



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE ALIMENTOS

Estudio comparativo de 2 solventes (hexano y acetato de etilo para la obtención de aceite de Lupinus Mutabilis Sweet (chocho) mediante el método EAU

**LEON SARANGO VICTOR DANIEL
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**ROMERO BLACIO PAULA MARITE
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE ALIMENTOS

**Estudio comparativo de 2 solventes (hexano y acetato de etilo para
la obtención de aceite de Lupinus Mutabilis Sweet (chocho)
mediante el método EAU**

**LEON SARANGO VICTOR DANIEL
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**ROMERO BLACIO PAULA MARITE
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE ALIMENTOS

TRABAJOS EXPERIMENTALES

Estudio comparativo de 2 solventes (hexano y acetato de etilo para la obtención de aceite de Lupinus Mutabilis Sweet (chocho) mediante el método EAU

**LEON SARANGO VICTOR DANIEL
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**ROMERO BLACIO PAULA MARITE
INGENIERA EN ALIMENTOS**

CUENCA MAYORGA FABIAN PATRICIO

**MACHALA
2023**

Estudio comparativo de 2 solventes (hexano y acetato de etilo para la obtención de aceite de Lupinus Mutabilis Sweet (chocho) mediante el método EAU

por Paula Marité Romero Blacio

Fecha de entrega: 12-oct-2023 07:40a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2193465153

Nombre del archivo: Redaccio_n_Leon-Romero_corregido_1.docx (3.3M)

Total de palabras: 10901

Total de caracteres: 574

Estudio comparativo de 2 solventes (hexano y acetato de etilo para la obtención de aceite de Lupinus Mutabilis Sweet (chocho) mediante el método EAU

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	handbook.usfx.bo Fuente de Internet	<1%
2	dokumen.tips Fuente de Internet	<1%
3	www.scilit.net Fuente de Internet	<1%
4	edoc.pub Fuente de Internet	<1%
5	ojs.unipamplona.edu.co Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad EAN Trabajo del estudiante	<1%
7	eprints.utm.my Fuente de Internet	<1%
8	ciencia.lasalle.edu.co Fuente de Internet	<1%

9	mall.trunojoyo.ac.id Fuente de Internet	<1 %
10	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
11	bioline.org.br Fuente de Internet	<1 %
12	stud.epsilon.slu.se Fuente de Internet	<1 %
13	eprints.ucm.es Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	www.scielo.cl Fuente de Internet	<1 %
16	N Lemus, T Urbano, B Arredondo-Vega, M Guevara, A Vásquez, L Carreón-Palau, N Vallejo. "Growth and biochemical profile of <i>Chaetoceros muelleri</i> cultured in batch and semicontinuous systems", <i>Ciencias Marinas</i> , 2006 Publicación	<1 %
17	cia.uagraria.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
18	cdigital.uv.mx Fuente de Internet	<1 %

19

lookformedical.com

Fuente de Internet

<1 %

20

Francesco Bordignon. "Feeding Strategies and Rearing Techniques for a Sustainable Aquaculture", Universitat Politecnica de Valencia, 2022

Publicación

<1 %

21

etd.adm.unipi.it

Fuente de Internet

<1 %

22

repositorio.upt.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

23

www.scielo.br

Fuente de Internet

<1 %

24

revistabiociencias.uan.mx

Fuente de Internet

<1 %

25

ssarauco.queviene.cl

Fuente de Internet

<1 %

26

Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA

Trabajo del estudiante

<1 %

27

tesis.ipn.mx

Fuente de Internet

<1 %

28

diposit.ub.edu

Fuente de Internet

<1 %

www.cothn.pt

Fuente de Internet

29

<1 %

30

www.scielo.org.pe

Fuente de Internet

<1 %

31

Susunaga-Notario, Ana, Salud Pérez-Gutiérrez, Miguel Zavala-Sánchez, Julio Almanza-Pérez, Atilano Gutiérrez-Carrillo, Daniel Arrieta-Báez, Ana López-López, Rubén Román-Ramos, José Flores-Sáenz, and Francisco Alarcón-Aguilar. "Bioassay-Guided Chemical Study of the Anti-Inflammatory Effect of *Senna villosa* (Miller) H.S. Irwin", *Molecules*, 2014.

Publicación

<1 %

32

bilinguismoinfantil.wordpress.com

Fuente de Internet

<1 %

33

"Grafeno y materiales derivados como catalizadores pseudohomogéneos en reacciones orgánicas.", 'Universitat Politecnica de Valencia'

Fuente de Internet

<1 %

34

dspace.espol.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

35

idus.us.es

Fuente de Internet

<1 %

36

ijtech.eng.ui.ac.id

Fuente de Internet

<1 %

37 patents.google.com
Fuente de Internet

<1 %

38 servicio.bc.uc.edu.ve
Fuente de Internet

<1 %

39 Carlos Alberto Martins Cordeiro, Evaldo Martins da Silva, Norma Suely Evangelista-Barreto. "Ciência e Tecnologia de Alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas - Volume 2", Editora Científica Digital, 2021
Publicación

<1 %

40 Claudia Isabel Bas Bellver. "Desarrollo del proceso de obtención de polvos funcionales de uso alimentario a partir de residuos de las líneas de confección de hortalizas, caracterización funcional y evaluación de su respuesta a la digestión simulada in vitro", Universitat Politecnica de Valencia, 2023
Publicación

<1 %

41 app.sni.gob.ec
Fuente de Internet

<1 %

42 dspace.umh.es
Fuente de Internet

<1 %

43 repositorio.ute.edu.ec
Fuente de Internet

<1 %

44	repository.unad.edu.co Fuente de Internet	<1 %
45	www.raco.cat Fuente de Internet	<1 %
46	Ana Teresa Noguerol Meseguer. "Desarrollo de preparados texturizantes Clean Label", Universitat Politecnica de Valencia, 2022 Publicación	<1 %
47	moam.info Fuente de Internet	<1 %
48	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
49	theses.hal.science Fuente de Internet	<1 %
50	uvalde.tamu.edu Fuente de Internet	<1 %
51	www.unab.edu.co Fuente de Internet	<1 %
52	M. F. Díaz, Y. Sánchez, M. Gómez, F. Hernández, M. C. Da C. Veloso, P. A. De P. Pereira, A. S. Mangrich, J. B. De Andrade. "Physicochemical characteristics of ozonated sunflower oils obtained by different procedures", Grasas y Aceites, 2012 Publicación	<1 %

53 Nadia Segura, Miguel Alejandro Amarillo, Natalia Ines Martinez, María Antonia Grompone. "Improvement in the Extraction of Hass Avocado Virgin Oil by Ultrasound Application", Journal of Food Research, 2018
Publicación <1 %

54 stutzartists.org
Fuente de Internet <1 %

55 LAURA BENEDITO PALOS. "Sustitución de aceites de pescado en dietas de engorde de dorada (*Sparus aurata*) ricas en proteínas vegetales. Efectos sobre el crecimiento y los perfiles de ácidos grasos", Universitat Politecnica de Valencia, 2010
Publicación <1 %

56 Sunil Kumar Chongtham, Elangbam Lamalakshmi Devi, Kajal Jeshima Khan SamantaraYasin, Shabir Hussain Wani et al. "Orphan legumes: harnessing their potential for food, nutritional and health security through genetic approaches", Planta, 2022
Publicación <1 %

57 repositorio.upao.edu.pe
Fuente de Internet <1 %

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, LEON SARANGO VICTOR DANIEL y ROMERO BLACIO PAULA MARITE, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Estudio comparativo de 2 solventes (hexano y acetato de etilo para la obtención de aceite de Lupinus Mutabilis Sweet (chocho) mediante el método EAU, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



LEON SARANGO VICTOR DANIEL

0706609328



ROMERO BLACIO PAULA MARITE

0704539204

DEDICATORIA

La Presente Investigación va dedicada con mucho cariño a tres personas muy importantes y fundamentales en mi vida, mis padres Victor y Eyner y a mi hermana Jael los cuales siempre supieron brindarme su apoyo y comprensión a lo largo de mi vida y por cada día motivarme a culminar mis estudios.

Dedico este trabajo a mis padres Mariuxi y Walter y a mi hermana Fernanda, por ser quienes me han acompañado en todo momento durante mi carrera profesional, por brindarme momentos de mucha alegría y apoyarme cada día. Así mismo se lo dedico a mi mascota que me ha brindado cariño y compañía en mis noches de estudio durante toda mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros padres y hermanas por apoyarnos en cada etapa de nuestra formación profesional.

A nuestros mejores amigos quienes siempre nos acompañaron en la buenas y en las malas a lo largo de la carrera, haciendo que esta etapa sea más alegre.

A aquellos docentes que nos impartieron sus conocimientos para formarnos como mejores personas y buenos profesionales.

Al Ing. Fabian Cuenca por su colaboración y asesoramiento en todas las dudas que surgieron en el camino de culminar esta investigación.

RESUMEN

Esta investigación fue realizada en los laboratorios de la facultad de ciencias químicas y de la salud de la Universidad Técnica de Machala, en donde se extrajo el aceite del frijol lupino, el cual fue conseguido en la provincia de Chimborazo, luego paso por el desamargado del grano con el fin de eliminar los alcaloides propios del frijol y posterior transformación a harina para extraer la materia grasa mediante la aplicación de la extracción asistida por ultrasonido y solventes químicos como el acetato de etilo y el hexano, al extraerse el aceite se procedió a colocarlo en un rotoevaporador para la eliminación del solvente en la muestra, misma que fueron enviadas a la UTPL para los realizar los análisis cromatográficos y posterior caracterización.

En la determinación del rendimiento mediante análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas aplicando acetato de etilo o hexano como solvente, aunque se obtuvo un poco más de abundancia de aceite en las extracciones realizadas con el acetato de etilo

Para la interpretación de los ácidos grasos hallados en el aceite de frijol lupino, haciendo uso de cromatografía gaseosa/espectrometría de masa se logró identificar 9 compuestos grasos y aplicando análisis estadístico (ANOVA de un factor) se logró determinar que en 8 de los 9 ácidos grasos no existía diferencia significativa entre un solvente u otro. Por último, se logró concluir que el acetato de etilo es una opción recomendable para utilizarlo en la extracción de aceite, ya que tiene mejores resultados que el hexano.

ABSTRACT

This research was carried out in the laboratories of the Faculty of Chemical and Health Sciences of the Technical University of Machala, where the oil was extracted from the lupine bean, which was obtained in the province of Chimborazo, then went through the debittering of the grain in order to eliminate the bean's own alkaloids and subsequent transformation into flour to extract the fatty matter through the application of ultrasound-assisted extraction and chemical solvents such as ethyl acetate and hexane. When the oil was extracted, it was placed in a rotoevaporator to eliminate the solvent in the sample, which was sent to the UTPL for chromatographic analysis and subsequent characterization.

In determining the yield through statistical analysis, no significant differences were found when applying ethyl acetate or hexane as a solvent, although a little more abundance of oil was obtained in the extractions carried out with ethyl acetate.

For the interpretation of the fatty acids found in lupine bean oil, using gas chromatography/mass spectrometry it was possible to identify 9 fatty compounds and by applying statistical analysis (one-way ANOVA) it was possible to determine that in 8 of the 9 acids fatty acids there was no significant difference between one solvent or another. Finally, it was concluded that ethyl acetate is a recommended option to use in oil extraction, since it has better results than hexane.

