



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE ALIMENTOS

Estudio comparativo de dos métodos químicos para la extracción de aceite de sachá inchi

**BARREZUETA RAMIREZ JESSY ANGELA
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**GUZMAN CHAVEZ JOYCE CRISTINA
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE ALIMENTOS

**Estudio comparativo de dos métodos químicos para la extracción de
aceite de sachá inchi**

**BARREZUETA RAMIREZ JESSY ANGELA
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**GUZMAN CHAVEZ JOYCE CRISTINA
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE ALIMENTOS

TRABAJOS EXPERIMENTALES

**Estudio comparativo de dos métodos químicos para la extracción
de aceite de sachá inchi**

**BARREZUETA RAMIREZ JESSY ANGELA
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**GUZMAN CHAVEZ JOYCE CRISTINA
INGENIERA EN ALIMENTOS**

CUENCA MAYORGA FABIAN PATRICIO

**MACHALA
2023**

Estudio comparativo de dos métodos químicos para la extracción de aceite de sachá inchi

por Jessy Ángela Barrezueta Ramírez y Joyce Cristina Guzmán
Chávez

Fecha de entrega: 05-oct-2023 11:07a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2184680411

Nombre del archivo: IA.10.04_TT_Barrezueta-Guzma_n.docx (9.23M)

Total de palabras: 15591

Total de caracteres: 89365

Estudio comparativo de dos métodos químicos para la extracción de aceite de sachá inchi

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	madejaseinsumos.com Fuente de Internet	1%
2	perubiodiverso.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad EAFIT Trabajo del estudiante	<1%
4	Mayra Montalván Ruilova, Omar Malagón Áviles, Nixon Cumbicus Torres, Fani Tinitana Imaicela, Gianluca Gilardoni. "Análisis químico de aceites esenciales amazónicos de una comunidad Shuar ecuatoriana", La Granja, 2023 Publicación	<1%
5	edoc.pub Fuente de Internet	<1%
6	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
7	eprints.ucm.es Fuente de Internet	

<1 %

8

riubu.ubu.es

Fuente de Internet

<1 %

9

dicyt.uajms.edu.bo

Fuente de Internet

<1 %

10

K. Zapata Acosta, A. M. Piedrahita, A. F. Alzate, F. B. Cortés, B. A. Rojano.

"Estabilización oxidativa del aceite de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) con suspensiones de mortiño (*Vaccinium meridionale* SW)", CIENCIA EN DESARROLLO, 2015

Publicación

<1 %

11

www.scielo.org.pe

Fuente de Internet

<1 %

12

ingenieria.ute.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

13

repository.ugc.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

14

repository.unilasallista.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

15

cybertesis.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

16

es.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

17

Submitted to Submitted on 1690824665093

Trabajo del estudiante

<1 %

18

MARIA LUISA RUIZ DOMINGUEZ.
"CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD FISICO-
QUIMICA Y ORGANOLEPTICA DE ACEITES DE
OLIVA VIRGEN DE VARIEDADES
TRADICIONALES DE LA COMUNIDAD
VALENCIANA", Universitat Politecnica de
Valencia, 2016

Publicación

<1 %

19

editorial.inudi.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

20

repositorio.unjfsc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

21

download.schneider-electric.com

Fuente de Internet

<1 %

22

1018-1806, 2002

Publicación

<1 %

23

addi.ehu.es

Fuente de Internet

<1 %

24

biblio.vub.ac.be

Fuente de Internet

<1 %

25

cienciaabierta.unison.mx

Fuente de Internet

<1 %

26

coek.info

Fuente de Internet

<1 %

27

pdfcookie.com

Fuente de Internet

<1 %

28

www.allentownsd.org

Fuente de Internet

<1 %

29

www.atsdr.cdc.gov

Fuente de Internet

<1 %

30

www.lauda.de

Fuente de Internet

<1 %

31

www.uca.edu.sv

Fuente de Internet

<1 %

32

www.uis.com.mx

Fuente de Internet

<1 %

33

Carlos Jefferson Valdiviezo, Luis Eduardo Romero Hidalgo, Stefanie Michelle Bonilla Bermeo. "Caracterización del aceite de la semilla de Sacha Inchi (*plukenetia volubilis*) del cantón San Vicente, Manabí, Ecuador, obtenida mediante procesos no térmicos de extrusión", La Granja, 2019

Publicación

<1 %

34	Sunan Wang, Fan Zhu, Yukio Kakuda. "Sacha inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.): Nutritional composition, biological activity, and uses", <i>Food Chemistry</i> , 2018 Publicación	<1 %
35	comesalud.blogia.com Fuente de Internet	<1 %
36	cursonutricion.net Fuente de Internet	<1 %
37	educa.minedu.gob.bo Fuente de Internet	<1 %
38	en.sostenibilidadedp.es Fuente de Internet	<1 %
39	euro-synergies.hautetfort.com Fuente de Internet	<1 %
40	repositorio.unican.es Fuente de Internet	<1 %
41	search.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %
42	soloalimentacion.acambiode.com Fuente de Internet	<1 %
43	stg.bibliotecadigitaldebogota.gov.co Fuente de Internet	<1 %
44	visionyvida.org Fuente de Internet	<1 %

45	www.gizartekintza.net Fuente de Internet	<1 %
46	www.hispaniaexplorer.com Fuente de Internet	<1 %
47	www.incap.int Fuente de Internet	<1 %
48	www.osti.gov Fuente de Internet	<1 %
49	Ana Claudia Santos da Rosa, Natália Stevanato, Isabela Iwassa, Vitor Augusto dos Santos Garcia, Camila da Silva. "Obtaining oil from macauba kernels by ultrasound-assisted extraction using ethyl acetate as the solvent", Brazilian Journal of Food Technology , 2019 Publicación	<1 %
50	ENVIROPROYECT S.R.LTDA.. "DAA de la Planta Pando de Edición e Impresión de Diarios-IGA0009080", R.D. N° 209-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020 Publicación	<1 %
51	Harrison de la Rosa Ramírez. "Desarrollo de formulaciones de ácido poliláctico (PLA) basadas en la incorporación de derivados de la colofonia", Universitat Politecnica de Valencia , 2023 Publicación	<1 %

52	Kiritsakis, Apostolos, and William W. Christie. "Analysis of Edible Oils", Handbook of Olive Oil, 2000. Publicación	<1 %
53	S. R. P. Madawala, S. P. Kochhar, P. C. Dutta. "Lipid components and oxidative status of selected specialty oils", Grasas y Aceites, 2012 Publicación	<1 %
54	canola.com.ve Fuente de Internet	<1 %
55	miblogdenutricionuat.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
56	network.bepress.com Fuente de Internet	<1 %
57	oa.upm.es Fuente de Internet	<1 %
58	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	<1 %
59	repositorio.xoc.uam.mx Fuente de Internet	<1 %
60	revistas.sena.edu.co Fuente de Internet	<1 %
61	www.casede.org Fuente de Internet	<1 %

www.cnoil.com.cn

62	Fuente de Internet	<1 %
63	www.pinterest.es Fuente de Internet	<1 %
64	www.sabermas.umich.mx Fuente de Internet	<1 %
65	www.tib.eu Fuente de Internet	<1 %
66	Saroat Rawdkuen, Dena Murdayanti, Sunantha Ketnawa, Suphat Phongthai. "Chemical properties and nutritional factors of pressed-cake from tea and sacha inchi seeds", Food Bioscience, 2016 Publicación	<1 %
67	www.encolombia.com Fuente de Internet	<1 %
68	Ashley Ferrell. "25th IFSO World Congress Silver Anniversary", Obesity Surgery, 2022 Publicación	<1 %
69	Erwin G. Torres Sánchez, Blanca Hernández-Ledesma, Luis-Felipe Gutiérrez. "Sacha Inchi Oil Press-cake: Physicochemical Characteristics, Food-related Applications and Biological Activity", Food Reviews International, 2021 Publicación	<1 %

70

Imna Trigueros V, Miguel Ramón C, José Vázquez O, Juan Aguirre M, Carlos Garcia C, Jaime Martínez T. "Productivity and Composition of Fatty Acids in Chicks fed with *Azadirachta indica* A. Juss", Revista MVZ Córdoba, 2015

Publicación

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 3 words

Excluir bibliografía

Activo

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

Las que suscriben, BARREZUETA RAMIREZ JESSY ANGELA y GUZMAN CHAVEZ JOYCE CRISTINA, en calidad de autoras del siguiente trabajo escrito titulado Estudio comparativo de dos métodos químicos para la extracción de aceite de sacha inchi, 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.

Las autoras 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.

Las autoras 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.



BARREZUETA RAMIREZ JESSY ANGELA

0704431998



GUZMAN CHAVEZ JOYCE CRISTINA

0705964054

Agradecimientos

Queremos agradecer primero a Dios por cubrirnos con su fuerza día a día y brindarnos las habilidades para conseguir este logro. A nuestros padres y hermanas/os, quienes nos vieron triunfar en ocasiones y fracasar en otras, por el ánimo, el apoyo y el amor que nos han compartido.

Al Ing. Fabián Cuenca Mayorga, nuestro tutor de trabajo de titulación, quien con su entrega continúa y su pasión por la enseñanza nos ha otorgado su confianza para cumplir este trabajo.

A todos nuestros profesores, que, al impartir sus asignaturas, no solo nos brindaron su saber académico, también nos transmitieron sus valores personales profesores. Por último, queremos agradecer a todas las personas: amigos, instituciones, familiares y profesores, que han estado presentes a lo largo de este trabajo.

Dedicatoria

Este logro va dedicado a mis padres Juan Francisco Barrezueta Minuche y Nelly Ramirez Zapata que juegan un rol fundamental en toda mi construcción profesional y personal, a mi hermano Juan Diego y mi cuñada Estefanía que nunca me han dejado sola, a mis mascotas Nala y Pie que me ofrecen su amor y lealtad diariamente y a mi sobrina Samira que llegó para iluminar y llenar de felicidad mi vida.

Jessy Angela Barrezueta Ramírez

Este logro va dedicado a mi madre Shirley Anabelle Chávez Jimbo, por todo su sacrificio y esfuerzo, porque ella es la parte fundamental en toda mi vida, gracias a ella me ha enseñado el deseo de superación y me ha guiado para ser la persona que soy hoy, a mi tía Teolinda Chávez quien me ha dado su apoyo incondicional, a mi hermana Andrea y a mi sobrino Sebastian quienes son la luz de mi vida.

Joyce Cristina Guzmán Chávez

Comparación de dos métodos de extracción de aceite de la semilla Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*) por medio de dos solventes: n-hexano y Acetato de etilo.

Resumen

Se comparó el uso del acetato de etilo como alternativa para sustituir el n-hexano en la extracción del aceite de las semillas de sachá inchi; de este modo, se procedió con la extracción del aceite de las semillas de sachá inchi, previamente molidas, con la ayuda de solventes orgánicos (acetato de etilo y n-hexano) con asistencia de ultrasonido a una potencia de 40 HZ a temperatura ambiente (24 °C) por 30 minutos. El aceite obtenido de cada tratamiento fue caracterizado por Cromatografía de Gases acoplada a la espectrometría de masas (CG-MS) utilizando la columna TRWAX (30 m de longitud, 0.25 mm de diámetro interno y 0,25 µm de espesor) a través del análisis, identificación y cuantificación del perfil de los ácidos grasos presentes. Se obtuvo que el aceite de sachá inchi presenta seis ácidos grasos entre ellos el palmítico, esteárico, oleico, eláidico, linoleico y linolénico. Los valores de ácidos grasos saturados (ácido palmítico y ácido esteárico) fueron alrededor del 7%, mientras que, un 0,6% de ácido eláidico (ácido trans saturado), en promedio; siendo menor en la muestra extraída con acetato de etilo (0,44%). Alto contenido de ácido oleico (9,63%) y ácido linoleico (3,55%), en promedio; sin diferencia significativa entre el uso de n-hexano y acetato de etilo. También se alcanzó un alto valor de ácido linolénico (49,10% promedio), siendo mayor en la muestra extraída con acetato de etilo. En conclusión, el acetato de etilo puede sustituir al n-hexano como solvente en la extracción de aceite de semillas de sachá inchi y brindar un menor impacto ambiental, mayor seguridad y mejor calidad.

Palabras claves: Sacha Inchi, ácidos grasos poliinsaturados, acetato de etilo, n-hexano, ecológico.

Evaluation of two oil extraction methods of Sacha Inchi seed (*Plukenetia volubilis* L.) using two solvents: n-hexane and ethyl acetate.

