrus sativus)*. Edu.ec. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18459/1/Jorge%20Vinicio%20Betancourt%20Betancourt.pdf>
- Bustos, C. L. (1947). La almorta y el latirismo. Cuadernos de estudios manchegos, (1), 37-47.
- Camino Pérez, N. (2021). Caracterización del perfil de ácidos grasos en aceite vegetales mediante HPLC.
- Cantú, S. M., Lee, H. J., Donoso, A., Puyó, A. M., & Peredo, H. A. (2017). *EL ÁCIDO ARAQUIDÓNICO Y SUS DERIVADOS. GENERALIDADES DE LOS PROSTANOIDES EN RELACIÓN CON PROCESOS INFLAMATORIOS*. Aargentinapciencias.org. <https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2018/01/RevistasCeI/tomo67-4/1-cei67-4-2.pdf>
- Carita, T., & Cid, F. L. (2014). La almorta, un cultivo ancestral con perspectivas de futuro. Vida rural, (378), 52-55.
- Cedeño González, F. O., Prieto González, M. M., Bada Gancedo, J. C., & Alonso Suárez, R. (1999). Estudio de la densidad y de la viscosidad de algunos ácidos grasos puros.
- Chinnasamy, G., Bal, A. K., & McKenzie, D. B. (2005). Fatty acid composition of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) seeds. *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, 4, 2-4.
- Costa, A., Sousa, P., Gaban, S., Silva, L., Gouveia, S. y Figueiredo, R. (2020). Aspectos fisicoquímicos y nutricionales del aceite y almendras de coco babasú (*Orbignya phalerata* Mart.). *Revista Chilena de Nutrición: Organo Oficial de La Sociedad Chilena de Nutrición, Bromatología y Toxicología*, 47 (1), 57–66. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182020000100057>
- Díaz-Yamal, I., & Munévar-Vega, L. (2009). Fitoestrógenos: revisión de tema. *Revista Colombiana de Obstetricia y Ginecología*, 60(3), 274-280.
- Duchi, N. (2021). Metodos de Extraccion de acidos grasos de la almendra guanabana (*Anona muricata*). *Escuela Politecnica de Chimborazo Presentado para optar al grado académico de: Ingeniero en Industrias Agropecuarias*
- Ekwenye, U.N. (2006). Chemical characteristics of palm oil biodeterioration. *Biokemistri*, 18:141-149.

- Estela Ponce-Fernández, N. P.-L.-D.-P.-I. (2019). composición química, características funcionales y capacidad antioxidante de formulaciones de garbanzo (*cicer arietinum* l.) *blanco sinaloa* 92. *Agrociencia*, 53 (1), 35–44. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1749>.
- FAO. 2016. Legumbres: semillas nutritivas para un futuro sostenible. Rome. <https://doi.org/10.4060/i5528s>
- FAO/OMS. (2011). Grasas y aceites comestibles. Codex Alimentarius.
- Fiorela FERNÁNDEZ-MONTES, L., & SOTELO-MENDEZ, A. (2023). Calidad nutricional y evaluación biológica de la harina de arveja chata (*Lathyrus sativus* L.) cocida en ratas. *Revista Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 43(1).
- Fishers. (2016). *Ácido succínico; deficiencia*. Fishersci.es. <https://www.fishersci.es/es/es/browse/80013736/ácido-succínico?page=1>
- Frank, N., Albert, M, y Ekwe, D. (2011). Assessment of the quality of crude palm oil from smallholders in Cameroon. *J. Stored Prod. Postharvest Res*, 2: 52-58
- García, D. T., Espinosa, C., Domínguez, Y. D., Macias, M. R., Santana, E. F., & Rodríguez, R. P. (2018). Extracción etanólica de aceite de semillas de *Moringa oleifera*. *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 74, 32–38. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6463444>
- Gaspar, G., & Lucila, M. (2019). Optimización del proceso de extracción de Aceite de Teberinto (*Moringa Oleifera*) mediante Método Soxhlet.
- González-Díaz, Y., & Véliz-Jaime, M. Y. (2020). Extracción y caracterización del aceite esencial de mango obtenido de residuos agroindustriales. *Tecnología química*, 40(3), 488–501. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S222461852020000300488&lang=en
- H, M. C., León, S. V. Y., Tolentino, R. G., F, M. V., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 42(2), 206-212. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182015000200014>