INDICE GENERAL

CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general	2
Objetivos específicos.....	2
MARCO TEÓRICO.....	3
1 Generalidades	3
1.1 Frijol lupino.....	3
1.1.1 Taxonomía	4
1.1.2 Distribución geográfica	4
1.2 Semilla del frijol lupino.....	5
1.2.1 Proceso de desamargado	6
1.2.2 Requisitos del grano desamargado del frijol lupino	7
1.3 Características de los ácidos graos presentes en el frijol lupino	8
1.3.1 Ácido mirístico.....	8
1.3.2 Ácido palmítico.....	8
1.3.3 Ácido palmitoleico.....	8
1.3.4 Ácido esteárico.....	8
1.3.5 Ácido oleico	9
1.3.6 Ácido elaídico	9
1.3.7 Ácido linoleico.....	9
1.3.8 Ácido linolénico.....	10
1.3.9 Ácido araquidónico.....	10
1.4 Aceite de lupino	10
1.5 Hexano	11
1.6 Acetato de etilo.....	11
1.7 Extracción asistida por ultrasonido	12
1.8 Evaporación rotativa	13
1.9 Cromatografía de gases/Espectrometría de masas	14
2 METODOLOGÍA.....	15
2.1 Localización	15
2.2 Materia prima	15
2.3 Preparación de la materia prima.....	15

2.4	Extracción de Aceite	16
2.5	Transesterificación	17
2.6	Método cromatográfico	18
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
3.1	Rendimiento	18
3.2	Calidad del aceite	21
3.3	Análisis estadístico del perfil de ácidos grasos	24
3.4	Ácido mirístico	25
3.5	Ácido palmítico	25
3.6	Acido palmitoleico	26
3.7	Ácido Esteárico	27
3.8	Ácido oleico	27
3.9	Ácido elaídico	28
3.10	Acido linoleico	29
3.11	Ácido Linolénico	29
3.12	Ácido araquidico	30
4	CONCLUSIONES	31
5	RECOMENDACIONES	32
6	BIBLIOGRAFÍA	33
7	ANEXOS	39

Lista de figuras

Figura 1. Representación gráfica de la extracción asistida por ultrasonido	12
Figura 2. Imagen de un equipo roto-evaporador.....	14
Figura 3. Cromatograma del perfil de ácidos grasos con acetato de etilo.....	23
Figura 4. Cromatograma del perfil de ácidos grasos con hexano	24

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica del <i>Lupinus mutabilis</i> sweet	4
Tabla 2. Composición de ácidos grasos del frijol lupino amargo y desamargado	5
Tabla 3. Composición química proximal del frijol lupino desamargado	7
Tabla 4. Análisis microbiológico del frijol lupino desamargado	7
Tabla 5. Análisis físico del frijol lupinus desamargado.....	7
Tabla 6. Rendimiento de las extracciones de aceite de frijol lupino.....	19
Tabla 7. ANOVA - Rendimiento de las extracciones con acetato de etilo y hexano como solventes	19
Tabla 8. Perfil de ácidos grasos con acetato de etilo.....	21
Tabla 9. Perfil de ácidos grasos con hexano	22
Tabla 10. Ácido mirístico repeticiones	25
Tabla 11. ANOVA - Ácido mirístico.....	25
Tabla 12. Ácido palmítico repeticiones	25
Tabla 13. ANOVA - Ácido palmítico.....	26
Tabla 14. Ácido palmitoleico repeticiones.....	26
Tabla 15. ANOVA - Ácido palmitoleico	26
Tabla 16. Ácido esteárico repeticiones	27
Tabla 17. ANOVA - Ácido esteárico.....	27
Tabla 18. Ácido oleico repeticiones.....	27
Tabla 19. ANOVA - Ácido oleico	28
Tabla 20. Ácido elaídico repeticiones.....	28
Tabla 21. ANOVA - Ácido elaídico	28
Tabla 22. Ácido linoleico repeticiones.....	29
Tabla 23. ANOVA - Ácido linoleico	29
Tabla 24. Ácido linolénico repeticiones.....	29
Tabla 25. ANOVA - Ácido linolénico	30

Tabla 26. Ácido araquídico repeticiones.....	30
Tabla 27. ANOVA - Ácido araquídico	30

Lista de Anexos

Anexo #1: Recepción y remojado del grano lupino.....	39
Anexo #2: Cocción y segundo remojado del grano.....	39
Anexo #3: Cambio de agua del grano cada 10 horas.....	39
Anexo #4: Secado y triturado del grano.....	40
Anexo #5: Harina del grano lupino.....	40
Anexo #6: Pesado de la muestra.....	40
Anexo #7: Medición del Solvente.....	41
Anexo #8: Mezcla del solvente con la muestra.....	41
Anexo #9: Muestra sometida al baño de ultrasonido.....	41
Anexo #10: Filtrado de la muestra.....	42
Anexo #11: Muestra sometida al rotoevaporador para eliminar el solvente.....	42
Anexo #12: Parámetros aplicados del rotoevaporador.....	43
Anexo #13: Muestra de aceite del grano lupino.....	43

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de consumo de alimentos en adición al incremento del precio de la energía, conducirán a un aumento de la superficie cultivada con legumbres a futuro. Varias legumbres tienen poseen la ventaja de brindar alta proporción en materia seca como fuente de proteínas de calidad relativamente alta, así como un aceite comestible compuesto principalmente de ácidos grasos insaturados (Gutiérrez et al., 2016).

La leguminosa *Lupinus mutabilis* sweet conocida como *chocho*, *tarwi* o frijol lupino es considerada un grano rico en proteínas y grasas, ha sido un complemento alimenticio y dietético durante generaciones desde la época prehispánica (Villacrés et al., 2010). Además, *Lupinus mutabilis* sweet, posee proteína elevada en lisina, la cual se constituye como un aminoácido esencial presente limitadamente en otras leguminosas. Así mismo, posee un elevado contenido de grasa, en su mayoría compuesta por ácidos grasos saludables. Actualmente, se establece a dicha leguminosa como una fuente potencial de proteínas y compuestos destinados a la industria alimentaria (Suca & Suca, 2015).

El contenido graso presente en el frijol lupino es rico en ácidos grasos esenciales representando alrededor del 30% del total; por lo que un consumo más elevado de dicho grano puede traer beneficios en la salud y estado nutricional del consumidor. De acuerdo con Pascual et al., (2021), el aceite de frijol lupino está conformado por alrededor del 28,17 % de ácido linoleico y 2,54 % de ácido linolénico, porcentajes considerables ante la recomendación alimentaria.

En la industria alimentaria, existen diferentes técnicas para obtener aceite de leguminosas, entre las cuales se destaca el método de extracción mediante el uso de solventes (Coca et al., 2017). El hexano es el solvente más comúnmente utilizado debido a su alta eficiencia en la extracción. No

obstante, se ha clasificado a este solvente como una sustancia cancerígena, mutagénica y tóxica, lo cual puede llevar a su eventual eliminación en el procedimiento de extracción de aceite (Gasparetto et al., 2023; Abdellah et al., 2019).

Por otro lado, el acetato de etilo es considerado como un solvente seguro y de bajo riesgo, ya que no se le atribuyen propiedades carcinogénicas, mutagénicas o tóxicas significativas. Además, de que posee puntos de inflamación altos, por lo que es menos inflamable y peligroso así mismo su costo por unidad es menor. Al emplearlo en la extracción de aceite de leguminosas, se logra obtener un producto final de buena calidad, con características organolépticas aceptables y un contenido de impurezas relativamente bajo (Lohani et al., 2015).

Dado lo mencionado, el siguiente trabajo de titulación está enfocado en la comparación a nivel molecular del aceite extraído tanto por hexano como por acetato de etilo, para así determinar la eficacia de este último y proponerlo como una alternativa en la extracción de aceite en leguminosas andinas tales como el chocho.

Objetivo general

Realizar un estudio comparativo del rendimiento de dos solventes químicos para la extracción de aceite de frijol lupino (*lupinus mutabilis sweet*) por medio del método de extracción asistida con ultrasonido.

Objetivos específicos

- Extraer aceite de la semilla de frijol lupino mediante la utilización de solventes químicos diferentes para su posterior comparación.
- Comparar el rendimiento de aceite obtenido en las extracciones mediante ANOVA de un factor para la determinar el nivel de significancia entre los disolventes.
- Interpretar los datos del perfil de ácidos grasos obtenidos por cromatografía por medio del análisis estadístico correspondiente.

MARCO TEÓRICO

1 Generalidades

1.1 Frijol lupino

Según la descripción de Lucas et al., (2015) se destacó a *L. mutabilis* como un cultivo alternativo con ventajas dietéticas superiores en comparación, por ejemplo, con la soja. Su semilla es considerada de alta calidad por poseer ácidos grasos esenciales como el linoleico, linolénico y el oleico (Jacobsen & Mujica, 2006; Borek et al., 2009; Gross et al., 1988; Castañeda et al., 2008); además de aminoácidos esenciales como la leucina, la cual ha mostrado ser de importancia para la recuperación de tejidos. La lisina, que favorece a la formación de colágeno y a la correcta absorción de calcio. Por último, también es poseedor de fenilalanina que puede ser útil en el tratamiento de la artritis y ayudar con la memoria (Ha & Zemel, 2003).

En lo que respecta a los requisitos climáticos para su cultivo, se tiene conocimiento de que la planta puede mostrar sensibilidad a la sequía además que por un exceso de humedad se puede ver afectada de manera negativa. En sus primeras etapas de crecimiento, no es capaz de resistir las heladas y, en general, necesita recibir entre 350 y 850 mm de lluvia según lo documentado por Jacobsen & Mujica, (2006).

1.1.1 Taxonomía

De acuerdo a Rivadeneira, (1999), la clasificación taxonómica de *Lupinus mutabilis* Sweet es:

Tabla 1. Clasificación taxonómica del *Lupinus mutabilis* Sweet

Nombre Científico	Nombres comunes	Denominaciones en diferentes idiomas	Clasificación taxonómica
<i>Lupinus Mutabilis</i> <i>Sweet</i>	Bolivia: chuchus muti, chuchus Ecuador y norte de Perú: chocho, chochito Azángaro, Perú: ccequilla	Español: altramuz, lupino, chocho Aymara: tauri (Bolivia) Quechua: tarwi, tarhui (Bolivia, Perú) Inglés: Andean lupine, pearl lupin	Reino: Vegetal Subreino: Fanerogame División: Espermatophitas Clase: Dicotyledoneae Orden: Rosales Familia: Fabaceae Subfamilia: Faboideae Tribu: Genisteae Género: Lupinus Especie: Lupinus mutabilis Sweet

(Rivadeneira, 1999)

1.1.2 Distribución geográfica

El *Lupinus mutabilis* Sweet se originó en el sur de Perú y valles andinos de Bolivia; estos se encuentran como plantas altas y ramificadas. En Ecuador, el norte de Perú y Colombia, podemos hallar plantas altamente ramificadas que alcanzan alturas superiores a 1,8 metros. Estas plantas tienen un largo período de crecimiento y generan una producción limitada en el tallo principal. Estas condiciones son típicas de regiones donde no se presentan heladas. (Guilengue et al., 2020). Debido a su alta plasticidad, el frijol lupino tiene una amplia adaptación a variados suelos, precipitaciones y regímenes de temperatura (Jacobsen & Mujica, 2006). A la luz de esta amplia adaptación, se han realizado intentos para introducir el frijol lupino sudamericano en las condiciones europeas para reducir la dependencia local de la soja importada (Martins et al., 2016).