Summary

The use of ethyl acetate as an alternative to replace n-hexane in order to obtain oil from Sacha Inchi seeds was evaluated; in this way, the oil was extracted from Sacha Inchi seed oil, previously ground, by organic solvents (ethyl acetate and n-hexane) was done with the assistance of ultrasound at a power of 40 HZ at room temperature (24 °C) for 30 minutes. The oil obtained from each treatment was characterized by Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry (GC-MS) using the TRWAX column (30 m long, 0.25 mm internal diameter, and 0.25 µm thick) for the analysis, identification and quantification of the profile of the fatty acids contained. It was found that sacha inchi oil contains six acids, including palmitic, stearic, oleic, elaidic, linoleic and linolenic acids. The values of saturated fatty acids (palmitic acid and stearic acid) were approximately 7%, while 0.6% of elaidic acid (trans-saturated acid), on average; the sample extracted with ethyl acetate (0.44%) had a lower content. High oleic acid (9.63%) and linoleic acid (33.55%), on average; with no significant difference between the use of n-hexane and ethyl acetate. Also, a high value of linolenic acid was obtained (49.10% average), which was higher in the sample extracted with ethyl acetate. In conclusion, ethyl acetate can replace hexane as a solvent in the extraction of Sacha Inchi seed oil and provide a lower environmental impact, improved safety, and better quality.

Key words: Sacha Inchi, polyunsaturated fatty acids, ethyl acetate, n-hexane, ecological

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. OBJETIVO GENERAL:.....	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	5
3. MARCO REFERENCIAL	6
3.1. LÍPIDOS: FUNDAMENTO Y DEFINICIÓN	6
3.1.1. FUNCIONES DE LOS LÍPIDOS	7
3.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS LÍPIDOS: ÁCIDOS GRASOS SATURADOS E INSATURADOS	8
3.1.2.1. Ácido graso oleico	9
3.1.2.2. Ácido graso linoleico.....	9
3.1.2.3. Ácido graso linolénico	10
3.1.3. BENEFICIOS DE LOS ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS	10
3.2. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE LÍPIDOS EN ALIMENTOS	11
3.2.1. DESTILACIÓN EN CORRIENTE DE VAPOR.....	12
3.2.2. EXTRACCIÓN CON PENSADO MECÁNICO	12
3.2.3. EXTRACCIÓN CON PENSADO EN FRÍO	12
3.2.4. EXTRACCIÓN CON DIÓXIDO DE CARBONO SUPERCRÍTICO:.....	13
3.2.5. EXTRACCIÓN CON SOLVENTES ORGÁNICOS	13
3.2.6. EXTRACCIÓN ASISTIDA CON ULTRASONIDO.....	14
3.2.6.1. Extracción con el método de Soxhlet.....	14
3.2.6.2. Selección de solventes.....	15
3.2.6.3. Hexano como solvente	15
3.2.6.4. Ventajas y desventajas de la extracción con hexano	16
3.2.6.5. Acetato de etilo como solvente.....	17
3.2.6.6. Sustitución del hexano por el Acetato de Etilo	18
3.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEITES COMESTIBLES:	19
3.3.1. CROMATOGRAFÍA DE GASES (CG).....	19

3.3.2.	LA ESPECTROMETRÍA DE MASAS (MS)	20
3.3.3.	TÉCNICA CG-MS.....	20
3.4.	LA SACHA INCHI: SU ACEITE Y SUS BENEFICIOS	21
3.4.1.	DESCRIPCIÓN DE SACHA INCHI (PLUKENETIA VOLUBILIS).....	21
3.4.2.	COMPOSICIÓN DEL ACEITE DE SACHA INCHI	22
3.4.3.	COMPUESTOS ANTIOXIDANTES.....	22
4.	<u>DISEÑO METODOLÓGICO</u>	23
4.1.	MATERIA PRIMA.....	23
4.2.	EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE LAS SEMILLAS DE SACHA INCHI POR SOLVENTES	23
4.3.	CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEITES DE SACHA INCHI POR EL ANÁLISIS EN GC/MS	24
4.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	24
5.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</u>	26
5.1.	PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS: ÁCIDO PALMÍTICO.....	29
5.2.	PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS: ÁCIDO ESTEÁRICO.....	30
5.3.	PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS: ÁCIDO OLEICO	32
5.4.	PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS: ÁCIDO ELAÍDICO.....	33
5.5.	PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS: ÁCIDO LINOLEICO	35
5.6.	PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS: ÁCIDO A-LINOLÉNICO.....	37
6.	<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</u>	39
7.	<u>BIBLIOGRAFÍA.....</u>	40
8.	<u>ANEXOS.....</u>	53

Lista de Tablas

Tabla 1 Propiedades del Hexano	16
Tabla 2 Propiedades del Acetato de etilo.....	18
Tabla 3 Perfil de ácidos grasos del sceite de semillas de sachá inchi.....	26
Tabla 4 Valores estadísticos descriptivos para los resultados obtenidos del ácido palmítico (%)	29
Tabla 5 ANOVA Ácido palmítico	30
Tabla 6 Valores estadísticos descriptivos para los resultados obtenidos del ácido esteárico (%)	31
Tabla 7 ANOVA Ácido esteárico	31
Tabla 8 Valores estadísticos descriptivos para los resultados obtenidos del ácido oleico (%)	32
Tabla 9 ANOVA Ácido oleico	33
Tabla 10 Valores estadísticos descriptivos para los resultados obtenidos del ácido elaídico (%)	34
Tabla 11 ANOVA Ácido elaídico	35
Tabla 12 Valores estadísticos descriptivos para los resultados obtenidos del ácido linoleico (%)	35
Tabla 13 ANOVA Ácido Linoleico	36
Tabla 14 Valores estadísticos descriptivos para los resultados obtenidos del ácido α -Linolénico (%)	37
Tabla 15 ANOVA Ácido α -Linolénico	38

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Gráfica del perfil de ácidos grasos de sachá inchi con acetato de etilo 28

Ilustración 2 Gráfica del perfil de ácidos grasos de sachá inchi con n-hexano 28

1. Introducción

La sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), es una planta silvestre oleaginosa de la Amazonía de Sur de América conocida como maní del inca; ya que, su nombre deriva de «Sacha» que significa silvestre e «inchi» maní (Norma y Echeverri, 2016). Las semillas de la Sacha Inchi (*P. volubilis*) posee un elevado contenido en aceite de aproximadamente 49% con valores altos de ácidos poliinsaturados como son ácido linolénico (ω -3) de 34.6% y linoleico (ω -6) de 50.6%; no obstante, el contenido nutricional depende mucho de la especie en estudio (Ruiz et al., 2013).

El género *Pluketia* está constituido por 19 especies, entre las cuales las especies *P. volubilis*, *P. huayllabambana*, *P. polyandenia*, *P. brachybotrya* y *P. lorentensis* crecen en la Amazonía, comprendiendo los territorios de Venezuela, Colombia, Ecuador, Bolivia, Perú y Brasil (Arfini y Antonioli, 2013; Ruiz et al. 2013). Esta planta oleaginosa crece en una altitud entre 30 y 2000 metros sobre el nivel del mar y su ambiente para su óptimo desarrollo debe ser de climas tropicales y sub-tropicales (10-26 °C) con una humedad relativa del 78% (Arfini y Antonioli, 2013).

El consumo de la sacha inchi, tanto de sus hojas como de sus semillas, radica desde el tiempo de los Incas. De igual manera, se ha encontrado registros de su origen en Perú desde las culturas pre-incas nororientales, con restos de las semillas en huacos en las culturas de Chimús y Mochicas (CIPRAP, 1985). Tanto el consumo de las hojas y de las semillas eran con una previa cocción, debido al amargo de esta planta (Berkelaar y Motis, 2015). En la actualidad, el cultivo de esta planta es poco producido y poco apreciado, a pesar de que posee un gran poder de producción e industrialización; a pesar de ello, los estudios e investigaciones sobre sus beneficios nutricionales es limitada en investigaciones (Taipe-Cuadra et al., 2022).

Del mismo modo, las semillas de esta planta al poseer un rico valor nutricional, lo hacen atractivo para la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética. No obstante, actualmente, el Ecuador exporta semillas de sacha inchi sin valor agregado, limitando nuestros ingresos y exportaciones a materia prima no explotada en su totalidad (Hurtado-Ordoñez, 2013). Teniendo en cuenta la falta de información en la población sobre los

beneficios y uso del sachu inchi, es necesario empezar a desarrollar productos derivados de esta planta como es la producción del aceite de la sachu inchi. Como tal, el consumo de aceite comestible en el Ecuador es de aproximadamente 8,8 L/año, en mayor proporción el aceite de soja (El Comercio, 2022). El aceite, al ser un producto alimentación de consumo diario, puede ser reemplazado o añadido en una dieta más saludable para los ecuatorianos. La obtención del aceite de estas semillas se ve afectada por el índice de contaminación en el proceso productivo; puesto que, el hexano es un solvente orgánico utilizado en las industrias de alimentos y farmacéuticas para la extracción de aceites esenciales y comestibles. Este solvente además de ser tóxico, si no es manipulado de manera correcta, contamina el medio ambiente. Es así que, en este trabajo, se detalla el perfil nutricional del aceite de semillas de Sachu Inchi y de igual manera, se compara el uso de otros solventes menos contaminantes y tóxicos como es el acetato de etilo.

A pesar de ser una planta ancestral, en la actualidad, una problemática del bajo consumo de la sachu inchi es la falta de información sobre sus beneficios nutricionales y formas de consumo. Tito-Huamaní y Bautista-Flores (2009) describen que su comercialización es de forma básica con la venta de las semillas de sachu inchi en tiendas naturistas, sin embargo, es posible producir derivados como aceite, harina, tentempié, mantequilla, entre otros productos. Además de la comercialización de estos nuevos derivados, las empresas alimentarias deben trabajar en el posicionamiento de la sachu inchi en el mercado, destacando sus propiedades alimentarias y nutraceuticas.

Otra problemática por atender en el Ecuador es la malnutrición de niños y adultos; en la encuesta nacional de salud y nutrición del Ecuador «ENSANUT» se reporta una desnutrición crónica infantil, específicamente de niños menores a 5 años, del 27 %; mientras que, el 35 % de niños de 5 a 11 años tienen obesidad y sobrepeso. De igual manera, se considera que el 60 % de adultos mayores a los 18 años sufren de obesidad y sobrepeso, siendo mayor el porcentaje en mujeres con el 27,6 %. Como menciona Sinchiguano-Saltos et al. 2022, el estado nutricional de las familias ecuatorianas es afectado directamente por el estado socioeconómico de esta y de igual manera, la dieta diaria de los ecuatorianos se ve afectado por la capacidad productiva en la transformación y comercialización de los alimentos. De este modo, es necesario empezar a implementar alimentos nutraceuticos en la dieta diaria de los ecuatorianos, es decir, alimentos que sean

nutritivos y a su vez, beneficiosos para la salud humana, como por ejemplo las semillas de Sacha Inchi y sus productos derivados. Debido a que, registros de La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura «FAO» en su libro, el estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023, asegura que alrededor del 22,3 % de niños y niñas por debajo de los cinco años de edad padecen de retraso en el crecimiento; ya que hay una mayor disponibilidad de alimentos precocinados (superprocesados) y comidas rápidas, con un alto contenido de azúcares, aceites trans saturados y/o sal; y una reducción del consumo alimentos naturales como frutas y verduras (FAO, 2023).

Por otra parte, en la industria de los alimentos, la extracción de grasas y aceites comúnmente se realiza a través del uso de solventes orgánicos. Un método muy conocido y que utiliza solventes es el método denominado Soxhlet, donde una muestra pulverizada es colocada en un dedal rodeado del solvente (siendo el hexano es el más común entre varias opciones) y calentado hasta que el solvente condensado alcanza el nivel de desbordamiento y a través de un sifón con los analitos disueltos (lípidos en este caso) retornan al matraz, repitiendo este proceso varias veces para la extracción de los analitos (López-Bascón et al., 2020). No obstante, se puede efectuar la extracción con solventes orgánicos por medio de otras técnicas como la inmersión, inmersión asistida por ultrasonido, entre otros.