- Hanbury et al, C. D. (2018). A review of the potential of *Lathyrus sativus* L. and *L. cicera* L. grain for use as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 87(1–2), 1–27. [https://doi.org/10.1016/s0377-8401\(00\)00186-3](https://doi.org/10.1016/s0377-8401(00)00186-3).
- Hao X.et al, Y. T. (2022). Construction of A GBS-based high-density genetic map and flower color-related loci mapping in grasspea (*Lathyrus sativus* L.). *Plants*, 11(16), 2172. <https://doi.org/10.3390/plants11162172>.
- INaturalistEc. (12 de Enero de 2023). inaturalist. Obtenido de <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/164443-Lathyrus-sativus>
- INEN. (12 de 1980). Determinacion de fibra. *Harinas de origen vegetal*. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://ia801902.us.archive.org/6/items/ec.nte.0522.1981/ec.nte.0522.1981.pdf>
- INEN. (12 de 1980). Determinacion de grasa. *Harinas de origen vegetal*. Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <https://ia802909.us.archive.org/25/items/ec.nte.0523.1981/ec.nte.0523.1981.pdf>
- INEN. (12 de 1980). Determinacion de proteina. *Harinas de origen vegetal*. Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <https://ia802906.us.archive.org/28/items/ec.nte.0519.1981/ec.nte.0519.1981.pdf>
- INEN. (2013). Contenido de Humedad. *Cereales y productos de cereales. determinacion del contenido de humedad. metodo basico de referencia*. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/653998348/NTE-INEN-1462-CEREALES-DETERMINACION-CONT-DE-HUMEDAD>
- Jáuregui, A. M. M., Ureta, C. A. O., & Zelada, C. E. (2011). Fitoesteroles y fitoestanoles: Propiedades saludables. *Horizonte Médico* (Lima), 11(2), 93-100.
- Jiménez, J. P. (2009). Antioxidantes y alimentos. In *Un breve viaje por la ciencia* (pp. 29-36). *Universidad de La Rioja*.
- Jiménez, M.E., Aguilar, M., Zambrano, M., Kolar, E. (2001). Propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido de puré deshidratado por microondas. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 45 (2), 89-92. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47545209>
- Kirk, RS., Sawyer, R., Egan, H. 2011. Composición y Análisis de Alimentos de Pearson. Grupo *Editorial Patria*. Décima primera reimpression, México, pp. 706-710.

- Kosev VI y Vasileva VM. (2019). Caracterización morfológica de variedades de guisante (*Lathyrus sativus* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*. <http://repo.lib.sab.ac.lk:8080/xmlui/handle/123456789/917>.
- Lafont, J. J., Durango, L. C., & Aramendiz, H. (2014). Estudio químico del aceite obtenido a partir de siete variedades de soya (*Glycinemax* L.). *Información tecnológica*, 25(2), 79-86.
- Lafont, J. J., Espitia, A. A., & Páez, M. S. (2019). Estudio Físicoquímico del Aceite y Análisis Proximal de la Torta de Semillas Oleaginosas nativas de Córdoba-Colombia. *CIT Informacion Tecnologica*, 30(4), 85–92. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000400085>
- Lambein, F. ,.-H. (2019). Guisante (*Lathyrus sativus* L.): ¿cultivo huérfano, nutracéutico o simplemente alimento? *Planta* , 250 (3), 821–838. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-03084-0>.
- Lanzón, A., Guinda Garín, M., Albi, T., & Osa, C. (1995). Método rápido para la determinación de escualeno en aceites vegetales.
- Lanzón, A., Guinda Garín, M., Albi, T., & Osa, C. (1995). Método rápido para la determinación de escualeno en aceites vegetales.
- Malo, M. (2021). Chickling Pea (*Lathyrus sativus* L.): An Environmentally Successful Robust Legume. *AgriCos e-Newsletter*, 2.
- Martins D et al., S. C. (2023). *Lathyrus sativus* Resistance Against the Existing and Emerging Pathogens *Erysiphe pisi* and *E. trifolii*: A Case of Commonalities or Total Discrepancy? *Phytopathology*, 113(5), 866–872. <https://doi.org/10.1094/phyto-06-22-0227-fi> .
- Medina, L. A. (2010). Técnicas para la determinación de compuestos antioxidantes en alimentos. *Autodidacta-Revista de la Educación en Extremadura*.
- Mendoza, D., Parra, L., & Loza, S. (2014). Capacidad captadora de radicales libres del aceite esencial y extractos etanólicos de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl) H.
- Mercader Ros, M. T. (2011). Encapsulación de flavonoles en ciclodextrinas. Efectos en su actividad antioxidante.
- Merillat, L. A., & Wyman, W. E. A. (1898). Department of surgery. *The Journal of Comparative Medicine and Veterinary Archives*, 19, 816–820. <https://froemkelab.med.nyu.edu/surgery/content?ChunkIID=125063>