Así, las semillas cosechadas en la región andina se han utilizado durante varios años para seleccionar plantas con crecimiento determinado en las condiciones mediterráneas.

1.2 Semilla del frijol lupino

La semilla *Lupinus Mutabilis* sweet es una de las especies principales del género *Lupinus* cuyo contenido de proteínas (44% de peso seco) y lípidos (18% de peso seco) es mayor respecto a las demás especies de dicho género (Lucas et al., 2015; Gulisano et al., 2019). Son una fuente rica en fósforo, potasio y hierro, según la investigación realizada por Ortega et al., (2010). Además, son especialmente ricas en ácido oleico monoinsaturado (aproximadamente un 56%) y ácido linoleico poliinsaturado (entre un 18,4% y un 26,1%) (Carvajal et al., 2015; Curti et al., 2018). Se puede visualizar en la Tabla 2 la composición de ácidos grasos en el frijol lupino amargo y desamargado en donde el ácido oleico y linoleico se hallan en mayor proporción.

Tabla 2. Composición de ácidos grasos del frijol lupino amargo y desamargado

Ácidos grasos	«Amargo»	«Desamargado»
Mirístico	0,6	Trazas
Palmítico	13,4	11,28
Palmitoleico	0,2	0,16
Esteárico	5,7	7,30
Oleico	40,4	52,53
Linoleico	37,1	28,40
Linolénico	2,9	2,98
Araquidónico	0,2	-
Behénico	0,2	-

(Gross, 1982)

De acuerdo a la investigación de Ortega et al., (2015) las semillas de lupino obtenido en los andes de Colombia presentan un pH que está cercano a la acidez con valores en el rango de 5,5 y 5,8. La variabilidad encontrada se asocia con el aumento del contenido de agua en el grano. En dicho estudio, al medir el pH en semillas con porcentajes de humedad de 40 %, 50 % y 60 %, se obtuvieron valores promedio de 5,67, 5,72 y 5,79, respectivamente. El alto contenido proteico

presente en las semillas es la razón de estas variaciones lo cual a su vez actúa como un mecanismo de amortiguación que evita cambios drásticos en el pH.

Si bien el frijol lupino es un grano rico en nutrientes, su utilización se ha visto restringida debido a su elevado contenido de alcaloides amargos y otros factores antinutricionales como la presencia de nitratos, taninos, ácido fítico y los inhibidores de la tripsina (Vilacrés et al., 2020). Galek et al., (2017) hallaron que los alcaloides predominantes en las semillas del frijol lupino andino son la 4-hidroxilupanina y la lupanina. Según Brandolini et al., (2022), se requiere llevar a cabo un proceso de desamargado en diversas fases para deshacerse de los alcaloides hallados. La técnica de desamargado comúnmente empleada en las áreas donde se cultiva implica exponer las semillas a un tratamiento térmico mediante ebullición en agua, seguido de un remojo en agua corriente durante varios días.

1.2.1 Proceso de desamargado

En la actualidad, se sigue utilizando la forma convencional de desamargado debido a que es una manera eficiente y económica de obtener los granos de *Lupinus mutabilis* libres de alcaloides, inicialmente, se sumerge el grano en agua durante un período que oscila entre 10-24 horas, a una temperatura ambiente de 20 a 25 °C. Después de ese período, se procede a hervir el grano en agua durante un lapso de 1 a 5 horas, con el requisito de cambiar el agua cada media hora; un paso alternativo, en función de la disponibilidad, es su colocación en sacos permeables para luego ser llevadas a una corriente de agua vertiente de 72 a 120 horas o hasta que pierda su amargor. A continuación, se lleva a cabo un proceso de desecación durante aproximadamente 20 horas; al finalizar dicho proceso el grano es almacenado o consumido inmediatamente (Vilacrés et al., 2020).

1.2.11.2.2 Requisitos del grano desamargado del frijol lupino

Tabla 3. Composición química proximal del frijol lupino desamargado

REQUISITOS	UNIDAD	VALOR	METODO DE ENSAYO
Humedad	%	72 - 75	INEN 1235
Materia Seca	%	28 - 25	INEN 1235
Proteína	%	50 - 52	AOAC 955.04
Grasa	%	19 - 24	AOAC 920.85
Fibra	%	7 - 9	AOAC 962.09
Cenizas	%	1,9-3,0	AOAC 942.05
ELN (ver nota 1)	%	12,0-22,0	Por diferencia
Energía	Kcal/g	5,369-6,476	Aplicación de la Ecuación 1
Alcaloides	%	0,02-0,07	Von Baer, D y colaboradores 1979 (ver nota 2)

Nota 1: ELN. = Extracto Libre de Nitrógeno = 100- (fibra + proteína + grasa + cenizas).
Nota 2: Método modificado por Vera, C. Escuela Politécnica Nacional, 1982, Quito.

(NTE INEN 2 390:2004)

Tabla 4. Análisis microbiológico del frijol lupino desamargado

REQUISITOS	UNIDAD	VALOR	METODO DE ENSAYO
Recuentos aerobios totales	UFC/g	$18 \times 10^2 - 1 \times 10^3$	NTE INEN 1529-5
Recuentos coliformes totales	NPM/g	$10 - 10^2$	NTE INEN 1529-7
Recuento de hongos y levaduras	UFC/cm ³	$0 - 5 \times 10^2$	NTE INEN 1529-10
<i>Escherichia coli</i>		Ausencia	NTE INEN 1529-8
Tipificación E. Coli O157 HT		Ausencia	NTE INEN 1529-8

UFC = Unidades formadoras de colonias.
NMP = Número más probable.

(NTE INEN 2 390:2004)

Tabla 5. Análisis físico del frijol lupinus desamargado

REQUISITOS	UNIDAD	VALOR
Chocho dañado (clima), máx.	%	0,2
Chocho dañado (insectos), máx.	%	0,2
Con alteración de color, máx.	%	0.2
Material vegetal extraño, máx.	%	0,05
Material mineral, máx.	%	0,001

(NTE INEN 2 390:2004)

1.3 Características de los ácidos grasos presentes en el frijol lupino

1.3.1 Ácido mirístico

Se cataloga como un ácido graso saturado con 14 átomos de carbono en su estructura. Este ácido se puede encontrar en manteca, aceite de palma, entre otros; su ingesta en alimentos a través de dieta es fundamental en recién nacidos. El frijol lupino es una fuente de ácido mirístico, ayudando a estabilizar proteínas en el sistema inmunológico, característica importante en la salud humana (Guzmán, 2011).

1.3.2 Ácido palmítico

Considerado como un ácido graso común conformado por 16 átomos de carbono. Se encuentran en lípidos: vegetales como el aceite de palma, coco y manteca como cacao; y, en animales como carnes y grasas lácteas (quesos, mantequilla y natas) (Lares et al., 2012). Se establece como el ácido graso menos saludable por su incremento de colesterol en sangre en el cuerpo humano, sin embargo, sus funcionalidades en el organismo se centran en la producción de energía, funciones del sistema nervioso, entre otros (Comité de Nutrición, Asociación Española de Pediatría - AEP, 2017).

1.3.3 Ácido palmitoleico

Contemplado como un ácido graso monoinsaturado, encontrándose de manera habitual en los glicéridos en el tejido adiposo humano en concentración elevada en el hígado. Este ácido se encuentra en aceites vegetales y grasas animales, de forma elevada en la nuez de macadamia o espino amarillo (Bermúdez, 2017).

1.3.4 Ácido esteárico

Se encuentra en grandes cantidades en animales y plantas, siendo más prevalente en alimentos como carne, productos cárnicos, pescado, cereales y productos lácteos. Este ácido graso presenta cadena larga constando de 18 átomos de carbono. Su obtención se establece bajo el tratamiento de

la grasa de origen animal bajo una elevada temperatura y presión. Su uso se centra en la producción de jabones, ungüentos y otros materiales comerciales (Guzmán, 2011).

1.3.5 Ácido oleico

Se cataloga como un ácido graso de características monoinsaturadas, encontrado de forma principal en los aceites vegetales (oliva, aguacate, entre otros). Se presenta en un estado oleoso incoloro, soluble en compuestos orgánicos, con mayor porcentaje de presencia en aceite de oliva, girasol y aguacate.

De acuerdo con Guzmán (2011), el ácido oleico presenta distintas ventajas en la preparación de alimentos producto a su alto umbral de oxidación, sin convertirse en ácidos grasos hidrogenados/saturados, con una descomposición más lenta con menor absorción de grasa a alimentos, por lo tanto, con un menor aporte calórico.

1.3.6 Ácido elaídico

Se cataloga como un ácido graso monoinsaturado, con una presencia elevada en aceites vegetales hidrogenados, grasa de res, crema de leche, entre otros. Siendo que, su concentración en carnes y lácteos es baja asociado principalmente a la alimentación del ganado. Este ácido presenta efectos negativos sobre el ser humano, incidiendo en el desarrollo de enfermedades cardiovasculares (Guzmán, 2011).

1.3.7 Ácido linoleico

Se define como un tipo de ácido graso poliinsaturado que se encuentra tanto en organismos vegetales como en animales, encontrando como fuentes principales en aceites vegetales tales como soya, girasol, linaza, maíz, entre otros. Consumirlo está vinculado en los seres humanos a la reducción de la presión arterial y a la disminución de los niveles de triglicéridos en la sangre, lo que contribuye a prevenir enfermedades y a envejecer de manera más saludable, generando efectos positivos en la salud. (Gómez, 2009).

1.3.8 Ácido linolénico

Ácido graso constituido por 18 átomos de carbono, como fuentes alimentarias principales como el aceite de linaza y soya. De acuerdo con Guzmán (2011), este ácido es fundamental para la síntesis de omega-3, que es fundamental en el cuerpo humano, asociándose de igual manera como un ácido graso cardioprotector en contra de arritmias en el ser humano.

1.3.9 Ácido araquidónico

Este ácido es de obtención directa por la dieta o conversión indirecta por el ácido linoleico (Companioni, 1995). Este tipo de graso actúa en procesos de inflamación y sistema nervioso. Dado que los ácidos araquidónicos (especialmente sus derivados) tienen una enorme actividad biológica, es necesario controlar cuidadosa y eficazmente los ácidos grasos libres. Esto requiere una gran suma de enzimas trabajen juntas para garantizar que el nivel básico de AA (Acido Araquidónico) libre en la célula sea bajo; para prever su uso en la producción de eicosanoides en relación con la estimulación celular (Astudillo, 2011).

1.4 Aceite de lupino

Villacrés et al., (2010), realizaron una investigación en donde se extrajo aceite de frijol lupino utilizando hexano como solvente. Se puso observar en dicho estudio que el aceite de frijol lupino comparte similitudes físicas con los aceites de soya, girasol y oliva. Además, en este estudio se reveló que frijol lupino en aceite posee una proporción de ácido linoleico del 28,17%, ácido linolénico de 2,54% y Tocoferol con una concentración de 1172,8 ppm; debido a sus propiedades, como el punto de humo y viscosidad, este aceite es considerando adecuado para uso en ensaladas, la preparación de mayonesas y aliños.