En la mayoría de las técnicas, el solvente más común es el n-hexano. Este es un subproducto del refinado del petróleo, que es utilizado como agente de reacción en laboratorios o como solvente orgánico volátil. Como consecuencia de esta propiedad, el n-hexano puede tener contacto con el aire, agua y suelo al momento de su producción o posterior a su utilización en aplicaciones diversos y convertirse en un agente contaminante (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016). El n-hexano es un solvente muy volátil, lo cual puede producir mezclas explosivas con el aire (Badui-Dergal, 2006). Sin embargo, es estable en condiciones ambientales normales, temperatura y presión óptimas durante su almacenamiento y manipulación. La forma de contaminación más común del n-hexano sobre el medio ambiente es el desecho por los desagües; por eso se deben buscar métodos de tratamiento como la retención y eliminación del agua de lavado contaminada para evitar el peligro por exposición (Roth, 2016).

Como ya se mencionó, el hexano es un solvente, derivado del petróleo, que es fácilmente inflamable, muy nocivo y peligroso para el medio ambiente y para la salud de las personas que manipulen este reactivo. De hecho, el manual de las Comisiones Obreras de Andalucía (CCOO; 2016), menciona que el uso de hexano debe ser controlado, ya que puede causar problemas respiratorios y dermatitis por contacto directo con el solvente; asimismo, puede llegar a contaminar el medio ambiente si no tiene un proceso adecuado de desecho. De este modo, es preponderante el surgimiento de alternativas seguras, denominadas «verdes» en sustitución de los solventes tradicionales, entre los que se encuentran, el acetato de etilo o conocido comúnmente como acetato de etilo

El solvente denominado acetato de etilo posee dos rutas típicas de obtención: una química y una biológica (enzimática). Serna et al., (2015) en su estudio donde evaluó la producción del acetato de etilo por ambas rutas, obtuvo que existe un menor costo de producción por la vía química (2,77 USD/kg), a diferencia de la vía enzimática que hasta triplico su costo (8,55 USD/kg). Sin embargo, el rendimiento por la síntesis química es de 0.63 kg Acetato de etilo/kg Ac. Acético, en comparación con la obtención biológica de 1.28 kg Acetato de etilo/kg Ac. Acético. Del mismo modo, el índice de impacto ambiental total (PEI) es menor en la síntesis biológica (0,113 PEI/kg) a comparación de la síntesis química (0,552 PEI/kg), dando como resultado una reducción aproximadamente del 79 % en el impacto ambiental total calculado.

Asimismo, Pere-Oleart et al. (2011) explica en su manual de sustitución de agentes químicos, que el acetato de etilo posee un bajo peligro para el medio ambiente, al igual que, una baja toxicidad aguda y/o crónica. Así, el acetato de etilo posee un manejo menos tóxico y más compatible con el medio ambiente. Por lo tanto, la extracción del aceite de las semillas de sachá inchi puede tomar lugar en el mercado con nuevas técnicas de extracción; sin embargo, se debe considerar ciertos factores que influyen como es la falta de marketing y comercialización; al igual que el impacto ambiental que puede producir esta industria. En el presente trabajo se presentará el perfil nutricional que brinda el aceite de sachá inchi, sus beneficios nutricionales; al igual, que se analizará el uso del acetato de etilo como alternativa al uso del hexano. Es así que se planteó la pregunta de investigación: ¿El acetato de etilo puede sustituir al hexano y mantener las características nutricionales del aceite de semillas de sachá inchi?.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general:

Comparar la extracción del aceite de las semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis L.*) con dos diferentes solventes: n-hexano y acetato de etilo para la diferenciación del perfil cualitativo y semicuantitativo de los ácidos grasos característicos de este aceite

2.2. Objetivos específicos:

- Extraer el componente lipídico de las semillas de sachá inchi con la ayuda de solventes orgánicos, n-hexano y acetato de etilo.
- Analizar el perfil cualitativo y semicuantitativos de los aceites de la semilla de sachá inchi por medio de la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.
- Comparar la eficacia de los solventes estudiados, n-hexano y acetato de etilo, en la obtención de perfiles cualitativos y cuantitativos de los ácidos grasos presentes en el aceite de sachá inchi.

3. Marco referencial

Los lípidos son esenciales y necesarios para una buena alimentación. A pesar de que se pueden sintetizar en el organismo, los ácidos grasos de cadena larga (Omega-9, Omega-6 y Omega-3) deben ser ingeridos necesariamente en la alimentación diaria del ser humano, denominado ácidos grasos esenciales. Son necesarios debido a que brindan importantes funciones en todas las células vivas del cuerpo como el medio de transporte de vitaminas liposolubles (Cabezas-Zábala et al., 2016; Supriyanto et al., 2022). A pesar de eso, el consumo de aceites trans saturados en alimentos procesados en mayor al consumo de lípidos insaturados; por lo que se busca aumentar el consumo de lípidos «saludables» con mayor contenido de ácidos grasos insaturados y un bajo contenido de saturados que puedan brindar beneficios a la salud (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023).

Por eso surge la investigación de nuevas alternativas saludables procedentes de granos ancestrales poco consumidos. La sachá inchi que es una planta oleaginosa procedente de la Amazonía, posee altos niveles de ácidos grasos insaturados y un alto contenido de proteína (Ramos-Escudero et al., 2016). El afán de expandir sus beneficios y promover una dieta más nutritiva, la hace una planta de interés para los investigadores, como reporta Garmedia et al (2011) en su estudio del efecto del aceite de sachá inchi en el perfil lipídico de paciencia con hiperlipoproteinemia; al igual que Chirinos et al. (2022), que describe los ácidos grasos poliinsaturados, compuestos antioxidantes y capacidad antioxidante de las semillas de sachá inchi. Por tal motivo, en este espacio se abarcará conceptos y fundamentos, comenzando desde los lípidos hasta el aceite de sachá inchi.

3.1. Lípidos: fundamento y definición

Tras transcurrir los años, los seres humanos han empleado los aceites tanto para su alimentación como para combustible. Muchos autores detallan que los lípidos están conformados tanto por grasas como aceites procedentes de los tejidos adiposos de animales y de los tejidos de vegetales oleaginosos que se ingieren como «alimento» (OMS). Badui-Dergal (2006) define a los lípidos (proviene de «*lipos*», grasa en griego) como una sustancia insoluble en agua, pero soluble en solventes orgánicos como son el

triclorometano, acetona, tolueno, hexano y bencina. Otra definición de lípidos, como señala Díaz-Velásquez (2020), que son un grupo de macromoléculas, constituidas por ácidos grasos carboxílicos de cadena larga formados por un grupo carboxílico y una cola hidrocarbonada. Acotando así, Fennema (2010) y Badui-Dergal (2006) que los lípidos son compuestos principales del tejido adiposo, formados por átomos de carbono, oxígeno e hidrogeno formando cadenas hidrocarbonadas, aromáticas o alifáticas; sin embargo, pueden contener fósforo y nitrógeno.

3.1.1. Funciones de los lípidos

La importancia de estas macromoléculas en la alimentación humana abarca varias funciones en el organismo como: es el almacenamiento de energía en el organismo, aporte de energía (9 Kcal/g), forma parte de la membrana celular, transporta vitaminas liposolubles, actúa como un protector de órganos y medidor de hormonas, entre otras funciones (Cabezas-Zábala et al., 2016; Hoyos-Serrano, 2014).

De la misma manera, tienen la facultad de atribuir ciertas características a los alimentos, como: 1) brindar calidad como mejor textura, color, consistencia y sabor; 2) Aportar nutrientes para la formación de micelas y la síntesis de bilis; y 3) en funciones biológicas como fuente portadora de vitaminas A, D, E, K, y constituyente de ácidos grasos poliinsaturados «*saludables*» que son ayudan en la síntesis de eicosanoides que actúan en procesos antiinflamatorios (Badui-Dergal, 2006; Hurtado-Ordoñez, 2013; Aranda-Ventura et al., 2019).

Los lípidos son importantes debido a que brindan mejores características sensoriales y nutricionales a los alimentos; por ejemplo, la consistencia de una leche entera comparada a una leche desnatada, la cremosidad de un helado, entre otros alimentos. De este modo, los lípidos en los alimentos afectan mayormente en el color, propiedades reológicas y sabor. No obstante, la intensidad de los lípidos en los alimentos depende tanto de su contenido, composición química, cambios físicos durante el proceso y las transformaciones químicas y enzimáticas de los lípidos en el almacenamiento y producción de los alimentos (Kolakowska y Sikorski, 2003).

3.1.2. Clasificación de los lípidos: ácidos grasos saturados e insaturados

Por otro lado, existen diferentes clasificaciones de lípidos; sin embargo, en este trabajo se los clasificara en dos grandes grupos: saponificables e insaponificables. Los lípidos saponificables pueden ser simples, complejos y ácidos grasos. Mientras que, el otro grupo, los insaponificables, está formado por los esteroides, eicosanoides e isoprenoides (Díaz Velásquez et al., 2020). Los lípidos simples están formados por ésteres de ácidos grasos junto con alcoholes. Posee dos subgrupos: 1) Los aceites y las grasas que son ésteres de glicerol y ácidos monocarboxílico; y 2) Las ceras que son ésteres de alcoholes monohidroxilados con ácidos grasos (Badui-Dergal, 2006); mientras que los ácidos grasos complejos son aquellos que pueden tener otros componentes como fósforo, proteínas, carbohidratos y denominándolos fosfolípidos, glicolípidos, amino lípidos (Díaz Velásquez et al., 2020).

Entorno a este trabajo, se describirá a las grasas y aceites como ácidos monocarboxílicos de cadena alifática, clasificados en ácidos grasos saturados e insaturados (Fennema, 2010). Pertenecen al grupo de los acilglicéridos, específicamente en los triglicéridos, debido a que, como su nombre lo indica forma la unión de tres ester de ácidos grasos con una molécula de glicerol a través de un proceso de esterificación (FAO/ OMS, 1997); aunque en la actualidad, la tecnología se ha desarrollado y se ha encontrado moléculas cíclicas, ramificadas e hidroxiladas, sin un número específico de átomos de carbono (Badui-Dergal, 2006).

La clasificación más común y estudiada de los ácidos grasos se divide en saturados y ácidos grasos insaturados. Los ácidos grasos saturados son cadenas con enlaces simples de 4 a 26 átomos de carbono y son sintetizados en forma endógena o por la ingesta de alimentos (Díaz-Velásquez et al., 2020). Tienen la característica de que su punto de fusión depende del peso molecular del ácido, de este modo, los de 4 a 8 átomos de carbono son líquidos (25 °C), mientras que con 10 átomos de carbono empiezan a solidificar (Badui, 2006). Los ácidos grasos saturados más conocidos son: butírico, cáprico, palmítico, láurico, entre otros (FAO/FINUT, 2012).

Mientras que los ácidos grasos insaturados tienen desde un enlace doble o más en su cadena de carbonos, que pueden estar posicionados en dos formas: Cis o Trans (Cabezas-Zábala et al., 2016). Se clasifican en dos subgrupos: los monoinsaturados (solo una doble

ligadura) siendo el más conocido el ácido oleico (Omega-9) y los ácidos poliinsaturados (más de una doble ligadura) como son el ácido linoleico (C18:3 ω -3, ALA) y el ácido alfa linolénico (C18:3 ω -3, ALA) (Díaz-Velásquez et al., 2020). Sin embargo, poseen características generales como (Badui, 2006): poseen una alta reactividad química al ser propensos a la saturación, oxidación e isomerización; y tienen un punto de fusión menor a los saturados con la misma longitud de cadena.

3.1.2.1. Ácido graso oleico

Pertenece al grupo de los monoinsaturado comúnmente encontrado en los alimentos de tierra como el maní, soya, olivo, girasol, aguacate, entre otros. Su nombre científico es octadeca-9-enoico (C18:1n-9), al poseer un solo enlace en la en posición n-9, se lo conoce como «omega-9». Posee un punto de fusión más alto que los otros ácidos grasos, cercano a 13 °C (Badui-Dergal, 2006). Sin embargo, no es un compuesto orgánico esencial, ya que el organismo puede sintetizarse a partir de otros alimentos oleaginosos. No obstante, es esencial en la lactancia, pues la leche materna madura aporta el 50 % de la grasa compuesta por ácido palmítico y ácido oleico; sin embargo, la cantidad de ácido oleico ingerido por el bebé dependerá de la fuente del aceite que ingiera la madre (FAO y FINUT, 2012). Motivo por el cual, la madre que esté en proceso de lactancia debe consumir buenas fuentes de aceites insaturados. En el caso de que el ácido oleico sufra una saturación, este pasa a denominarse ácido esteárico.