- Montes y Méndez, A. S. (2023). Montes, L. F. F., & Méndez, A. S. (2023). Calidad nutricional y evaluación biológica de la harina de arveja chata (*Lathyrus sativus* L.) cocida en ratas. *Nutrición clínica, dietética hospitalaria*, 43(1), 99–107.
- Mozafarpour R. y Koocheki, A. (2023). Effect of ultrasonic pretreatment on the rheology and structure of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) protein emulsion gels induced by transglutaminase. *Ultrasonics Sonochemistry*, 92(106278), 106278. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106278>.
- Nambo S et al, E. N.-C.-J. (2023). Propiedades nutricionales y funcionales de la lenteja (*Lens culinaris*), la haba (*Faba Vicia* L.) y el garbanzo (*Cicer Arietinum*) como alternativa en la alimentación animal”. *Archivos Latinoamericanos De Producción Animal 31 (Suplemento)*, 103-8. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106278>.
- National Health. (2018). *El ácido pantoténico, ¿qué es; Sirve, ¿para Qué; Datos sobre el ácido pantoténico*. Nih.gov. <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/PantothenicAcid-DatosEnEspanol.pdf>
- Navarra. (2023). *Qué es xilosa. Diccionario médico*. <https://www.cun.es>. <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/xilosa>
- Nielsen, SS. 2003. *Análisis de los Alimentos. Editorial Acribia, S. A.* 3ª Edición, Zaragoza España, p 275-276.
- Norma del Codex para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales. Codex Stan 19-1981 (Rev 2 – 1999).
- Ochoa, J., & Yunkor, Y. (2019). El estudio descriptivo en la investigación científica. *Autonoma*, 2(2), 1-19. Obtenido de <http://revistas.autonoma.edu.pe/index.php/AJP/article/view/224>
- Ortega, A. (2020). Análisis proximal y evaluación de la actividad antioxidante de semillas de la especie *Inga densiflora* Benth. [Tesis-Química de Alimentos; Universidad Central del Ecuador]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21956>
- Palma, J. M., Aguirre, M., Cárdenas, C., & Moya, A. (2015). Valor nutritivo de tres leguminosas arbóreas en el trópico seco de México. *Pastos y forrajes*, 22(1).

- Pilco, S. (2015). Elaboración de una bebida a base de granos andinos: Quinoa (*Chenopodium quinoa*) y Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). [Doctorado en Ciencias de Alimentos; Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4576>
- Powers, H. J. 2003. Riboflavin (vitamin B-2) and health. *Am. J. Clin. Nutr.* 77:1352–1360
- Pruna, J. (2021). *¿Legumbre o leguminosa?* Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/leguminosas-el-alimento-de-todos>
- Purizaca T & Saravia G. (2014). "CENIZAS Y GRASAS. <https://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf> Retrieved January 12, 2024, from <https://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf>
- Robinson, cultivado en Colombia. *SciELO*, 13(2), 9-23. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-95502014000200002&script=sci_abstract&tlng=es
- Rodríguez, R. L. (2012). "Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre el consumo humano ocasional de almortas (*Lathyrus sativus*). 11p.
- Rojas Ramos, K. M. (2019). *Obtención y extracción de aceites vegetales*.
- Rybiński W et al, K. M. (2020). Antioxidant capacity of *Lathyrus sativus* seeds. *Journal of Food Bioactives: An Official Scientific Publication of the International Society of Nutraceuticals and Functional Foods (ISNFF)*, 11.
- Rybiński W et al., (2020). Antioxidant capacity of *Lathyrus sativus* seeds. *Journal of Food Bioactives*, 11.
- Sacristán M et al, V. A. (2018). Determination of β -N-oxalyl-L- α,β -diaminopropionic acid and homoarginine in *Lathyrus sativus* and *Lathyrus cicera* by capillary zone electrophoresis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(7), 1414–1420. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6792> .
- Sanches, M., Sampaio, A. M., Araújo, S., van Eeuwijk, F., Van Breusegem, F., & Vaz Patto, M. C. (2024). Grass pea (*Lathyrus sativus*) interesting panoply of mechanisms to cope with contrasting water stress conditions – a controlled study of sub populational differences in a

- worldwide collection of accessions. *Agricultural Water Management*, 292(108664), 108664. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108664>
- Sánchez Mendoza, N. A. (2018). Caracterización física, nutricional y no nutricional DE Las semillas DE Inga Paterno. *Revista Chilena de Nutricion: Organo Oficial de La Sociedad Chilena de Nutricion, Bromatologia y Toxicologia*,.
- Santiago S. C. (2023). Lathyrus sativus Resistance Against the Existing and Emerging Pathogens Erysiphe pisi and E. trifolii: A Case of Commonalities or Total Discrepancy? *Phytopathology*, 113(5), 866–872. <https://doi.org/10.1094/phyto-06-22-0227-fi> .
- Santos R et al ., M. A. (2021). Development and physicochemical characterization of a new grass pea (Lathyrus sativus L.) miso. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(6), 2227–2234. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10842> .
- Serrano, M. E. D., López, M. L., & Espuñes, T. D. R. S. (2006). Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 37(4), 58-68.
- Suman et al, A. Y. (2020). A convenient and robust protocol for preparation of ODAP-free Lathyrus sativus protein. *Analytical Biochemistry*, 591(113544), 113544. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2019.113544>.
- Tamburino, R., Guida, V., Pacifico, S., Rocco, M., Zarelli, A., Parente, A., & Di Maro, A. (2012). Nutritional values and radical scavenging capacities of grass pea ('Lathyrus sativus' L.) seeds in Valle Agricola district, Italy. *Australian Journal of Crop Science*, 6(1), 149-156.
- Universidad de Madrid, e. a. (2018). *Modulo de Nutricion y Dietetica. Madrid España: CD PRESS*.
- Viresa. (01 de 11 de 2021). Metodo de Soxhlet. Determinación de grasas en alimentos método soxhlet y goldfish.