El punto de humo se refiere a la temperatura en la que un aceite comienza a humear continuamente debido a la descomposición térmica de sus componentes, este fenómeno indica la estabilidad y resistencia de aceites o grasas frente al calor (Guillaume et al., 2018). Por otro lado, la viscosidad

es definida como la oposición que presenta un líquido al flujo; cuando se incrementa la temperatura de un fluido, las moléculas que lo componen pueden moverse de manera más suave, lo que resulta en una disminución de la viscosidad del fluido. La viscosidad encontrada en aceite de girasol usado en cocina es de 0,037 a 0,190 Pa·s (Riba et al., 2010; Hernández et al., 2004).

1.5 Hexano

El hexano, al ser un disolvente no polar (índice de polaridad = 0,1) (Yang et al., 2018), tiene la capacidad de extraer aceite. Según la literatura, se ha establecido que "las sustancias similares se disuelven entre sí, lo que implica que los compuestos no polares pueden disolver a otros compuestos no polares (Mgoma, 2021). Por otra parte, se ha observado que el método de extracción con hexano presenta problemas ambientales, como energía altamente consumida, mayores costos de materiales y operativos, así como riesgos para la salud humana (Bhuiya et al., 2020).

Usualmente se utiliza el hexano como solvente para extraer aceite en leguminosas por su capacidad para obtener altos rendimientos. Sin embargo, en los últimos tiempos, el hexano ha sido clasificado como una sustancia carcinogénica, mutagénica y tóxica para la reproducción según las regulaciones europeas (Gasparetto et al., 2023). Esta clasificación podría llevar a la exclusión futura del hexano como disolvente en la industria de la producción de aceite (Abdellah et al., 2019).

1.6 Acetato de etilo

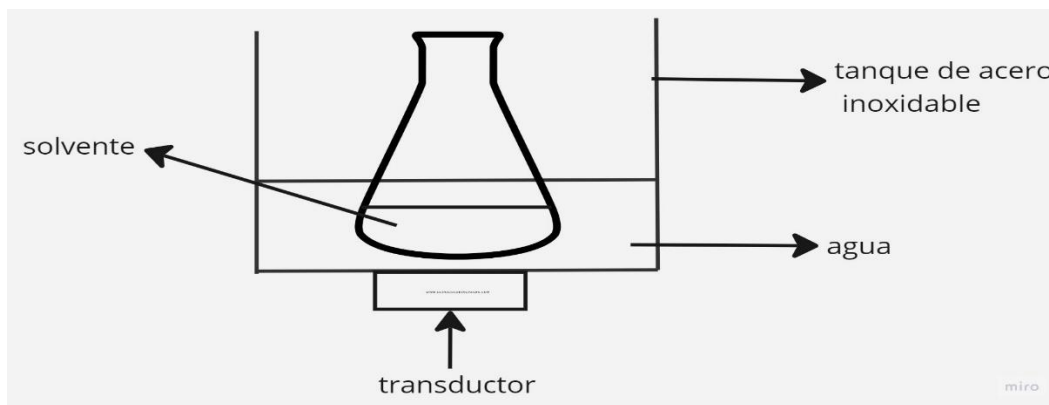
Este compuesto permite la extraer compuestos lipofílicos adecuadamente, teniendo rendimientos comparables demostrables a los de la extracción con hexano. Además, se considera un solvente de baja toxicidad debido a su rápida hidrólisis a etanol y ácido acético durante el metabolismo. Este solvente puede reemplazar al benceno o la metiletilcetona y las mezclas de acetato de etilo/etanol y también puede representar como una alternativa ecológica al diclorometano en las separaciones cromatográficas (Calvo et al., 2018).

Se origina de la esterificación del ácido acético y etanol, tiene un índice de polaridad = 4,1 y solubilidad en agua = 0,81 g/100 mL (Yang et al., 2018). Por las características fisicoquímicas de este solvente es utilizado en diversos tipos de industrias siendo una de ellas la de alimentos, por ejemplo, como saborizante, como parte de las esencias artificiales de frutas, entre otras aplicaciones (Arregui, 2019).

1.7 Extracción asistida por ultrasonido (EAU)

Es una técnica basada en una serie de compresiones y expansiones de onda dentro de un medio líquido, el cual llega a generar la formación de burbujas en un tiempo corto debido al fenómeno de cavitación, que básicamente consiste en la formación, expansión y eventual desaparición de microburbujas de vapor en un líquido. que antes era uniforme. Podemos entenderlo como la ruptura del flujo continuo del líquido debido a tensiones extremadamente altas (Gutiérrez et al., 2019).

Figura 1. Representación gráfica de la extracción asistida por ultrasonido



(Azuola V. & Vargas P, 2007)

La siguiente figura representa un aparato de ultrasonido el cual incluye un recipiente de acero inoxidable en donde se coloca agua para generar ondas a través de los transductores y eliminar las partículas con el fin de que se mezclen con el solvente y poder extraer la mayor cantidad de aceite de la materia prima.

Estudios recientes han indicado que la utilización de este método puede mejorar la eficacia del proceso por medio del empleo de cavitación acústica (Li et al., 2004; Chemat et al., 2004) la cual es capaz de modificar las estructuras de las células vegetales, lo que facilita la entrada del disolvente en el material vegetal y posibilita la liberación de los componentes intracelulares. Además, el ultrasonido puede generar agitación en el disolvente empleado durante la extracción, esto resulta en un incremento en la superficie de interacción entre el solvente y los compuestos deseados, facilitando una penetración más profunda del solvente en la estructura de la muestra (Wu et al., 2001).

El uso del método EAU ofrece ventajas comparadas con las técnicas de extracción convencionales. Estas ventajas incluyen un tiempo reducido en la extracción, rendimiento superior, temperaturas de extracción más bajas y una reducción en el consumo de solventes, además de que conlleva una menor alteración estructural y molecular del material comparándolo con métodos como el Soxhlet (Vinatoru et al., 2017; Kumar et al., 2021).

1.8 Evaporación rotativa

Un evaporador rotativa o rotoevaporador es un equipo que es utilizado para la recuperación de los disolventes en donde se aplican bajas presiones de forma rápida y con la ventaja de que el compuesto orgánico no se ve afectado. Este método se basa en la evaporación y condensación del disolvente utilizado, en donde se utiliza un matraz rotativo que rota coadyuvado con la inclusión de un vacío que incrementa el desempeño de la operación. Las partes del evaporador rotativa se aprecian en la figura 2.

Figura 2. Imagen de un equipo roto-evaporador



- **Matraz receptor:** Dentro de este se recoge el disolvente que se utilizó mediante condensado. Con la aplicación de vacío, se reduce la temperatura de ebullición, incrementando el rendimiento y la eficacia del proceso
- **Superficie de refrigeración:** El vapor que es generado por el disolvente fluye con rapidez hacia el condensador, en donde la energía de este vapor fluye al refrigerante, que generalmente es agua, causando que el disolvente se condense.
- **Superficie de evaporación:** El disolvente es calentado mediante un baño maría. A través de este, la mezcla contenida dentro del matraz, el cual está en constante rotación para evitar el sobrecalentamiento de la mezcla da paso a un rango de evaporación incrementada (Leiva, 2015).

1.9 Cromatografía de gases/Espectrometría de masas

Es una técnica que combina la cromatografía de gases con la alta selectividad en el detector de masas, las cuales son mayormente utilizadas para analizar y cuantificar compuestos de materias grasas complejas con alta efectividad (Martín & Miranda, 2013).

La cromatografía gaseosa funciona mediante la inyección de la muestra a analizar en una fase móvil, generalmente helio (He). Luego, esta muestra fluye hacia una fase estacionaria dentro de un horno con temperatura programable. La velocidad de migración de cada componente de la muestra se distribuirá entre estas dos fases. Los solutos muestran una relación con la fase estacionaria, lo que ralentiza su movimiento hacia esta fase y permite la separación de los compuestos. Los solutos con menor afinidad se moverán más rápidamente hacia la fase móvil. En este proceso, la presión de vapor que tienen los compuestos desempeña un papel crucial, ya que una presión de vapor más alta resulta en un tiempo de retención menor (Gutiérrez & Droguet, 2003).

2 METODOLOGÍA

2.1 Localización

La materia prima fue preparada en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud de la Universidad Técnica de Machala. Este proceso incluyó desamargado del grano, cocción, molienda y tamizado. Por otro lado, los análisis cromatográficos del aceite extraído del frijol lupino se llevaron a cabo en los laboratorios de la Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.

2.2 Materia prima

En la extracción de aceite como materia prima se usó 3 kg de la semilla de frijol lupino proveniente de la provincia de Chimborazo, Ecuador. Se trabajó, en total, con 1 kg de harina tras la molienda y tamizado.

2.3 Preparación de la materia prima

Se seleccionaron granos de frijol lupino originarios de la provincia de Chimborazo, Ecuador colocándolos en agua a temperatura ambiente a relación de 1:3 (grano: agua) durante 12 horas. Luego de la etapa de hidratado del grano, se lo colocó en una olla con agua y se empezó el proceso

de cocción, el cual tiene un tiempo de duración de 45 minutos a una temperatura de ebullición. Una vez cumplido el tiempo de cocción, se colocó los granos en agua a temperatura ambiente con la misma relación 1:3 durante 72 horas. Durante este tiempo se deben realizar cambios del agua cada 10 horas para ir eliminando los alcaloides presentes en el grano (Gutiérrez, 2016).

- **Elaboración de harina**

El grano, luego de pasar por el proceso de desamargado descrito previamente, pasó por un proceso de secado. Para este proceso, se utilizó un tiempo de secado de 2 horas en un intervalo de temperatura entre 80 y 90 °C. Se procedió a realizar un triturado en donde se utilizó como equipo una licuadora marca ninja (Shark Ninja Operating LLC de Estados Unidos), se trituró el grano durante 60 segundos por triplicado con el fin de obtener la mayor cantidad de materia prima posible. Posteriormente, se tamizó al grano triturado haciendo uso de un cernidor con un tamaño de micras de 300, el cual se asemeja al tamiz de laboratorio N° 50.

2.4 Extracción de Aceite

Se pesó un balón volumétrico vacío de 500 ml, luego se colocó en él 100 g de la muestra de la harina de frijol lupino y se volvió a pesar; en una probeta se midieron 200 ml del disolvente acetato de etilo para las primeras 2 extracciones, para las dos siguientes se aumentó a 150 g de la harina de frijol lupino y 300 ml del mismo solvente, manteniendo así la relación 1:2. Para las extracciones con el hexano se pesaron 50 g de harina en 100 ml de hexano y 87 g de la harina en 175 ml de hexano, luego se la colocó en el balón junto con la muestra previamente pesada y se homogeneizó. La mezcla obtenida en el balón volumétrico se sometió a un baño de ultrasonido (ultrasonido de la marca Fischer Scientific, Massachusetts, USA, con sede en la ciudad de Quito), el tiempo que la muestra permaneció dentro del equipo fue de 30 min a una temperatura de 30 °C y una potencia de 40-50 Hz.