3.1.2.2. Ácido graso linoleico

Es un compuesto graso indispensable y poliinsaturado, cuyo nombre científico es octadeca-9:12-dienoico (18:2 ω 6). Su nombre deriva de la posición de su primer doble ligadura en relación con el grupo metilo; en el caso del ácido linoleico, lo tiene el sexto carbono, por lo tanto, se le conoce como «omega-6», ω 6 (n-6) (Fennema, 2010). Los aceites ricos en ácido linoleico, como el aceite de oliva, el girasol, maní y maíz, presentan puntos de fusión bajos (alrededor de -5 °C) y elevados índices de yodo, esto indica que son muy vulnerables a las reacciones oxidativas (Badui-Dergal, 2006).

Es considerado un compuesto orgánico esencial (no es sintetizado por el organismo) debido a que constituye una parte fundamenta en la membrana protectora de los tejidos celulares, también ayuda a la formación de ácido araquidónico y del ácido α -linolénico

como compuestos antioxidantes, ayuda a la síntesis del ácido eicosapentaenoico (EPA) y a su vez, del ácido docosahexaenoico (DHA) (Aranda-Ventura et al., 2019). El EPA al ser un sustrato de las lipooxigenasas, ayuda para la formación de las prostaglandinas, tromboxanos de la serie 3, y a su vez, en la síntesis de los leucotrienos y prostaciclina que son compuestos biológicamente activos que participan en la regulación de la presión sanguínea y brindan un efecto antiinflamatorio (Aranda-Ventura et al., 2019).

3.1.2.3. Ácido graso linolénico

Su nombre científico es octadeca-9:12:15-trienoico, posee el isómero alfa (α) y es un ácido poliinsaturado esencial que se lo conoce como «omega-3», ω 3 (n-3), con su primer doble enlace en el tercer carbono con respecto al grupo metilo (Fennema, 2010; Gómez Candela, 2011). No obstante, de forma natural, puede también poseer un isómero gamma (γ) formando el ácido gamma-linolénico, presente en algunas plantas (Coronado-Herrera et al., 2006). El ácido linolénico está en mayor presencia en el aceite de canola y soya, y posee un bajo punto de fusión (alrededor de -11°C), lo que lo hace susceptible a oxidación; sin embargo, posee una velocidad relativa de hidrogenación alta comparado con los otros ácidos insaturados, siguiendo la siguiente relación: 40:20:10: 1 (ácidos araquidónicos: linolénico: linoleico: oleico) (Badui-Dergal, 2006; Fennema, 2010). Es considerado un compuesto orgánico indispensable por que el sistema humano no puede producirlo por sí mismo; al igual, que posee algunos beneficios como efecto antiinflamatorio, ayuda a reducir la hipertensión, mejora la función endotelial, es antitrombótico y mejora los parámetros lipídicos para evitar la formación de enfermedades cardiovasculares (Díaz Velásquez et al., 2020)

3.1.3. Beneficios de los ácidos grasos insaturados

Primeramente, los ácidos grasos saturados (AGS) son altamente estables químicamente sin enlaces dobles de carbono y comprenden del 30 al 40 % de los lípidos total del tejido animal (Torrejón y Uauy, 2011). No obstante, Kromhout et al (1995) demostró una correlación positiva (aproximada de $r = 79$) entre las enfermedades relacionadas con problemas del corazón y la ingesta de ácidos saturados de cadena larga como el ácido mirístico, láurico, esteárico y palmítico; y de igual manera una relación con sus isómeros trans saturados. Otros autores presumen que la alta ingesta de ácidos saturados (por arriba del 15 % a los consumidos diariamente) influyen en el aumento de los niveles de

colesterol de lipoproteínas baja densidad «LDL» y el colesterol total (Torrejón y Uauy, 2011). De este modo, las enfermedades cardiovasculares son aquellas que se relacionan con el taponamiento de los vasos sanguíneos por la acumulación de placas grasosas que impiden la circulación normal de la sangre por los vasos y su distribución hacia los órganos y tejidos, provocando paros cardíacos, angina o derrame cerebral (OMS, 2023).

Entre las enfermedades cardiovasculares más comunes están el hipercolesterolemia, hipertensión arterial y al igual, que la obesidad y sobrepeso que inciden a la aparición de enfermedades cardiovasculares. El hipercolesterolemia es la producción de niveles altos del colesterol LDL, lo que puede causar un infarto al corazón (MedlinePlus, 2022). Así como la hipertensión arterial es la subida excesiva de la presión sanguínea en los vasos (140/90 mmHg o más) (OMS, 2023). La obesidad y, por ende, el sobrepeso son el acumulamiento excesivo de la grasa que influye en el aumento del peso corporal. Lo que puede derivar en enfermedades como diabetes tipo 2, dislipidemia, hipertensión y arteriopatía coronaria (Socarrás Suárez y Bolet Astoviza, 2010; OMS, 2023).

Por otra parte, los insaturados son químicamente inestables por la presencia de sus dobles ligaduras en su cadena de carbonos desde un enlace doble (monoinsaturado) o 2 o más enlaces dobles (conocidos como poliinsaturados). Sin embargo, esto le otorga otras funciones y características a este grupo como, por ejemplo, los ácidos poliinsaturados de cadena larga (omega-3; ω -3) a través de su acción estabilizadora de la membrana celular pueden influir sobre el corazón con un efecto antiarrítmico, también actúan sobre la agregación plaquetaria por la inhibición del tromboxano A₂ y posee efectos positivos como la disminución de triglicéridos en el perfil lípido; al igual que la disminución del colesterol de baja densidad «LDL» y un leve aumento del colesterol de alta densidad «HDL» (Piñeiro-Corrales et al., 2013).

3.2. Métodos de extracción de lípidos en alimentos

Existen diferentes técnicas para la extracción de lípidos tanto para aceites vegetales como grasas animales, entre los que se destacan:

3.2.1. Destilación en corriente de vapor

La técnica más común en la producción de aceites esenciales es la destilación en corriente de vapor. Esta técnica se basa en la vaporización selectiva de componentes volátiles presentes en el sistema vegetal, que reaccionan por las altas temperaturas del vapor de agua. Estos vapores (mezcla de aceites esenciales y vapor de agua) son enfriados y condensados por la destilación líquida de dos fases no miscibles (acuosa y orgánica), que serán separadas por decantación (Casado-Villaverde, 2018; (Pantano-Ladino y Urrego-Roldán, 2018). Esta técnica se utiliza debido a su bajo costo, sin embargo, ocupa largos tiempos y posee un bajo rendimiento comparado con otros métodos (Pantano-Ladino y Urrego-Roldán, 2018).

3.2.2. Extracción con prensado mecánico

El presado mecánico es utilizado para la obtención de aceites vegetales. Este método tradicional se fundamenta en la presión física que se ejerce sobre el alimento. De esta manera, libera el aceite contenido en la matriz. Lafont et al., 2011 describe que consiste en pesar cierta cantidad de la muestra pulverizada previamente, la cual es prensada a una elevada fuerza de compresión en una presa hidráulica. El aceite es recogido y la torta residual se vuelve a prensar en las mismas condiciones para obtener la máxima cantidad posible de aceite. Existen dos tipos de presas: las abiertas y las cerradas. La prensa abierta puede ser de placas está formada por varias placas de acero en la parte superior agrupadas por columnas que, a su vez, forman una caja abierta; mientras que la prensa cerrada de cajetín está formada por cajones separados donde se coloca la materia vegetal (Pantano-Ladino y Urrego-Roldán, 2018).

3.2.3. Extracción con prensado en frío

Es muy similar al prensado mecánico; sin embargo, emplea bajas temperaturas con el fin de conservar los ácidos grasos esenciales, la presencia de vitamina E y compuestos antioxidantes de los aceites extraídos (Mera-Herrera, 2017). El presado en frío, en la industria de los alimentos, se utiliza especialmente para la obtención de aceites de alta naturaleza nutricional como el aceite de oliva y aceites esenciales. Cerutti y Neumayer (2004) afirman que el aceite esencial de cítricos por prensado en frío posee características

odoríferas superiores al método de destilación; debido a que existe una ausencia de calor y se puede preservar los componentes que no serían volátiles. Del mismo modo, son estables a la oxidación, porque no existe una eliminación de los componentes antioxidantes volátiles, por ejemplo, los tocoferoles en aceites vegetales.

3.2.4. Extracción con dióxido de carbono supercrítico:

Un fluido supercrítico (FSC) es aquel que se sometió a una temperatura y presión superior a su punto de inflexión. En el caso del dióxido de carbono (CO₂), la temperatura crítica es 305 grados kelvin y su presión crítica 72,9 atmosferas (Hernández Romero, 2017). Sus propiedades se parecen tanto a un líquido como a un gas; poseen características de ser un buen disolvente, al igual que, su coeficiente de difusión y su viscosidad son cercanos a los gases naturales, brindando un mejor transporte del fluido de interés (Calvo-Garrido, 2021).

El beneficio de utilizar fluidos supercríticos en vez de solventes líquidos es por su compresibilidad, debido a que los solventes líquidos necesitan altas presiones para cambiar su densidad; mientras que, los fluidos supercríticos por sus propiedades de solvatación tienen la capacidad de cambiar su densidad con pequeños cambios de presión y/o temperatura y así facilitar la extracción del soluto y la recuperación de dicho solvente (Hernández Romero, 2017). La extracción con fluidos supercríticos consiste en: 1) la extracción del analito de interés y 2) la separación del extracto del disolvente supercrítico. En la extracción, el fluido supercrítico fluye a través del sólido y disuelve el soluto extraíble. Esta mezcla líquida se deposita en el extractor donde se procede a la segunda etapa la separación por medio de una reducción de la presión para así precipitar el soluto y separar el solvente (Calvo-Garrido, 2021).

3.2.5. Extracción con solventes orgánicos

El uso de solventes orgánicos se emplea en la industria alimentaria para solubilizar sustratos (Badui-Dergal, 2006). Esta extracción con solventes puede ser de diferentes tipos: extracción con solventes (percolación), maceración con el solvente, con asistencia ultrasónica, entre otros métodos. La técnica tradicional es un proceso de transferencia de masa donde se da la separación de compuestos de una mezcla (sólida o líquida), a través del transporte del solvente a la matriz del alimento donde se da la disolución del soluto (aceite) en la fase del solvente por la transferencia (Ntalikwa, 2021).

La cantidad de aceite recolectado depende de diferentes parámetros en el método de extracción, entre los cuales se destaca el tipo de solvente utilizado, el tiempo de reacción, la temperatura utilizada, la dimensión del alimento y la relación disolvente-alimento que se utilice. De la misma manera, el solvente debe tener la capacidad de disolver el soluto y de fácil separación en mezcla soluto-solvente (Wan, 1997; Ntalikwa, 2021). Existe una recuperación de aceite de aproximadamente 90% al 98%, siendo uno de los más efectivos comparados con la técnica mecánica (Nde y Foncha, 2020).

3.2.6. Extracción asistida con ultrasonido

Por otro lado, existen alternativas de uso con la extracción con solventes orgánicos entre las que destaca la utilización de ultrasonido, como Azuola y Vargas (2007) describen aumenta la efectividad de la transferencia de masa, es de bajo costo y se puede por extracción a bajas temperaturas. Del mismo modo, Vinatoru (2001) describe como autores utilizaron diferentes frecuencias (kHz) para una extracción asistida con ultrasonido en diferentes matrices, donde destaca que para la extracción de aceites de maní se utilizó una frecuencia por ultrasonido de 400 kHz, aumentando su extracción con la utilización como solvente: el n-Hexano. Es así que Krishnan et al. (2015), demostró que el rendimiento de aceite de arroz por extracción asistida por ultrasonido (usando etanol como solvente) fue mayor a una extracción convencional con hexano. Es importante tomar en cuenta las condiciones como la frecuencia, el tiempo y la intensidad, como Krishnan et al (2015), demostró que tiempos mayores de 26 min de sonicación y un nivel de amplitud del 93% son efectivos para una mayor extracción de aceite.

3.2.6.1. Extracción con el método de Soxhlet

La extracción con el método de Soxhlet consiste en una lixiviación (extracción sólido-líquido), que es la separación del analito de interés procedente de la fase sólida con la ayuda de un líquido disolvente (Pantano-Ladino y Urrego-Roldán, 2018). El funcionamiento del equipo Soxhlet se basa en la recirculación de los vapores condensados a través de un tubo que se conecta a la fuente del solvente orgánico (evaporación continua), llevando consigo el analito de interés de la materia prima que se encuentra en un dedal desechable (Caldas-Ávila, 2012). Este método es utilizado debido a que posee algunos beneficios como: mejor rendimiento en el gasto del solvente, buena separación

de material poco solubles y la fácil recolección del soluto y del solvente (Carrera y Martínez, 2001).