Luego se filtró el líquido obtenido hacia otro balón volumétrico por medio de un embudo y de papel filtro para evitar que la parte sólida o residuo que se obtuvo no se mezcle. Posteriormente se llevó al equipo rotoevaporador de la marca Vacubrand-modelo CVC 3000 (Vacubrand-Alemania), el cual cuenta con dos partes dentro de su funcionamiento: un equipo que genera vacío para separar el solvente de la muestra y otro equipo refrigerante (LAUDA-Alemania) modelo ALPHA RA 8 para poder generar la decantación del disolvente por diferencial de temperaturas hacia un balón colocado debajo de este; este proceso se lo realizó a 40°C y 30 rpm de velocidad, por un intervalo de 15-30 min y un nivel de vacío que va a variar dependiendo del disolvente utilizado. En cuando al acetato de etilo, se aplicó un vacío de 220 atm y con el hexano se utilizó un nivel de vacío de 300 atm. Por último, se obtiene el aceite y se procedió a almacenarlo en un envase que se ubicó alejado de la luz para evitar la aceleración de procesos oxidativos; al disolvente recuperado se lo almacenó en un envase ámbar para ser utilizado en posteriores extracciones.

2.5 Transesterificación

Se tomó una muestra de 100 mg y se colocó en un tubo con tapa hermética, al que se le añadieron 2 ml de hexano ACS. Luego, el tubo se selló y colocó en un agitador tipo vórtex durante aproximadamente 30 segundos. Posteriormente, se introdujeron 200 µL de una solución de KOH 2N en metanol en el mismo tubo, que se volvió a sellar y agitar en el agitador vórtex durante medio minuto. Después, se centrifugó la mezcla a 2000 rpm por 10 minutos y se extrajeron 200 µL del líquido superior, que se transfirieron a un vial ámbar de cromatografía. En este vial se agregaron 800 µL de hexano dos veces. Al mismo tiempo, se inyectó una mezcla de metil ésteres de ácidos grasos para identificar los ácidos grasos presentes en las muestras de aceites vegetales mediante su análisis de espectrometría de masas y comparando los picos de la muestra con los de la mezcla de metil ésteres de estándares.

2.6 Método cromatográfico

Se llevó a cabo un análisis cualitativo y cuantitativo proximal utilizando un cromatógrafo GC THERMO SCIENTIFIC-TRACE 1300 de Fisher Scientific-Massachusetts, USA, con sede en la ciudad de Quito, que contaba con un espectrómetro de masas simple cuádruplo ISQ 7000, también de Fisher Scientific. Se empleó una columna de cromatografía de 30 metros de longitud, con un diámetro interno de 0,25 mm y un espesor de 0,25 μm , con fase estacionaria de PEG. Las condiciones del método cromatográfico se establecieron de la siguiente manera: la temperatura del inyector se mantuvo a 230 °C con un modo de inyección Split 80. El programa térmico comenzó a una temperatura de 100 °C durante 5 minutos, seguido de una rampa de temperatura con un aumento de 3 °C/min hasta alcanzar los 200 °C y luego 1 °C/min hasta llegar a 230 °C, manteniéndose durante 10 minutos a esta última temperatura. La duración total del proceso fue de 78,333 minutos.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Rendimiento

Se obtuvieron 4 extracciones con acetato de etilo y dos extracciones con hexano en una proporción 1:2. En las dos primeras extracciones con acetato de etilo se utilizaron 100g de harina de frijol lupino y 200 ml de disolvente y se obtuvo como resultado 1,78 ml y 1,56 ml de aceite; mientras que las siguientes dos extracciones se realizaron con 150 g de harina de frijol lupino y 300 ml de disolvente, obteniendo 7,75 ml y 6,85 ml de aceite. Por otro lado, para las extracciones con hexano se utilizaron 50g de muestra en 100ml de disolvente para la primera extracción y 87 g de muestra en 175ml de disolvente para la segunda extracción, obteniendo 2,30ml y 4.25ml de aceite, respectivamente.

Una vez obtenidos dichos datos se proceden a calcular los rendimientos de cada extracción haciendo uso de la fórmula descrita a continuación, donde se tiene en cuenta que el peso del balón vacío fue de 156,54 g.

$$\%R = \frac{\text{Peso de balón con aceite concentrado} - \text{Peso de balón vacío}}{\text{Peso de la Muestra}} \times 100$$

Se puede evidenciar en la Tabla 6 los resultados que fueron obtenidos; se encuentra un rendimiento superior en promedio por parte del solvente acetato de etilo con un porcentaje del 4,90 % frente a un porcentaje de 4,75 % por parte del hexano. A su vez, se llevó a aplicar un análisis de varianza entre los datos usando hexano y acetato de etilo, con el fin de comprobar si se pueden hallar diferencias significativas entre la capacidad de extracción de los solventes usados (Tabla 7).

Tabla 6. Rendimiento de las extracciones de aceite de frijol lupino

#	Acetato de etilo	Hexano
1	5,2 %	4,7 %
2	4,6 %	4,8 %
PROMEDIO	4,90 %	4,75 %

Tabla 7. ANOVA - Rendimiento de las extracciones con acetato de etilo y hexano como solventes

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	16,201	1	16,201	14,049	0,064
Dentro de grupos	2,306	2	1,153		
Total	18,507	3			

El resultado obtenido mediante comparación de medias de ANOVA se encuentra dentro de la zona de confianza, la cual está planteada a un nivel del 0,05 ($0,64 > 0,05$), por lo que se evidencia que no hay una significativa diferencia entre el rendimiento de extracción por parte del solvente hexano y el solvente acetato de etilo (Tabla 7).

Rincón et al., (2018) realizaron una investigación de extracción de aceite utilizando *Jatropha curcas* o también conocida como piñón de tempate, utilizando la metodología por ultrasonido y al hexano como disolvente con una relación de materia prima y disolvente de 1:5 a tres tiempos diferentes obtuvieron los siguientes valores de rendimiento: a un tiempo de 120 minutos en el ultrasonido tuvieron una media de 25,05 %, en un tiempo de 150 minutos una media de 26,83 % y para un tiempo de 180 minutos, una media de 29,79 % comprobando que, mientras más disolvente y más tiempo de ultrasonido, se obtienen mejores rendimientos; lo cual concuerda con Pilco (2015) en su investigación donde se extrajo aceite de unguahua (*Oenocarpus bataua*) utilizando hexano como solvente, concluyó que a mayor cantidad de solvente, el rendimiento era mejor.

De igual forma, haciendo uso del hexano como disolvente en la extracción de aceite de frijol lupino por medio del método Soxhlet Villacrés et al., (2010) obtuvieron un rendimiento de 25,65%; en dicho estudio, además, se concluyó que los ácidos grasos hallados en el aceite de frijol lupino se asemejan a los del aceite de soya.

En un trabajo de investigación realizado por Rosa et al., (2019) se evaluó la efectividad del acetato de etilo actuando en virtud de solvente para la extracción de aceite en semillas de macaúba por medio de la extracción asistida por ultrasonido; obteniéndose un rendimiento del 40,61% (60 °C durante 45 minutos), además se comprobó que este método de extracción garantiza un rendimiento similar al del método Soxhlet, con un menor tiempo de extracción y menor consumo de solvente. De manera similar, esta vez aplicado en la semilla de *Moringa oleifera*, Buddin et al., (2018) extrajeron aceite de dicha semilla por el método de EAU, en dicha investigación se pudo registrar un rendimiento del 38,1% del aceite en 40 minutos.

En contraste con las investigaciones mencionadas, Pérez, (2015) aplicó acetato de etilo como disolvente para que se extraiga aceite en una muestra en salvado de arroz; en este caso, se usó el método de extracción convencional, es decir el método Soxhlet, y se obtuvo un porcentaje de rendimiento del 19,59%, de modo que se puede intuir que el método EAU brinda mayor porcentaje en cuanto al rendimiento en la extracción cuando se usa acetato de etilo como disolvente. Así mismo, comparando los diferentes trabajos investigativos expuestos en donde se usaron hexano y acetato de etilo para extraer aceite en diversas materias primas con un porcentaje de grasa similar entre sí, se puede observar que los estudios en donde se usó hexano como disolvente se obtuvo un rendimiento inferior a aquellos en donde se usó al acetato de etilo, lo que va acorde a los resultados obtenidos en la investigación presentada donde si bien la diferencia no es significativa, se encuentra un rendimiento ligeramente superior con acetato de etilo.

3.2 Calidad del aceite

Los análisis de los ácidos grasos en el aceite obtenido del frijol lupino se los evaluó en los laboratorios de la Universidad Técnica Particular de Loja, mediante la metodología de cromatografía y los resultados obtenidos se encuentran descritos en la tabla 8 y 9.

Tabla 8. Perfil de ácidos grasos con acetato de etilo

	REPETICIONES				Promedio
	1	2	3	4	
	%	%	%	%	
Ácido mirístico	0,07	0,06	0,07	0,06	0,06
Ácido palmítico	8,64	9,31	9,17	8,89	9,00
Ácido palmitoleico	0,21	0,24	0,26	0,22	0,23
Ácido esteárico	8,79	8,22	8,21	8,14	8,34
Ácido oleico	47,14	48,01	47,97	48,46	47,89
Ácido elaídico	2,71	2,11	2,44	2,11	2,34
Ácido linoleico	27,92	28,32	27,55	28,22	28,00
Ácido linolénico	3,6	2,77	3,38	2,95	3,17
Ácido araquídico	0,92	0,96	0,95	0,95	0,94
TOTAL	100	100	100	100	100

Para el aceite extraído utilizando al acetato de etilo como disolvente y ultrasonido como método para la extracción, se pudieron identificar 9 compuestos grasos, siendo el ácido oleico con un valor de 47,89% y el ácido linoleico con 28%, los compuestos de mayor abundancia dentro de este; en contraste con Paucar & Menacho, (2007) los cuales realizaron una caracterización del aceite obtenido del salvado de arroz y obtuvieron un valor de 43,14% para el ácido oleico, 1,62% para el linolénico utilizando el acetato de etilo como solvente, mediante el método de extracción de Soxhlet. Al igual que Braz (2019), que realizó una caracterización del perfil de los ácidos grasos del aceite obtenido en las semillas de macauba, quien obtuvo los siguientes valores: ácido palmítico con un valor de 5,79 %, ácido oleico, 28,01 %, ácido linoleico 2,64 %, utilizando la metodología de ultrasonido y al acetato de etilo como solvente.

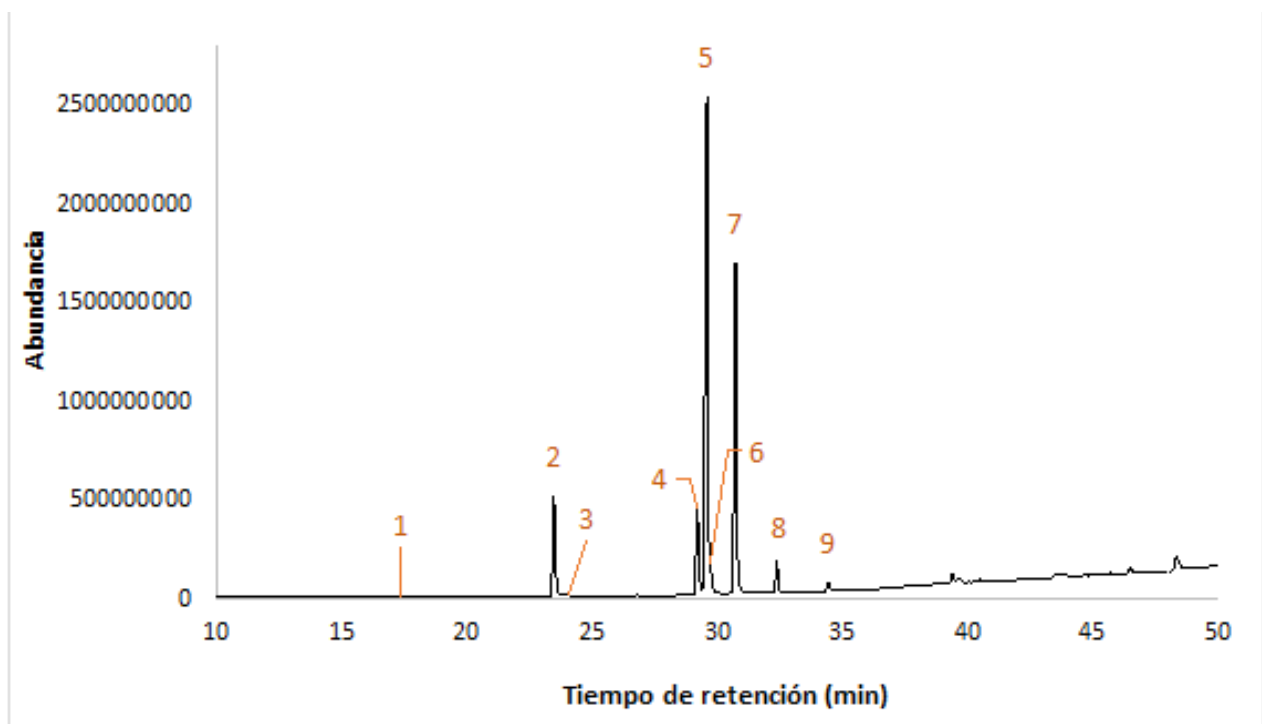
Tabla 9. Perfil de ácidos grasos con hexano

	REPETICIONES				Promedio
	1	2	3	4	
	%	%	%	%	
Ácido mirístico	0,28	0,06	0,1	0,17	0,15
Ácido palmítico	8,99	9,03	9,14	9,06	9,05
Ácido palmitoleico	0,25	0,25	0,26	0,25	0,25
Ácido esteárico	8,1	8,14	8,12	8,13	8,12
Ácido oleico	49,55	49,08	49,21	49,23	49,26
Ácido eláidico	1,97	2,09	2,02	2,02	2,02
Ácido linoleico	27,01	27,83	27,43	27,44	27,43
Ácido linolénico	2,84	2,63	2,74	2,69	2,72
Ácido araquídico	0,99	0,89	0,98	0,96	0,95
TOTAL	100	100	100	99,95	100

Para la caracterización de ácidos grasos del aceite extraído mediante ultrasonido y utilizando al hexano como solvente se encontraron 9 compuestos grasos, entre los cuales se observan al ácido oleico con 49,26% como el más abundante, seguido del ácido linoleico con 27,43% y el palmítico con 9,05 %; estos resultados se pueden contrastar con los de Rincón, Valencia & Gonzales, (2018)

los cuales realizaron una caracterización del aceite utilizando como materia prima a *jatropha curcas* L. o también conocido como piñón de tempate y obtuvieron los siguientes valores: un porcentaje de 0,18% para el ácido mirístico, 11,4% para el palmítico, 0,55% para el palmitoleico y 47,1% para el oleico, utilizando la metodología de extracción por ultrasonido y al hexano como solvente. Al igual que Rodríguez y Blandón (2019), los cuales en una investigación y caracterización de aceite obtenido en la semilla del árbol neem, utilizando la metodología de extracción por ultrasonido y al hexano como disolvente obtuvieron los siguientes valores en el perfil de ácidos grasos: ácido palmítico 18,74%, ácido esteárico 16,92%, ácido oleico 43,89%, ácido linoleico 17,35%, ácido linolénico 0,88% y ácido araquídico 1,33%.

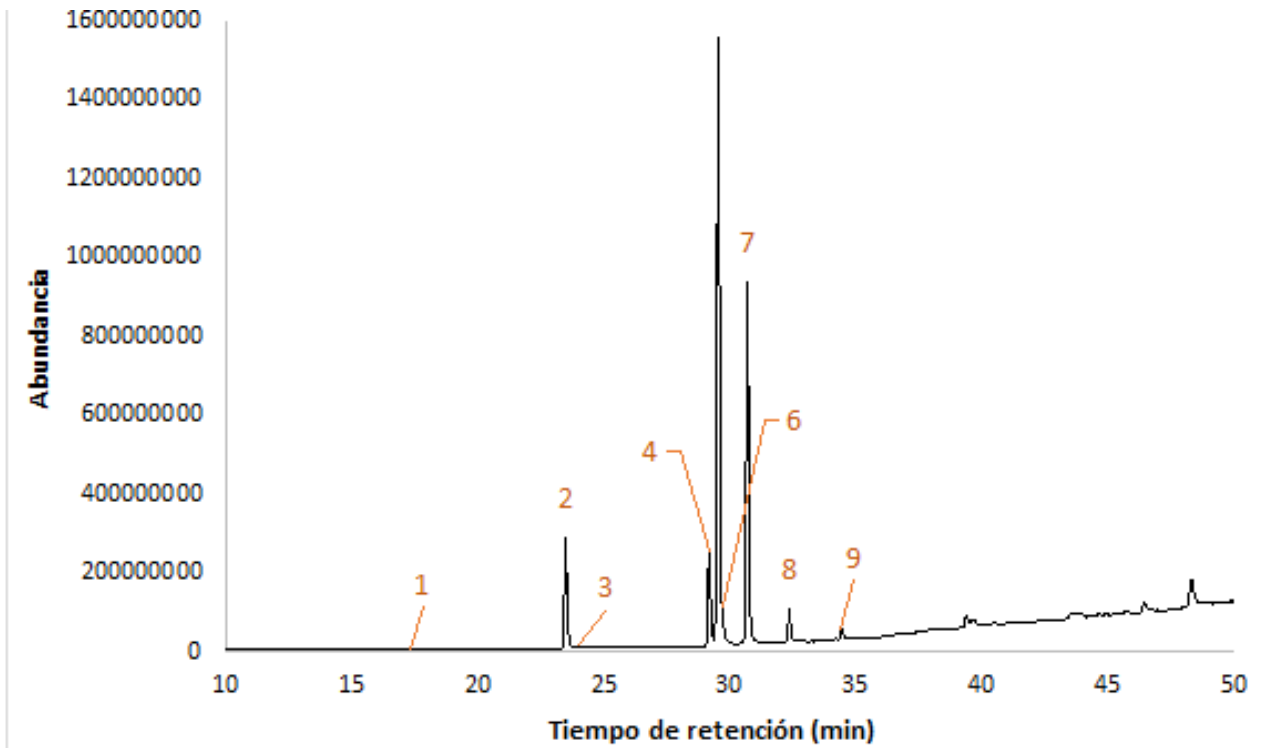
Figura 3. Cromatograma de ácidos grasos con acetato de etilo



En la figura #3 correspondiente al cromatograma del aceite de *lupinus mutabilis* sweet extraído utilizando al acetato de etilo como solvente se identificaron 9 compuestos, entre los cuales se puede observar que en el pico #5 perteneciente al ácido oleico es de mayor abundancia, seguido del pico

#7 perteneciente al ácido linoleico, siendo este el segundo de mayor abundancia dentro del aceite, y en menor proporción encontramos al ácido mirístico en el pico #1 y el ácido palmitoleico el pico #3

Figura 4. Cromatograma de ácidos grasos con hexano



En el siguiente cromatograma correspondiente al aceite de *lupinus mutabilis* sweet extraído utilizando al hexano como solvente se pudieron identificar 9 compuestos, entre los cuales se puede observar que el pico #4 perteneciente al ácido oleico es el de mayor abundancia, seguido del pico #7 perteneciente al ácido linoleico siendo este el segundo de mayor abundancia dentro del aceite.

3.3 Análisis estadístico del perfil de ácidos grasos

Una vez obtenido mediante los análisis cromatográficos los resultados se procedieron, con la ayuda del programa estadístico SPSS, a comparar dichos resultados con el objetivo de evidenciar si pudieran existir diferencias significativas entre los resultados de ambos disolventes. Se plantearon las siguientes hipótesis para realizar el análisis de varianza (ANOVA) de un factor:

Ho: no existe diferencia significativa ($p \geq 0,05$) entre el perfil de ácidos grasos obtenido por solvente acetato de etilo y el obtenido por hexano.

H1: si existe diferencia significativa ($p \leq 0,05$) entre el perfil de ácidos grasos obtenido por solvente acetato de etilo y el obtenido por hexano.

3.4 Ácido mirístico

Tabla 10. Ácido mirístico repeticiones

Ácido mirístico	Repeticiones
Acetato de etilo	0,07
Acetato de etilo	006,
Acetato de etilo	0,07
Acetato de etilo	0,06
Hexano	0,28
Hexano	0,06
Hexano	0,1
Hexano	0,17

Tabla 11. ANOVA - Ácido mirístico

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,015	1	0,015	3,284	0,120
Dentro de grupos	0,028	6	0,005		
Total	0,043	7			

En la Tabla 11 se puede evidenciar que el resultado obtenido mediante comparación de medias de ANOVA se encuentra dentro de la zona de confianza, la cual está planteada a un nivel del 0,05 ($0,120 > 0,05$), por lo que se puede concluir que entre los dos disolventes no existen diferencias significativas en cuanto al contenido de ácido mirístico.

3.5 Ácido palmítico

Tabla 12. Ácido palmítico repeticiones

Ácido palmítico	Repeticiones
Acetato de etilo	8,64
Acetato de etilo	9,31

Acetato de etilo	9,17
Acetato de etilo	8,89
Hexano	8,99
Hexano	9,03
Hexano	9,14
Hexano	9,06

Tabla 13. ANOVA - Ácido palmítico

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,006	1	0,006	0,119	0,742
Dentro de grupos	0,279	6	0,046		
Total	0,284	7			

Se puede observar en la tabla 13 correspondiente al análisis de varianza del ácido palmítico se puede evidenciar que el resultado obtenido se encuentra dentro de la zona de confianza, es decir mayor a 0,05 ($0,742 > 0,05$), por lo que se puede concluir que entre los dos disolventes no se encontró diferencias significativas en el ácido palmítico, en cuanto al rendimiento del mismo.