3.2.6.2. Selección de solventes

La selección de un solvente se debe dar de acuerdo con aquel que brinde las mejores características al analito. Entre lo que se busca de un solvente están las siguientes características (Caldas-Ávila, 2012; GIDOLQUIM, 2014): Que no sea miscible con el analito, dependiendo de si es polar o apolar, alto límite de saturación y baja viscosidad y que sea suficientemente volátil, es decir que tenga una baja presión de vapor. Esto le concede una fácil separación con el producto extraído de la materia prima. Debe tener la capacidad para extraer el analito sin alterar su calidad; también, debe ser de toxicidad baja y poco inflamable, a pesar de que no se cumple con este parámetro en todos los solventes. El solvente a elegir depende de su punto de fusión, así pues, para extracción en frío, solventes con bajo punto de fusión y para extracción en calor, solventes con alto punto de fusión deben tener bajo costo.

Cada solvente produce extractos y composiciones específicas como, por ejemplo, el etanol, que es utilizado en su mayoría para plantas y estructuras vegetales (Caldas-Ávila, 2012). Del mismo modo se debe tomar en cuenta la afinidad del solvente, en este caso existe solventes polares y apolares. El primer solvente (polares) son aquellos que se usan para disolver sustancias polares, un ejemplo común es el agua y los alcoholes de bajo peso molecular. Por otro lado, los solventes apolares son sustancias químicas que permiten la extracción de materiales no hidrosolubles (GIDOLQUIM, 2014). Entre los solventes utilizados están el agua, n-hexano, etanol, cloroformo, metanol, éter de petróleo, entre otros.

3.2.6.3. Hexano como solvente

El hexano es el disolvente empleado en los laboratorios para la separación de grasa y aceite. Es un líquido procedente del petróleo con características incoloras, inflamable y con olor ligero a la gasolina (ATSDR,1999). Se evapora muy rápido en el aire (es volátil) y es insoluble al agua, el hexano comercial resulta de la combinación del n-hexano y de hidrocarburos en específico del ciclopentano, metil hexano, entre otros (ATSDR,1999). Es estable en condiciones normales, por eso su utilización como solvente orgánico en la

industria alimenticia y farmacéutica; sin embargo, en altas temperaturas puede causar inestabilidad química y desprender gases tóxicos como el monóxido de carbono (Higiene Ocupacional y Medio ambiental [SIAFA], 2003). Las propiedades del hexano son:

Tabla 1 Propiedades del Hexano

Parámetros	Unidad
Punto de ebullición	68,7 °C
Punto de fusión	- 95 °C
Densidad (a 20 °C)	0,66 g/ml
Peso molecular	86,17 g/mol (C: 83,62 %, H: 16,38 %)
Punto de inflamación	- 21 °C
Densidad de Vapor	3 (aire=1)

Fuente: (SIAFA, 2003); (Ministerio del trabajo y Asuntos sociales España, 1994)

3.2.6.4. Ventajas y desventajas de la extracción con hexano

El hexano es considerado un solvente con alta utilización debido a que es bajo en costos, es eficiente, se puede eliminar fácilmente debido a su alta volatilidad y de igual manera, se puede reciclar y reutilizar. Ntalikwa (2021) en su estudio de extracción por solventes de aceite de *Jatropha*, menciona que el n-hexano es el mejor solvente orgánico empleado en la obtención de aceite, teniendo en cuenta unas condiciones de proporción solvente-alimento de 6:1, partículas de alimento de 0,5–0,8 mm, tiempo de extracción de 7 horas, y temperatura de 68 °C, teniendo una efectividad del 98,6% de extracción; sin embargo, es un reactivo peligroso que puede causar complicaciones médicas con su aspiración y

con el contacto en la piel (Nde y Foncha, 2020). Posee riesgos tóxicos como los citados a continuación:

Inhalación: el vapor del hexano en grandes concentraciones tiene efectos narcóticos (mareos, náuseas, dolores de cabeza, somnolencia). En concentraciones pequeñas, el vapor es irritable a las mucosas del tracto respiratorio, mientras mayor exposición puede causar secuelas en el sistema nervioso periférico.

Piel: causa dermatitis por una exposición prolongada y no controlada debido a que actúa como desengrasante de la piel.

Ojos: Inflama las mucosas oculares provocando malestar y el enrojecimiento de los ojos.

Ingesta: Puede causar dolores abdominales y náuseas (SIAFA,2003).

Por otra parte, la obtención del n-hexano puede resultar nociva para el medio ambiente, creando preocupación en la actualidad. De la misma manera, el hexano es parte del listado de sustancias que actúan como contaminantes atmosféricos declarados por la *Environmental Protection Agency*; debido a que producen vapores por ser muy volátiles y causan emisiones contaminantes atmosféricas (Pons, 2015).

3.2.6.5. Acetato de etilo como solvente

Conocido como acetato de etilo, este solvente está formado por el éster etílico del ácido acético, es un compuesto orgánico incoloro de olor característico (Organización internacional del trabajo [OIT], 2018). Está compuesto por éster de etanol y ácido acético, conocido por ser un disolvente oxigenado al tener en su composición: Carbono: 54,53% Hidrogeno: 9,15 % Oxigeno: 36,32% (Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], 2015). A diferencia del hexano, el acetato de etilo es un solvente con polaridad media, muy volátil y relativamente no higroscópico. Es inestable en la presencia de bases acuosas fuertes y ácidos; no obstante, es soluble en compuestos orgánicos como éter, cloroformo, acetona, entre otros (Pattanaik y Mandalia, 2011). Entre las características físicas y químicas del acetato de etilo se puede detallar:

Tabla 2 Propiedades del Acetato de etilo

Parámetros	Unidad
Punto de ebullición	77, 1°C
Punto de fusión	- 83 °C
Densidad (a 20 °C)	0,902 g/ml
Peso molecular	88,1 g/mol
Punto de inflamación	- 4 °C
Densidad de Vapor	3 (aire=1)

Fuente: (UNAM, 2015)

Este compuesto químico tiene puntos de inflamación más altos que el n-hexano por lo que es menos inflamable y peligroso. Otro punto a favor, es que, en la actualidad, nuevas vías de obtención y producción de aceto de etilo son desarrolladas, con el fin de evitar la utilización del ácido acético y emplear la transformación de residuos industriales o transesterificación del acetato de metilo con el fin de obtener una química verde en la industria (González Montiel, 2015). Del mismo modo, en cuanto al costo, el acetato de etilo es 33% más económico que el n-hexano (Pattanaik y Mandalia, 2011).

3.2.6.6. Sustitución del hexano por el Acetato de Etilo

De este modo surgen los solventes alternativos llamados solventes seguros, como el acetato de etilo, cuya capacidad de extracción se ha probado similar a la del n-hexano (Jiyane et al., 2018); como destaca Sánchez-Arreola et al. (2015) que a través de la extracción de aceite por el procedimiento Soxhlet con n-hexano, acetato de etilo y éter de petróleo a semillas de jatropha obtuvo que el acetato de etilo alcanzó la mejor extracción (54,3 %) comparado con el n-hexano (47,7 %) y el éter (45,9 %). Del mismo modo,

Lohani, et al. (2015), en busca de un solvente menos peligroso, menos contaminante, más económico y menos tóxico que el hexano para el uso de extracción de aceites de diferentes semillas, obtuvo que el más favorable es el acetato de etilo que muestra un rendimiento y una calidad de aceite equivalente al uso del hexano.

El acetato de etilo es una alternativa viable para la sustitución de n-hexano debido a que posee similitudes en sus pesos moleculares, puntos de ebullición, entalpía de vaporización y tensión superficial similar (Pattanaik y Mandalia, 2011). Del mismo modo tiene aplicabilidad en diferentes campos por su alta solubilidad como en la producción de confiterías, bebidas, dulces, aceites y esencias sintéticas de frutas; también, en la extracción de cafeína de los granos de café molido y como ingrediente de productos cosméticos. Su alto uso radica en que puede sustituir sustancias peligrosas utilizadas para el mismo propósito, ya que, es un excelente disolvente, tiene un bajo costo y es menos tóxico que otras sustancias como el hexano, cloroformo, entre otros (González Montiel, 2015).

3.3. Caracterización de los aceites comestibles:

La caracterización de los lípidos vegetales comestibles es influida por el perfil y el contenido de ácidos grasos presentes en la matriz alimentaria. En su mayoría, en los lípidos de origen vegetales, están compuestos principalmente por ácidos grasos insaturados, los cuales son más susceptibles a deterioros y cambios en su estructura durante la cadena de manufactura. Para el análisis de los ácidos grasos de los aceites comestibles se debe convertir estas moléculas en ésteres metílicos de ácidos grasos por transesterificación, en un medio metanólico, con álcali, ácido o por catalizadores ácido-álcali. De este modo, se convierten en compuestos volátiles de fácil determinación y análisis en un cromatograma de gases (Aparicio y Aparicio-Ruíz, 2000; Ramos-Escudero et al., 2016).

3.3.1. Cromatografía de gases (CG)

La cromatografía es un procedimiento físico de separación de mezclas que consiste en la salida de los constituyentes de una muestra, transportados por una fase móvil, sobrepuesta a una fase estacionaria en una columna (Pássaro Carvalho et al., 2016). Esta técnica se basa en una técnica de sorción-desorción de los componentes gaseosos de la muestra

solida según su afinidad con la fase móvil y estacionaria (Pássaro Carvalho et al., 2016) Existe dos tipos de cromatografía, una líquida y una gaseosa, denominadas: la cromatografía líquidos de alta presión (HPLC) y la cromatografía de gases (GC) (Badui-Dergal, 2006).

La cromatografía de gases es un método empleado en laboratorios químicos que concede la facilidad de identificar los ácidos grasos presentes en aceites vegetales, al igual que la identificación de componentes volátiles y fenólicos; por medio del índice de retención cromatográfico en función de la interacción del analito a analizar con las fases estacionaria y móvil (Rivera-Sagastume, 2008; Chitue-de-Assunção-Nascimento et al., 2013). En esta técnica la muestra debe ser calentada y llevada a un estado gaseoso para ser inyectas en el casco de una columna cromatográfica; en donde, es transportado por una fase móvil (comúnmente se utiliza un gas inerte) hasta conseguir la extracción de los componentes de una mezcla al circular sobre una fase estacionaria y se determina por un detector que amplifica la señal (Pássaro Carvalho et al., 2016; García Fabila, 2017).

3.3.2. La espectrometría de masas (MS)

Por otro lado, la espectrometría de masas es un método analítico que permite cuantificar y cualificar un compuesto orgánico, inorgánico o biológico. Esta técnica analiza la composición de una matriz, al separar los núcleos atómicos por su espectro de masas o conocido como la relación masa/carga (m/z), es decir, se basa en la masa atómica o molecular del analito con respecto a su número de cargas z que tenga el ion (López y Pajares, 2020).

3.3.3. Técnica CG-MS

La técnica CG-MS es utilizada en el área de los alimentos para detectar (plaguicidas, antibióticos o toxinas) en los alimentos en concentraciones muy bajas (Romero-Gonzales et al., 2007). Otra aplicación es la cuantificación de ácidos grasos para observar su estado de degradación (Pérez y Guachamin, 2021) y el estudio de componentes volátiles (Fennema, 2010). La técnica de cromatografía de gases ajustada a la espectrometría de masas (CG-MS) es un nuevo método analítico que combina la cromatografía como la técnica de separación del analito de su mezcla; mientras que, la espectrometría de masas

es utilizada para reconocer y cuantificar analitos de una solución (Castroviejo Fernández, 2020).

La técnica CG-MS consiste en dos pasos: primero, el paso de la muestra por la cromatografía de gases y seguido, el examen de la muestra por la espectrometría de masas. De este modo, Badui-Dergal (2006) detalla que la muestra es inoculada en un flujo de un gas (nitrógeno o helio) que circula a través de una columna cubierta por la fase estacionaria. Se da la separación de los compuestos (analitos) por medio de la afinidad que tenga con la fase estacionaria; como resultado producen un impacto eléctrico (picos) que serán cuantificados por el detector del espectrómetro de masas; el cual calcula la concentración de los analitos de la muestra a través del radio masa/carga (m/z) de iones moleculares, formando así un espectro de masas único para cada analito.

Del mismo modo, a través del análisis GC-MS se puede confirmar el perfil lípido de los aceites y compararlo con sus métodos de extracción, como lo demostró Krishnan et al. (2015) en su estudio, donde el análisis GC-MS confirmó que el aceite extraído con asistencia por ultrasonido obtuvo porcentajes mayores de ácidos grasos insaturados, a diferencia de una extracción convencional con hexano.