3.6 Acido palmitoleico

Tabla 14. Ácido palmitoleico repeticiones

Acido palmitoleico	Repeticiones
Acetato de etilo	0,21
Acetato de etilo	0,24
Acetato de etilo	0,26
Acetato de etilo	0,22
Hexano	0,25
Hexano	0,25
Hexano	0,26
Hexano	0,25

Tabla 15. ANOVA - Ácido palmitoleico

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,001	1	0,001	3,097	0,129
Dentro de grupos	0,002	6	0,000		
Total	0,002	7			

En la Tabla 15 se puede evidenciar que el resultado obtenido mediante comparación de medias de ANOVA se encuentra dentro de la zona de confianza la cual está planteada a un nivel del 0,05 ($0,129 > 0,05$), por lo que se puede concluir que entre los dos disolventes no existen diferencias significativas en la presencia de ácido palmitoleico en la muestra

3.7 Ácido Esteárico

Tabla 16. Ácido esteárico repeticiones

Acido esteárico	Repeticiones
Acetato de etilo	8,79
Acetato de etilo	8,22
Acetato de etilo	8,21
Acetato de etilo	8,14
Hexano	8,1
Hexano	8,14
Hexano	8,12
Hexano	8,13

Tabla 17. ANOVA - Ácido esteárico

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,095	1	0,095	2,067	0,201
Dentro de grupos	0,275	6	0,046		
Total	0,369	7			

En la Tabla 17 se puede evidenciar que el resultado obtenido mediante comparación de medias de ANOVA se encuentra dentro de la zona de confianza la cual está planteada a un nivel del 0,05 ($0,201 > 0,05$), por lo que se puede concluir que entre los dos disolventes no existen diferencias significativas en cuanto al contenido de ácido esteárico.

3.8 Ácido oleico

Tabla 18. Ácido oleico repeticiones

Ácido oleico	Repeticiones
Acetato de etilo	47,14
Acetato de etilo	48,01
Acetato de etilo	47,97

Acetato de etilo	48,46
Hexano	49,55
Hexano	49,08
Hexano	49,21
Hexano	49,23

Tabla 19. ANOVA - Ácido oleico

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3,768	1	3,768	21,994	0,003
Dentro de grupos	1,028	6	0,171		
Total	4,795	7			

En la Tabla 19 se puede evidenciar que el resultado obtenido mediante comparación de medias de ANOVA se encuentra fuera de la zona de confianza la cual está planteada a un nivel del 0,05 (0,03 < 0,05), por lo que se puede concluir que entre los dos disolventes sí se pudo evidenciar diferencias significativas en la presencia dentro de la muestra de ácido oleico.

3.9 Ácido elaídico

Tabla 20. Ácido elaídico repeticiones

Ácido elaídico	Repeticiones
Acetato de etilo	2,71
Acetato de etilo	2,11
Acetato de etilo	2,44
Acetato de etilo	2,11
Hexano	1,97
Hexano	2,09
Hexano	2,02
Hexano	2,02

Tabla 21. ANOVA - Ácido elaídico

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,202	1	0,202	4,653	0,074
Dentro de grupos	0,260	6	0,043		
Total	0,462	7			

En la Tabla 21 se puede evidenciar que el resultado obtenido mediante comparación de medias de ANOVA de un solo factor, el valor es mayor al de significancia 0,05, por lo que se puede decir que en el ácido eláidico utilizando los dos solventes no existen diferencias significativas.

3.10 Ácido linoleico

Tabla 22. Ácido linoleico repeticiones

Ácido linoleico	Repeticiones
Acetato de etilo	27,92
Acetato de etilo	28,32
Acetato de etilo	27,55
Acetato de etilo	28,22
Hexano	27,01
Hexano	27,83
Hexano	27,43
Hexano	27,44

Tabla 23. ANOVA - Ácido linoleico

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,661	1	0,661	5,699	0,054
Dentro de grupos	0,696	6	0,116		
Total	1,357	7			

En la Tabla 23 se puede evidenciar que el valor sigma obtenido aplicando ANOVA de un solo factor fue mayor al nivel de significancia de 0,05 ($0,054 > 0,05$), por lo cual se concluye que entre los dos disolventes no se encontraron diferencias significativas en cuanto al contenido de ácido linoleico.

3.11 Ácido Linolénico

Tabla 24. Ácido linolénico repeticiones

Ácido linolénico	Repeticiones
-------------------------	---------------------

Acetato de etilo	3,6
Acetato de etilo	2,77
Acetato de etilo	3,38
Acetato de etilo	2,95
Hexano	2,84
Hexano	2,63
Hexano	2,74
Hexano	2,69

Tabla 25. ANOVA - Ácido linolénico

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,405	1	0,405	5,271	0,061
Dentro de grupos	0,461	6	0,077		
Total	0,866	7			

En la Tabla 25 se puede evidenciar que el resultado obtenido mediante comparación de medias de ANOVA se encuentra dentro de la zona de confianza la cual está planteada a un nivel del 0,05 ($0,061 > 0,05$), por lo que se puede concluir que entre los dos disolventes no se encontraron diferencias significativas de ácido linolénico.

3.12 Ácido araquídico

Tabla 26. Ácido araquídico repeticiones

Ácido araquídico	Repeticiones
Acetato de etilo	0,92
Acetato de etilo	0,96
Acetato de etilo	0,95
Acetato de etilo	0,95
Hexano	0,99
Hexano	0,89
Hexano	0,98
Hexano	0,96

Tabla 27. ANOVA - Ácido araquídico

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,000	1	0,000	0,171	0,693

Dentro de grupos	0,007	6	0,001		
Total	0,007	7			

En la Tabla 27 se evidencia el resultado obtenido mediante comparación de medias de ANOVA de un solo factor, en donde esta se encuentra dentro de la zona de confianza la cual está planteada a un nivel del 0,05 ($0,693 > 0,05$), por lo que se puede concluir que entre los dos disolventes no existen diferencias significativas en cuanto al contenido de ácido araquídico.

4 CONCLUSIONES

- Mediante la metodología de extracción asistida por ultrasonido aplicada al frejol lupino utilizando dos disolventes distintos (acetato de etilo y hexano) se realizó una comparación de rendimiento entre las extracciones realizadas, en donde se obtuvo un valor de 4,90% con acetato de etilo y un valor de 4,75% con hexano, por lo que, en concordancia con la bibliografía se concluye que el acetato de etilo provee un mayor rendimiento de extracción. Esto permite proponer dicho disolvente como una alternativa en la extracción de aceite en leguminosas.
- El análisis obtenido mediante la aplicación de ANOVA de un factor al rendimiento obtenido del aceite se pudo evidenciar que no existían diferencias significativas, ya que el valor sigma obtenido (0,064) es mayor al valor de significancia planteado (0.05)
- Mediante los análisis de los ácidos grasos con los dos tratamientos se lograron identificar 9 compuestos grasos mediante CG/MS utilizando el programa estadístico SPSS con ANOVA de un factor se lograron determinar que en 8 de los 9 ácidos grasos no existieron diferencias significativas, únicamente hubo diferencia en al ácido oleico. De modo que se puede establecer que el acetato de etilo como disolvente en la extracción de aceite, provee un perfil de ácidos grasos similar al que provee el hexano.

5 RECOMENDACIONES

- Previo a la extracción de aceite del frijol lupino, se debe realizar un correcto desamargado con la finalidad de poder eliminar los alcaloides del grano y no interfieran al momento de realizar el análisis cromatográfico.
- Una vez extraído el aceite, se debe realizar una correcta recuperación total del solvente mediante un rotoevaporador para eliminar las impurezas ajenas a la materia prima.
- Para un mayor rendimiento de las extracciones se recomienda utilizar una relación en donde la cantidad de solvente sea 5 veces más a la de la materia prima y el tiempo de exposición también debe ser mayor.
- Una vez extraído el aceite debemos de asegurarnos de almacenarlo en un lugar alejado de la luz para evitar su oxidación.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Abdellah, M., Liu, L., Scholes, C., Freeman, B. y Kentish, S. (2019). Organic solvent nanofiltration of binary vegetable oil/terpene mixtures: Experiments and modelling. *Journal of Membrane Science*. Volume 573. Pages 694-703,
- Arregui, F. (2019). Usos y Aplicaciones del acetato de Etilo. *ContyQuim Contenedores y Quimicos de Mexico S.A. de C.V.*
- Astudillo, A. (2011). Mecanismos de control de los niveles de ácido araquidónico en monocitos y macrófagos. *Universidad de Valladolid*.
- Azuola, R., & Vargas, P. (2007). Extracción de sustancias asistida por ultrasonido. *Tecnología en Marcha*, 20(4), 30-40.
- Bermúdez, M. (2017). Regulación de la respuesta inflamatoria de las células fagocíticas por lípidos: Papel del ácido araquidónico y de los isómeros del ácido palmitoleico. *Universidad de Valladolid*.
- Bhuiya, M., Rasul, M., Khan, M., Ashwath, N. y Mofijur, M. (2020). Comparison of oil extraction between screw press and solvent (n-hexane) extraction technique from beauty leaf (*Calophyllum inophyllum* L.) feedstock. *Industrial Crops and Products*. Volume 144.
- Brandolini, A., Glorio, P., Estivi, L., Locatelli, N., Cordova, J., Hidalgo, A. (2022). Tocopherols, carotenoids and phenolics changes during Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet) seeds processing. *Journal of Food Composition and Analysis*, Volume 106.
- Borek, S., Pukacka, S., Michalski, K., & Ratajczak, L. (2009). Lipid and protein accumulation in developing seeds of three Lupine species: *Lupinus luteus* L, *Lupinus albus* L and *Lupinus mutabilis* Sweet. *Journal of Experimental Botany*, 60(12), 3453-3466.
- Buddin, MMHS, Rithuan, MA, Surni, MSA, Jamal, NM y Faiznur, MF (2018). Extracción asistida por ultrasonidos (EAU) de aceite de semilla de *Moringa oleifera*: estudio cinético. *Ciencia de la MAPE. J*, 11 (3), 158-166.

- Calvo, F. G., María, F., & Monteagudo, J. (2018). Green and Bio-Based Solvents. *Top. Curr. Chem.*, 376, 1–40.
- Carvajal, F., Linnemann, A., Nout, M., Koziol, M., & Van Boekel, M. (2015). *Lupinus mutabilis*: Composición, usos, toxicología y eliminación del amargor. *Crítico Rev. Padre. Ciencia de la comida Nutrición*, 56, 101-116.
- Castañeda, B., Manrique, R., Gamarra, F., Muñoz, A., Ramos, F., Lizaraso, F., et al. (2008). Probiótico elaborado en base a las semillas de *Lupinus mutabilis* Sweet (chocho or tarwi) seeds. *Acta Médica Peruana*, 25, 210-215.
- Coca, V., Torres, E., Chuquilín, C. y Sánchez, J. (2017). Extracción del aceite crudo de la semilla de lúcuma (*pouteriaobovata*) mediante n-hexano y éter de petróleo. *Big Bang Faustiniiano*; 6(3): 42 – 44.
- Chemat, F., Grondin, I., Costes, P., Moutoussamy, L., Shum Cheong Sing, A., & Smadja, J. (2004). High power ultrasound effects on lipid oxidation of refined sunflower oil. *Ultrasonics Sonochemistry*, 11, 281-285.
- Comité de Nutrición, Asociación Española de Pediatría - AEP. (2017). Aceite de palma y ácido palmítico en la alimentación infantil. *Revista Palmas*, 38(3), 26-29.
- Companioni, M. (1995). Ácido araquidónico y radicales libres: su relación con el proceso inflamatorio. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 14(1).
- Curti, C., Curti, R. N., Bonini, N., & Ramón, A. N. (2018). Los cambios en la composición de ácidos grasos en especies amargas de *Lupinus* dependen del proceso de desamargado. *Química alimentaria*, 263, 151-154.
- Galek, R., Sawicka, E., Zalewski, D., Stawiński, S. & Sychała, K. (2017). Searching for low alkaloid forms in the andean lupin (*lupinus mutabilis*) collection. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 53(2):55-62.
- Gasparetto, H., Castilhos, F. & Salau, N. (2023). Screening, experimental data, and robust kinetic modeling of vegetable oil extraction using p-cymene as a neoteric solvent for n-hexane replacement. *Journal of Cleaner Production*. Volume 392.
- Gross, R. (1982). El cultivo y la utilización del tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet), Roma: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Pp. 141-147, 170, 172.

- Gómez, A. (2009). Ácido linoleico conjugado. Un nuevo ingrediente funcional. OFFARM, 28(2), 44-49.
- Gross, R., Von Baer, E., Koch, R., Marquard, L., Trugo, L., & Wink, M. (1988). Chemical composition of a new variety of the Andean lupin (*Lupinus mutabilis* cv. Inti) with low alkaloid content. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1, 353-361.
- Guilengue, N., Alves, S., Talhinhos, P., & Neves-Martins, J. (2020). Genetic and genomic diversity in a tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) germplasm collection and adaptability to Mediterranean climate conditions. *Agronomy*, 10(1), 21.
- Guillaume, C., De Alzaa, F. & Ravetti, L. (2018). Evaluación de cambios químicos y físicos en diferentes aceites comerciales durante el calentamiento. *Acta Scientific Salud Nutricional*, 2 (6), 2-11.
- Gulisano, A., Alves, S., Martins, J. y Trindade, L. (2019). Genetics and Breeding of *Lupinus mutabilis*: An Emerging Protein Crop. *Frontiers in Plant Science* (10).
- Gutiérrez, A., Infantes, M., Pascual, G. y Zamora, J. (2016). Evaluación de factores en el desamargado de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*). *Agroind Sci* 6.
- Gutiérrez, F., Arias, S., & Cardona, F. (2019). Cavitación Hidrodinámica: un Enfoque desde la Ingeniería y la Agroindustria. *Scientia et technica*, 24(2), 283-304.
- Gutiérrez, M & Droguet, M. (2003). La cromatografía de gases y la espectrometría de masas: Identificación de compuestos causantes del mal olor. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/2733/5CROMGASES.pdf>
- Guzmán, A. (2011). Perfil lipídico y contenido de ácidos grasos trans en productos ecuatorianos de mayor consumo. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/3721/T-PUCE-3366.pdf?sequence=1>
- Ha, E., & Zemel, M. (2003). Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanism underlying health benefits for active people (review). *Journal of Nutritional Biochemistry*, 14, 251-258.
- Hernández, R., Martínez, G., & Díaz, M. (2004). Aspectos químico-físicos del aceite de girasol ozonizado. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 35(3).
- Jacobsen, S. E., & Mujica, A. (2006). El Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y sus parientes silvestres. *Bot. Econ. Andes Cent.*, 28, 458-482.

- Kumar, K., Srivastav, S., & Sharanagat, V. S. (2021). Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, 105325.
- Krishnan VCA, Kuriakose S and Rawson A. (2015). Ultrasound Assisted Extraction of Oil from Rice Bran: A Response Surface Methodology Approach. Department of Food Engineering and Design, IICPT, Thanjavur, Tamilnadu, India
- Lares, M., Gutiérrez, R., Pérez, E., & Álvarez, C. (2012). Efecto del tostado sobre las propiedades físicas, fisicoquímicas, composición proximal y perfil de ácidos grasos de la manteca de granos de cacao del estado Miranda, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(2), 439-446.
- Leiva, A. (2015). Principio de funcionamiento del rotoevaporador.
- Lohani, C., Fallahi, P., y Muthukumarappan, K. (2015). Comparison of Ethyl Acetate with Hexane for Oil Extraction from Various Oilseeds. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92(5), 743–754.
- Li, H., Pordesimo, L., & Weiss, J. (2004). High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans. *Food Research International*, 37, 731-738.
- Lucas, M., Stoddard, F., Annicchiarico, P., Frias, J., Martinez, C., Sussmann, D., Duranti, M., Seger, A., Zander, P. y Pueyo, J. (2015). The future of lupin as a protein crop in Europe. *Frontiers in Plant Science* (6). doi: 10.3389/fpls.2015.00705
- Martins, J. M. N., Talhinhos, P., & De Sousa, R. B. (2016). Yield and seed chemical composition of *Lupinus mutabilis* in Portugal. *Rev. Ciênc. Agrar.*, 39, 518–525.
- Martín, O. Miranda, A. (2013). *Cromatografía de Gases/Masas (GC-MS)*. Universidad Complutense de Madrid
- Mgoma, S., Basitere, M. y Mshayisa, V. (2021). Kinetics and thermodynamics of oil extraction from South African hass avocados using hexane as a solvent.
- NTE INEN 2390:2004 Leguminosas. Grano desamargado de Chocho. Requisitos
- Navarro, J. (2016). Definición de ANOVA. <https://www.definicionesabc.com/economia/anova.php>
- Pascual, G., Cruz, J., Hidalgo, A., Benavente, F., Pérez, M., Sotelo, A., . . . Encina, C. (2021). Aceite de *Lupinus mutabilis* obtenido por prensa expeller: Análisis de rendimiento,

caracterización fisicoquímica, capacidad antioxidante, ácidos grasos y estabilidad oxidativa. *Scientia Agropecuaria*, 12(2), 219-227.

- Paucar & Menacho. (2017). Comparación de técnicas de extracción para la obtención de aceite de salvado de arroz.
- Pilco, G. (2015). Optimización del proceso de extracción de aceite de unguahua (*Oenocarpus bataua*) en función del rendimiento. Tesis de pregrado. Universidad Técnica de Ambato
- Rivadeneira, J. (1999). Determinación de los niveles óptimos de fertilización química en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), en tres localidades de la Sierra ecuatoriana. Tesis de Grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador. 152 p.
- Saavedra Rincón, S., Ramón Valencia, J. A. & Palacios González, J. R. (2018). Análisis del rendimiento en la extracción de aceite de *Jatropha curcas* L. por los métodos de extracción química y ultrasonido
- Suca, G. R., & Suca, C. A. (2015). Potencial del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial. *Rev. Per. Quím. Ing. Quím.*, 18(2), 55-71.
- Rosa, ACS, Stevanato, N., Iwassa, I., García, VADS y Silva, CD (2019). Obtaining oil from macauba kernels by ultrasound-assisted extraction using ethyl acetate as the solvent. *Revista Brasileña de Tecnología de Alimentos*, 22. *South African Journal of Chemical Engineering*. Volume 37. Pages 244-251,
- Rodríguez, P & Blandón, N. (2019). Evaluación del Efecto de la Aplicación de Pre-Tratamiento con Ultrasonido sobre el nivel de extracción de aceite de semilla de árbol neem (*Azadirachta indica* A. Juus). Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad de Pamplona.
- Riba, J. R., Esteban, B., Baquero, G., Puig, R., & Rius, A. (2010). Caracterización de las propiedades físicas de aceites vegetales para ser utilizados como carburante en motores diesel. *Afinidad. Journal of Chemical Engineering Theoretical and Applied Chemistry*, 67(546).
- Wu, J., Lin, L., & Chau, F. T. (2001). Ultrasound-assisted extraction of ginseng saponins from ginseng roots and cultured ginseng cells. *Ultrasonics Sonochemistry*, 8, 347-352.

- Villacrés, E., Álvarez, J., & Rosell, C. (2020). Effects of two debittering processes on the alkaloid content and quality characteristics of lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(5), 2166–2175. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10240>
- Villacrés, E., Navarrete, M., Lucero, O., Espín, S., & Peralta, E. (2010). Evaluación del Rendimiento, Características Fisicoquímicas y Nutraceúicas del Aceite de Chocho (*Lupinus mutabilis* sweet). *Revista Tecnológica ESPOL – RTE*, 23(2), 57-62.
- Villacrés, E., Quelal, M., Fernández, E., García, G., Cueva, G., y Rosell, C. (2020). Impact of debittering and fermentation processes on the antinutritional and antioxidant compounds in *Lupinus mutabilis* sweet, *LWT*. Volume 131.
- Vinatoru, M., Mason, T. J., Calinescu, I. (2017). Ultrasonically assisted extraction (UAE) and microwave assisted extraction (MAE) of functional compounds from plant materials. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 97, 159-178.
- Yang, E., Yu, H., Jun-Young, P., Kyung-Min, P., & Chang, P. (2018). Microfluidic Preparation of Liposomes Using Ethyl Acetate/n-Hexane Solvents as an Alternative to Chloroform. *Journal of Chemistry*, 2018, 6.

7 ANEXOS



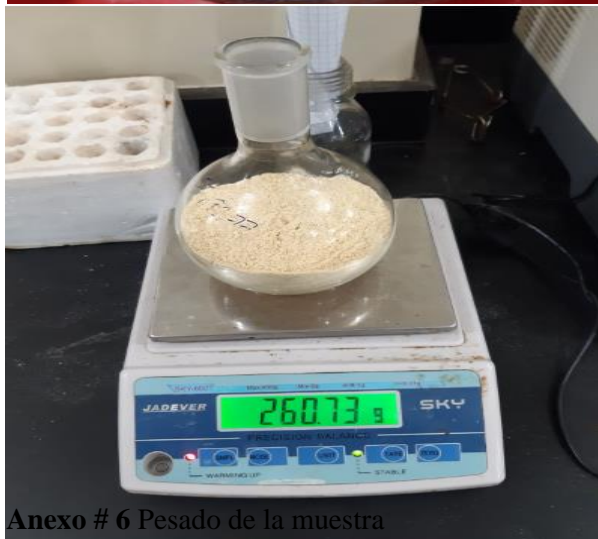
Anexo # 1 Recepción y remojo del grano de lupino



Anexo # 3 Cambio de agua al grano cada 10 horas



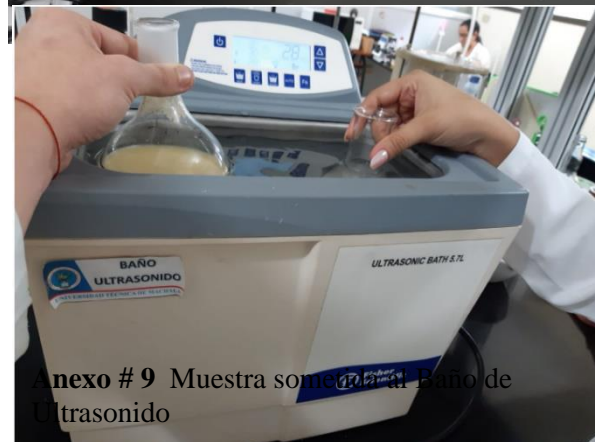
Anexo # 4 Secado y triturado del grano



Anexo # 6 Pesado de la muestra



Anexo # 7 Medición del solvente



Anexo # 9 Muestra sometida al Baño de Ultrasonido



Anexo # 10 Filtrado de la muestra con el solvente



Anexo #11 Muestra sometida al rotoevaporador para eliminar el solvente



Anexo #12 Parámetros aplicados del rotoevaporador



Anexo # 13 Muestra de aceite del grano Lupino