3.4. La Sacha inchi: su aceite y sus beneficios

3.4.1. Descripción de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*)

Sacha inchi o maní del inca (*Plukenetia volubilis* L.) forma parte de la familia de las euforbiáceas que crecen en una elevación entre 1500 y 1700 metros de altura (Guillén et al., 2003; Follegatti-Romero et al., 2009; Berkelaar y Motis, 2015). A pesar de que se consumen sus hojas cocidas, existe un mayor interés de sus semillas en la industria alimentaria debido a que son ricas en grasa y proteína (Berkelaar y Motis, 2015). El uso de las semillas de sachá inchi en la industria alimentaria y en la nutrición de la población ecuatoriana radica en su alto valor nutricional, puede llegar a aportar el 35 a 60 % de grasa dependiendo de la especie, 27% de proteína (aminoácidos esenciales como cisteína, tirosina, treonina y triptófano), vitamina E, minerales y polifenoles (Follegatti-Romero et al., 2009; Flores y Lock, 2013).

3.4.2. Composición del aceite de Sacha inchi

El aceite de sacha inchi es reconocido por varios autores por su riqueza nutricional. Fanali et al. (2011) realizó una determinación química del aceite de sacha inchi y obtuvo que el 93 % del total de ácidos grasos son insaturados, en mayor cantidad presenta α -linolénico (C18:3) y linoleico (C18:2) con 36 % y 50 %, respectivamente. De este modo, Garmendia et al (2011), analizó el efecto del aceite de sacha inchi sobre el perfil lípido en pacientes con hiperlipoproteinemia, y aseguró que 10 ml de aceite de Sacha inchi inciden sobre el perfil lipídico en pacientes con dislipidemia (elevado colesterol y/o triglicéridos, o una concentración baja de colesterol HDL), brindando beneficios a la salud del que consuma.

3.4.3. Compuestos antioxidantes

Del mismo modo, el aceite de sacha inchi es rico en fitosteroles. Los fitosteroles son moléculas que poseen una estructura muy similar al colesterol y se ha demostrado que tienen el poder de inhibir la absorción de colesterol, al disminuir la concentración del colesterol total y LDL (Muñoz-Jáuregui et al., 2011). Es así que, Fanali et al (2011) reporta alrededor del 50% de contenidos de tocoferoles y γ tocoferol; al igual, que alrededor de 15 compuestos polifenoles. Además, Chirinos et al. (2013) argumenta que b-sitosterol fue el fitoquímico de mayor importancia y representación en especies de *Plukenetia* de alrededor 127 mg/100 g aceite.

4. Diseño metodológico

4.1. Materia prima

Las semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) fueron comprados las fincas productoras del cantón Huaquillas, provincia de El Oro. Luego, se transportaron a la Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, donde se realizó un descascarillado de las semillas y posterior, una limpieza manual para eliminar el material dañado, roto y cuerpos extraños. Se almacenaron para su posterior análisis. El n-hexano utilizado en este trabajo experimental (Fisher Chemical S.L, Madrid, España) posee una pureza del 99,9%, mientras que el acetato de etilo (J.T.Baker TM, Madrid, España) posee una pureza del 99,98 %.

4.2. Extracción del aceite de las semillas de sachá inchi por solventes

Para la obtención del aceite, se procedió primero a la obtención de un producto molturado a partir de la semilla de sachá inchi similar a una harina. Para ello, se pesaron 100 g. de semillas descascarilladas y se las llevó a moler en un molino Corona (Landers y Cía, Medellín, Colombia) hasta obtener una harina de granulometría fina.

Tras esto, con ayuda de una balanza analítica, se pesaron 100 g de harina de sachá inchi. Del mismo modo, se midieron 200 ml de acetato de etilo en una probeta y se mezclaron con la harina de sachá inchi previamente pesada. Este proceso se repitió con el n-hexano; en este caso, se utilizaron 150 ml de este solvente debido al acceso limitado en los laboratorios donde tomó lugar la presente investigación. La mezcla solvente-harina se llevó a agitación en un baño ultrasónico de 5,7L (Fisher Scientific Inc, Hampton, Nuevo Hampshire, Estados Unidos) a una potencia de 40 Hz a temperatura ambiente (24 °C) durante 30 minutos. Pasado este tiempo, se filtró la mezcla en un embudo recubierto con papel filtro para la separación de la harina de la fase líquida (mezcla del solvente y aceite). La fase líquida se llevó a un evaporador rotatorio Laborota 4001 (Heidolph, Schwabach, Alemania) acoplado a un criostato Alpha RA8 (Lauda, Lauda Dr. R. Wobser GmbH & Co.KG, Lauda-Königshofen, Alemania) y a la bomba de vacío PC 600 (Vacuubrand, GmbH+CO KG, Wertheim, Alemania) a 40 °C con una velocidad de rotación de 30 rpm

y una duración de 15 min para la separación completa del aceite con el solvente. Por último, se pesó el aceite obtenido y se lo almacenó para sus posteriores análisis.

4.3. Caracterización de los aceites de sachá inchi por el análisis en GC/MS

Los pasos para realizar este procedimiento se llevaron a cabo en los laboratorios de la Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador. El procedimiento empezó con la transesterificación, para ello se pesó 0,1 g del aceite y 2 ml de hexano ACS en un tubo con tapa. Se tapó y se llevó a agitación en un vórtex por 30 segundos. A esta mezcla, se añadieron 200 μ L de KOH 2 N disuelto en metanol y se llevó nuevamente al vórtex por 30 segundos. Posteriormente, se centrifugó a 200rpm por 10 minutos y del sobrenadante se tomó una alícuota de 200 μ L para colocar en un vial ámbar de cromatografía, donde se añadió en conjunto 800 μ L de hexano para su análisis en el cromatógrafo de gases Trace 1300 (Thermo Scientific, Waltham, Estados Unidos). Los parámetros del método cromatográfico fueron: temperatura del inyector, 230 °C, modo de inyección: *split*, split 80, programa térmico, temperatura del horno 100 °C durante 5 minutos, con una rampa de temperatura de 3°C/min hasta 200 °C, 1°C/min hasta 230 °C durante 10 minutos, Columna tipo TRWAX, tiempo total de corrida: 78,333 minutos. Este proceso se realizó por cuadruplicado.

Asimismo, se inyectó una solución de metil ésteres de ácidos grasos para identificar los ácidos grasos presentes en el aceite de sachá inchi por medio de sus metil ésteres. Para ello, se utilizó el espectro de masas de cada compuesto por medio del espectrómetro de masas simple cuadrupolo ISQ 7000 (Fisher Scientific, Waltham, Estados Unidos). Para la identificación y cuantificación proximal de los ácidos grasos presentes en el aceite de sachá inchi se realizó la superposición de los picos de los ácidos grasos de la muestra con los de la mezcla de metil ésteres de ácidos grasos.

4.4. Análisis estadístico

Se aplicó un diseño completamente aleatorizado para discernir evidencias significativas en los resultados del contenido de ácidos grasos en el aceite obtenido por acción de los 2 solventes objeto de estudio. Los resultados se declaran como medias \pm desviaciones estándar de las cuatro réplicas independientes ($n = 4$). Los datos se detallaron utilizando el programa informático estadístico SPSS-22 (International Business Machines

Corporation, Armonk, Estados Unidos) por medio de un análisis de varianza (ANOVA).
Los datos se representan en tablas de comparación y gráficas.

.

5. Resultados y discusión

En la siguiente sección se representará los datos obtenidos por el método GC/MS que fueron procesados en el programa informático estadístico. El aceite de sacha inchi, como se indica en la tabla 1, es rico en ácidos grasos poliinsaturados como el ácido linoleico y ácido linolénico, contiene ácidos grasos monoinsaturados como el oleico, seguido por los ácidos saturados como el ácido palmítico y esteárico y una presencia relativamente baja de un ácido graso transaturado, el ácido elaídico. Ruiz et al., 2013; Ramos-Escudero et al., 2016; Romero-Hidalgo et al., 2019 y Taípe-Cuadra et al., 2022 obtuvieron que cantidades significativas de ácido linoleico, linolénico, oleico, palmítico y esteárico en el aceite de sacha inchi. Estos ácidos grasos fueron detectados en mayor cantidad en este estudio.

Tabla 3 Perfil de ácidos grasos del aceite de semillas de sacha inchi

N.	Ácidos Grasos	Solvente de extracción	N	Media ± desviación estándar
1	Palmítico	acetato	4	3,9±0,088
		hexano	4	4,22±0,05
2	Esteárico	acetato	4	2,873±0,074
		hexano	4	3,055±0,044
3	Oleico	acetato	4	9,473±0,279
		hexano	4	9,802±0,07
4	Elaídico	acetato	4	0,448±0,358
		hexano	4	0,905±0,013
5	Linoleico	acetato	4	33,605±0,129
		hexano	4	33,51±0,119
6	Linolénico	acetato	4	49,7±0,133
		hexano	4	48,513±0,04
Σ Ácidos grasos poliinsaturados				82,664
Σ Ácidos grasos monoinsaturados				9,6375

Datos expresados porcentaje del ácido graso \pm desviación estándar de 4 replicas.

Existe mayor presencia del ácido linolénico, con un 49,1 %, seguido del ácido linoleico con 33,55 % y 9,63 % de ácido oleico, en promedio; al igual que < 1,00% en ácido eláidico y valores aproximados al 3,00% en ácido palmítico. De este modo, el contenido de ácidos grasos poliinsaturados, ácido linoleico y ácido linolénico ronda el 82,66 %; dato levemente superior a los reportados por Chirinos et al. (2013), que obtuvieron entre 78,0 % y 81,1 % de ácidos grasos poliinsaturados en diferentes variedades de sachá inchi. Sin embargo, menores a los reportados por Ruiz et al. (2013) de 85 % de ácidos grasos poliinsaturados totales. Ramos-Escudero et al. (2016) comparó los ácidos grasos poliinsaturados de diferentes aceites y obtuvo que a diferencia del aceite de chía con 81 % de ácidos grasos poliinsaturados y el aceite de linaza con 70 %; el aceite de sachá inchi posee 78 % de ácidos grasos poliinsaturados, valor inferior al reportado en este trabajo, pero superior a los aceites de otras semillas.

Por otra parte, se obtuvo que los ácidos monoinsaturados (ácido oleico) está aproximadamente en 9,64%; valor relativamente menor a lo señalado por Chirinos et al. (2013) en un rango entre 10,8 % y 13,2 % de ácidos monoinsaturados en el aceite de sachá inchi; no obstante, los valores coinciden con lo señalado por Ramos-Escudero et al. (2016) quienes detallan que puede variar entre 8,1 % y 10,7% de ácidos grasos monoinsaturados. También, en la tabla 1, observamos que hay alrededor de un 7,02 % de ácidos grasos saturados (ácido palmítico y esteárico). Sin embargo, es menor a los alcanzados por Chirinos et al. (2013), con valores entre 7,9 y 9,1 % de ácidos grasos saturados y cercanos a los obtenidos por Supriyanto et al. (2022) de entre 6,95 %- 8,04 % de ácidos grasos saturados. Por último, la presencia de pequeñas cantidades de ácido eláidico se debió a que el aceite de sachá inchi es una grasa vegetal hidrogenada por su alto porcentaje del ácido linolénico, lo que causa que tenga una velocidad relativa de hidrogenación alta comparada con los otros ácidos grasos (Gómez-Cortés et al., 2019).

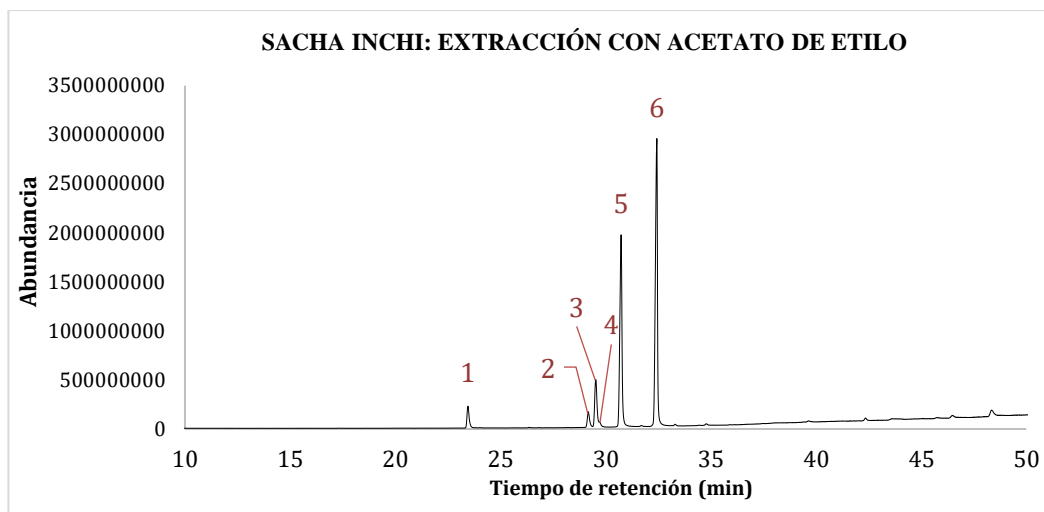


Ilustración 1 Gráfica del perfil de ácidos grasos de sachá inchi con acetato de etilo

En las ilustraciones, se muestra las gráficas cromatográficas del análisis CG/MS, en donde muestran el tiempo de retención y la cantidad de distintos tipos de iones, identificables a partir de su masa/carga; con el fin de identificar por la inyección de una mezcla de ésteres metílicos de ácidos grasos que poseían el mismo tiempo de retención y área bajo la curva.

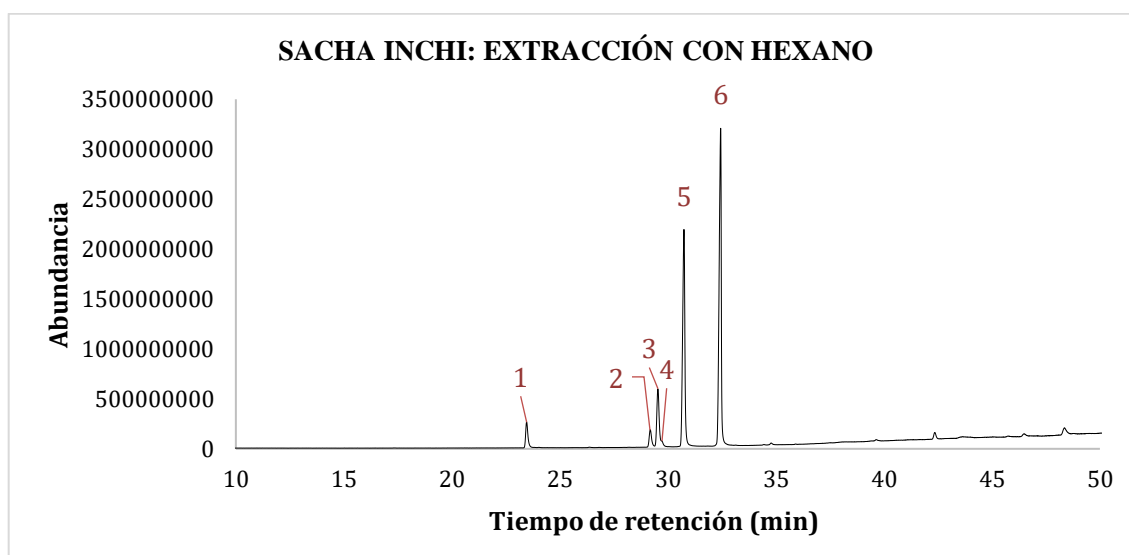


Ilustración 2 Gráfica del perfil de ácidos grasos de sachá inchi con n-hexano

Tanto en las muestras tratadas con acetato de etilo y hexano, el pico más alto que está representado con el número 6 es el ácido linolénico, seguido por el número 5 o ácido linoleico. Con el número 3, encontramos al ácido oleico, mientras que el 1, 2 y 4 son para el ácido palmítico, esteárico y eláidico, respectivamente.

5.1. Perfil de ácidos grasos: ácido palmítico

El contenido de ácido palmítico (C16:0) en el aceite de sachá inchi, por el proceso de extracción con acetato de etilo, fue de 3,90 %; mientras que se alcanzó valores de 4,22 % con la extracción con hexano. El contenido promedio total fue 4,06% de ácido palmítico en el aceite de sachá inchi; Otros autores obtuvieron porcentajes en el orden de 3,80% (Ruiz et al., 2013); 2,1 % 1,7 % (Chirinos et al., 2013), 4,20 %. (Hurtado-Ordoñez, 2013), 5,44 % (Romero-Hidalgo et al., 2019) y 6,1 % (Taípe-Cuadra et al., 2022). A pesar de no obtener datos similares en ambos tratamientos, los valores obtenidos son cercanos a autores como Ruiz et al. y Hurtado-Ordoñez.

La presencia del ácido palmítico en este aceite vegetal es de suma importancia puesto a que es un ácido saturado aterogénico, esto indica, que va a incrementar los niveles de colesterol en la sangre (Hurtado-Ordoñez, 2013). Aún es menor a otros aceites vegetales como el aceite de maíz (5,6 %), oliva (10,2%) y canola (4,3 %) (Ramírez Botero et al., 2014).

Tabla 4 Valores estadísticos descriptivos para los resultados obtenidos del ácido palmítico (%)

Grupos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% Intervalo de confianza del 95%		Mín.	Máx.
					Límite inferior	Límite superior		
Acetato ^b	4	3,90	0,08832	0,04416	3,7595	4,0405	3,78	3,98
n-hexano ^a	4	4,22	0,04967	0,02483	4,1410	4,2990	4,18	4,29
Total	8	4,06	0,18346	0,06486	3,9066	4,2134	3,78	4,29

Grupos con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p < 0,05$).

En el análisis de varianza realizado para el porcentaje del ácido palmítico en el aceite de sachá inchi se obtuvo que el valor p ($<0,001$) es menor que 0,05, concluyendo que se rechaza la hipótesis nula de las medias de los dos grupos: n-hexano y acetato son significativamente iguales; teniendo en cuenta que los datos fueron analizados de $n=4$ de cada tratamiento. De este modo, existen diferencias significativas ($p < 0,01$), lo que se interpreta como que el uso de hexano tuvo mayor rendimiento de extracción en el contenido de ácido palmítico. Es importante aclarar, que al tener un error natural bajo de 0,031 y una media cuadrática de error bajo de 0,005, este estudio puede ser replicable y comparable con otros.

Tabla 5 ANOVA Ácido palmítico

	Suma total cuadrados	DF	Media cuadrática	F	Valor-P
Entre los Grupos	0,205	1	0,205	39,896	$<0,001$
Error	0,031	6	0,005		
Total	0,236	7			

5.2. Perfil de ácidos grasos: ácido esteárico

El contenido de ácido esteárico (C18:0), con la extracción con acetato de etilo, fue 2,8725%; mientras que se obtuvo 3,055 % con el uso del n-hexano con diferencias significativas entre ambas muestras. Se obtuvo un promedio total de 2,963 % de ácido esteárico en el aceite de sachá inchi. Otros autores reportan valores de 2,89% (Hurtado-Ordoñez, 2013); 3,94% (Romero-Hidalgo et al., 2019); 3,17% (Aranda-Ventura et al., 2019) y 3,3% (Taípe-Cuadra et al., 2022). Sin embargo, a pesar de la presencia de este ácido graso saturado, el aceite de sachá inchi presenta valores inferiores a los reportados para el aceite de olivo (3,6%) y el aceite de girasol (4,3%) (Ramírez-Botero et al., 2014).

Tabla 6 Valores estadísticos descriptivos para los resultados obtenidos del ácido esteárico (%)

Grupos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% Intervalo de confianza del 95%		Mín.	Máx.
					Límite inferior	Límite superior		
Acetato ^b	4	2,8725	0,07365	0,03683	2,7553	2,9897	2,79	2,96
n-hexano ^a	4	3,0550	0,04435	0,02217	2,9844	3,1256	3,00	3,10
Total	8	2,9638	0,11262	0,03982	2,8696	3,0579	2,79	3,10

Grupos con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p < 0,05$).

En la tabla 5, se detalla el análisis de varianzas para los datos del porcentaje de ácido esteárico en el aceite de las semillas de sachá inchi. En esta se puede analizar que el valor p obtenido es de 0,005 menor al valor- p crítico de 0,05, es así que, se rechaza la hipótesis nula de que los grupos son significativamente iguales. Así pues, existen diferencias significativas en el uso de hexano y acetato de etilo para la extracción de aceite de sachá inchi ($p < 0,01$). El porcentaje obtenido con el n-hexano como solvente difiere en 0,1825 % de la muestra extraída con acetato de etilo.

Tabla 7 ANOVA Ácido esteárico

	Suma total cuadrados	DF	Media cuadrática	F	Valor-P
Entre los Grupos	0,067	1	0,067	18,024	0,005
Error	0,022	6	0,004		
Total	0,089	7			

5.3. Perfil de ácidos grasos: ácido oleico

El porcentaje de ácido oleico (Tabla 6.), tanto para la muestra extraída con acetato como para aquello con n-hexano, ronda el 9,64 %. El valor es semejante a lo señalado por Supriyanto et al., 2022 (9,44 %); Aranda-Ventura y Villacrés-Vallejo, 2023 (9,9 %) y Aranda-Ventura et al. 2019 (9,48 %). No existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras acetato de etilo (9,47 %) y n-hexano (9,80 %).

Tabla 8 Valores estadísticos descriptivos para los resultados obtenidos del ácido oleico (%)

Grupos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% Intervalo de confianza del 95%		Mín.	Máx.
					Límite inferior	Límite superior		
Acetato ^a	4	9,4725	0,27873	0,13937	9,0290	9,9160	9,06	9,67
n-hexano ^a	4	9,8025	0,06994	0,03497	9,6912	9,9138	9,72	9,87
Total	8	9,6375	0,25789	0,09118	9,4219	9,8531	9,06	9,87

Grupos con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p < 0,05$).

Como ya se mencionó para los análisis anteriores, el valor p es mayor al valor-p crítico de 0,05; por ende, se acepta la hipótesis de que las medias de ambas muestras son significativamente iguales (Tabla 7). No obstante, el contenido de ácido oleico es inferior a otros aceites como el de oliva con 56 % de ácido oleico (Paucar- Menacho et al., 2015) y 35 % en el aceite de girasol (Ramírez-Botero et al., 2014). Una desventaja del bajo contenido de ácido oleico en el aceite de sacha inchi como menciona Paucar- Menacho et al., 2015, es la mayor susceptibilidad a la oxidación que presenta, ya que el ácido oleico posee un solo doble enlace al ser monoinsaturado, lo que le confiere mayor estabilidad. Sin embargo, la presencia de este ácido graso monoinsaturado brinda grandes beneficios

como menciona Tutunchi et al., 2020, en su revisión bibliográfica acerca de los efectos de una dieta rica en ácido oleico, donde describe que es posible regular el consumo de alimentos mediante un equilibrio de grasas, reducción del peso corporal y aumento del gasto de energía para prevenir la obesidad asociada al inflamasona NLRP3/Caspasa-1.

Tabla 9 ANOVA Ácido oleico

	Suma total cuadrados	DF	Media cuadrática	F	Valor-p
Entre los Grupos	0,218	1	0,218	5,275	0,061
Error	0,248	6	-0,041		
Total	0,466	7			

5.4. Perfil de ácidos grasos: ácido elaídico

El ácido elaídico (C18:1 trans) es bajo en el aceite de semillas de sacha inchi, con un valor de 0,67 %, tal y como se lo indica en la tabla 8 y levemente superior al reportado por Pacheco-Júnior (2019) que detectó valores de 0,61 % de este ácido transaturado en semillas de sacha inchi. Sin embargo, otros autores no reportan la presencia de este ácido graso en sus análisis sobre el perfil de ácidos grasos del aceite de semillas de sacha inchi. Este isómero trans- del ácido oleico es estable y menos propenso al deterioro con agentes antioxidantes debido a que actúa como un ácido graso saturado; esto se debe por una hidrogenación parcial del aceite lo que provocó la isomerización del ácido oleico (Gómez-Cortés, 2019).

Pacheco-Júnior (2019), en su estudio, demostró que el comportamiento del ácido elaídico varió dependiendo del tipo de envase y almacenamiento, en donde indicó que existió un aumento con la utilización de envases de bolsas de fibra y de vidrio; sin embargo, en envases de polietileno al vacío se redujo hasta un 0,05 % en el contenido de ácido elaídico, almacenado en una cámara de frío.

Tabla 10 Valores estadísticos descriptivos para los resultados obtenidos del ácido eláidico (%)

Grupos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% Intervalo de confianza del 95%		Mín.	Máx.
					Límite inferior	Límite superior		
Acetato ^b	4	0,4475	0,35762	0,17881	-0,1216	1,0166	0,11	0,89
n-hexano ^a	4	0,9050	0,01291	0,00645	0,8845	0,9255	0,89	0,92
Total	8	0,6763	0,33865	0,11973	0,3931	0,9594	0,11	0,92

Grupos con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p < 0,05$).

El Análisis de varianzas del ácido eláidico, detallado en la tabla 9, se puede observar que el valor p (0,043) es inferior que 0,05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis de las muestras de hexano y acetato son significativamente iguales. La muestra extraída con acetato de etilo presenta valores bajos (0,4475 %) comparados con Pacheco-Junior (2019); sin embargo, la muestra extraída con n-hexano sobrepasa en 0,29% al reportado por Pacheco-Junior.

Teniendo en cuenta que el ácido eláidico está relacionado con las enfermedades cardiovasculares por ser del grupo de lípidos trans, Vahmani et al. (2015) describieron que todos los isómeros trans-18:1 se metabolizan de maneras diferentes y de este modo, tienen diferentes características lipogénicas, el caso del isómero trans-9 18:1 (ácido eláidico) se determinó que favorecía la expresión de distintos genes lipogénicos. No obstante, su efecto individual sobre las enfermedades cardiovasculares debe ser de mayor interés de investigación.

Tabla 11 ANOVA Ácido eláidico

	Suma total cuadrados	DF	Media cuadrática	F	Valor-P
Entre los Grupos	0,419	1	0,419	6,538	0,043
Error	0,384	6	0,064		
Total	0,803	7			

5.5. Perfil de ácidos grasos: ácido Linoleico

El contenido de ácido graso linoleico (C18:2; ω -6), en promedio, es de alrededor de un 33,56 % (Tabla 10). Para la muestra extraída con acetato de etilo se reportó un valor de 33,61 % de ácido linoleico; mientras que, para la muestra con n-hexano, fue 33,51 %. Sin embargo, los valores obtenidos son levemente inferiores a los reportados por otros autores: 36,19 % (INEN NTE 2688, 2014), 35 % (Taípe-Cuadra et al., 2022); 34 – 37 % (Norhazlindah et al., 2023), 33,5-40 % (Ramos-Escudero et al., 2016) y 34,4 % (Aranda-Ventura y Villacrés-Vallejo, 2023). A pesar, de que presenta valores altos de ácido linoleico, pudo darse un proceso de oxidación de este aceite poliinsaturado debido a varios factores como los que se describen la norma INEN NTE 2688:2014, el almacenamiento y el lugar donde se almacena, la luz, la temperatura y el contacto con el oxígeno.

Tabla 12 Valores estadísticos descriptivos para los resultados obtenidos del ácido linoleico (%)

Grupos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% Intervalo de confianza del 95%		Mín.	Máx.
					Límite inferior	Límite superior		

Acetato ^a	4	33,6050	0,12923	0,06461	33,3994	33,8106	33,49	33,79
n-hexano ^a	4	33,5100	0,11916	0,05958	33,3204	33,6996	33,38	33,65
Total	8	33,5575	0,12578	0,04447	33,4523	33,6627	33,38	33,79

Grupos con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p < 0.05$).

De este modo, las dos muestras son significativamente similares, debido a que el valor-p obtenido es mayor a 0,05. Por lo tanto, la extracción con acetato de etilo tiene la misma utilidad que el uso de n-hexano. El contenido del ácido linoleico en el aceite de sacha inchi (33,55%) es superior al contenido en el aceite de oliva (5,1 %); sin embargo, el aceite de girasol posee un alto porcentaje de este ácido poliinsaturado (51,2%) (Ramírez Botero et al., 2014). La presencia de este ácido poliinsaturado en el aceite de sacha inchi es de suma importancia, porque el organismo humano no lo puede sintetizar, denominándolo un ácido graso esencial (INEN 2688, 2014).

Al poseer contenidos altos de ácido linoleico, el aceite de sacha inchi confiere algunos beneficios a la salud como detallan varios autores; es importante en la prevención de enfermedades cardiovasculares, hipertensión, artritis reumatoidea, el cáncer e influye en el crecimiento y desarrollo de los niños, es necesario en la creación del tejido nervioso y ocular, su deficiencia puede causar retraso de crecimiento y obesidad (Paucar-Menacho et al., 2015; Supriyanto et al., 2022; Norhazlindah et al, 2022).

Tabla 13 ANOVA Ácido Linoleico

	Suma total cuadrados	DF	Media cuadrática	F	Valor-P
Entre los Grupos	0,018	1	0,018	1,168	0,321
Error	0,093	6	0,015		

Total	0,111	7
-------	-------	---

5.6. Perfil de ácidos grasos: ácido α -Linolénico

El ácido α -linolénico (C18:3; ω -3) es un ácido graso poliinsaturado indispensable. El contenido en el ácido α -linoleico (Tabla 12) en las muestras, en promedio, es de 49,10 %. Son significativamente diferentes ($p < 0,05$), teniendo un valor mayor de ácido α -linolénico en la muestra extraída con acetato de etilo (49,70 %), a comparación de la muestra que se usó n-hexano (48,52 %). Los datos obtenidos están en concordancia a los reportados por Chirinos et al., (51,3%), Supriyanto et al., 2022 (42,67% - 46,34 %); Norhazlindah et al., 2022 (42 % - 51 %) y Taipe-Cuadra et al., 2022 (44,2 %).

Tabla 14 Valores estadísticos descriptivos para los resultados obtenidos del ácido α -Linolénico (%)

Grupos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% Intervalo de confianza del 95%		Mín.	Máx.
					Límite inferior	Límite superior		
Acetato ^a	4	49,7000	0,13292	0,06646	49,4885	49,9115	49,52	49,84
n-hexano ^b	4	48,5125	0,04031	0,02016	48,4484	48,5766	48,47	48,56
Total	8	49,1063	0,64123	0,22671	48,5702	49,6423	48,47	49,84

Grupos con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p < 0,05$).

Por otra parte, el aceite de sacha inchi presenta niveles mayores de ácido α -linolénico en comparación con otros aceites como el aceite de soya con 8 % de α - ácido linolénico (Rueda et al., 2014), el aceite de argán con 0,34% (Rueda et al., 2014), el aceite de oliva con 0,6% (Ramírez-Botero et al., 2014) y el aceite de girasol con el 1% de α - ácido linolénico (Ramírez-Botero et al., 2014).

El contenido de omega-3 en el aceite de sacha inchi es alto comparado con otros aceites vegetales. Sin embargo, la relación Omega-6/Omega-3 obtenida del aceite de sacha inchi fue de 0,69, el cual es inferior a los reportados por otros autores que describen que la relación de Omega-6/Omega-3 en el aceite de sacha inchi está entre 0,81 a 1,09 (Supriyanto et al. 2022). En la nutrición lo que se busca es una relación Omega6/Omega-3 de 1/1 o 2/1 (Gómez-Candela et al., 2011); sin embargo, si el contenido de omega-3 es mayor, se puede considerar beneficioso para la salud y nutrición. Algunos de los beneficios que brinda el ácido α -linolénico es que, al ser precursor de la síntesis del ácido eicosapentaenoico EPA y del ácido docosahexaenoico DHA, que son importante en la prevención de enfermedades cardiovasculares y tienen un efecto protector en el trastorno de estado de ánimo y regula las funciones cognitivas en los niños, siendo esenciales en el crecimiento de los niños (Supriyanto et al. 2022;). También puede producir cambios en los parámetros bioquímicos e indicadores relacionados con el síndrome metabólicos, por ende, con los problemas cardiacos, obesidad y diabetes (Muzsik et al., 2020).

Tabla 15 ANOVA Ácido α -Linolénico

	Suma total cuadrados	DF	Media cuadrática	F	Valor-P
Entre los Grupos	2,820	1	2,820	292,387	<0,001
Error	0,058	6	0,010		
Total	2,878	7			

6. Conclusiones y recomendaciones

La cantidad de ácidos grasos oleico y linoleico no tuvieron diferencia significativa ($p < 0,05$) con los tratamientos extraídas con n-hexano y acetato de etilo. Demostrando que el uso de acetato de etilo puede sustituir al uso del n-hexano, al tener valores similares de ácido oleico y de ácido linoleico en las muestras de aceite de semillas de sachá inchi. Además, el contenido del ácido α -linolénico (Omega-3) en la muestra con acetato de etilo fue superior en 1,18 % a la muestra extraída con n-hexano. También se obtuvieron valores menores de ácido palmítico y ácido esteárico (ácidos saturados); al igual, que de ácido eláídico (ácidos trans saturados) en las muestras extraídas con acetato de etilo.

Se alcanzó un alto contenido de omega-6 (alrededor el 34%) y de omega-3 (alrededor de un 50%), que son ácidos grasos poliinsaturados beneficiosos para la salud humana. Además, se asume que la muestra extraída con acetato de etilo al presentar una menor presencia de ácido eláídico es favorable comparada con el contenido obtenido con n-hexano; al tener una menor concentración de ácidos grasos trans saturados. Se puede concluir que el acetato de etilo puede ser preferible sobre el hexano, debido a que brinda mejor calidad, menor impacto ambiental y su uso es más seguro. Sin embargo, se debe tener en cuenta una buena práctica de purificación del aceite y eliminación de solvente para garantizar aceites comestibles de alta calidad.

7. Bibliografía

- Agencia para Sustancias tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2016). Resúmenes de Salud Pública - n-Hexano (n-Hexane). Obtenido https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs113.html#:~:text=El%20n%2Dhexano%20puede%20entrar,con%20el%20ox%C3%ADgeno%20y%20descomponerse.
- Aranda-Ventura J, Villacrés-Vallejo J, Rios-Isern F. (2019). Composición química, características físico-químicas, trazas metálicas y evaluación genotóxica del aceite de *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi). *Rev Peru Med Integrativa.*;4(1):4-14.
- Aranda-Ventura, Jose; Villacrés-Vallejo, Jorge. (2023). Estabilidad del aceite de *Plukenetia volubilis* (sacha inchi) en base al perfil de ácidos grasos y características físico químicas. *Rev Peru Med Integrativa.*; 8(1):3-10.
- Arfini F, Antonioli F. *Sacha inchi. Research about the conditions for recognition of geographical indications in Peru*, CRED, Lima Peru, 2013.
- Aparicio, R. & Aparicio-Ruíz, R. (2000). Authentication of vegetable oils by chromatographic techniques. *Journal of Chromatography A*, 881, 93-104.
- Azuola, Rocío; Vargas, Pedro. (2007). Extracción de sustancias asistidas por ultrasonido (EUA). *tecnología en Marcha*, 20(4).
- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos* (4a. ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Berkelaar, D., Motis, T. (2015). *Maní del Inca (Plukenetia volubilis)*. ECHO Notas de Desarrollo N. 129 Web: <https://www.echocommunity.org/es/resources/49ab85e7-b41e-40f9-bd35-cc16561473f1>

- Cabezas-Zábala, Claudia; Hernández-Torres, Blanca Cecilia; Vargas-Zárate, Melier. (2016). Fat and oils: Effects on health and global regulation. *Rev. Fac. Med.* Vol. 64 (4): 761-8. <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v64n4.53684>
- Caldas-Avila, Adriana. (2012). OPTIMIZACIÓN, ESCALAMIENTO Y DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO DE EXTRACCIÓN SÓLIDO LÍQUIDO. Universidad de Cuenca, Ecuador. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2468/1/tq1111.pdf>
- Carrera, Mariona y Martínez, Nathalie. (2001). Extracción sólido-líquido (Soxhlet) [PDF]. En: *Pràctiques d'Experimentació en Enginyeria Química*. Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona. Vol. 1. p. 3. Disponible en Internet: ftp://ftp-urgell.upc.es/Quimica/EEQ/EEQ-1/INFORMES_2001-2016/2001-Tardor/T8.pdf
- Casaso Villaverde, Irene. (2018). Optimización de la extracción de aceites esenciales por destilación en corriente de vapor. Universidad Politécnica de Madrid.
- Castroviejo Fernandez, M. Pilar. (2020). Cromatografía de Gases/Líquidos acoplado a espectrometría de masas de Alta Resolución (MS-AR). Universidad de Burgos. <https://www.ubu.es/parque-cientifico-tecnologico/servicios-cientifico-tecnicos/espectrometria/cromatografia-de-gasesliquidos-acoplado-espectrometria-de-masas-de-alta-resolucion-ms-ar>
- Calvo-Garrido, Lourdes. (2021). EXTRACCIÓN MEDIANTE CO2 SUPERCRÍTICO. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Química. https://oa.upm.es/49669/1/TFG_IRENE_CASADO_VILLAVERDE.pdf<https://www.ucm.es/otri/complutransfer-extraccion-mediante-co2-supercritico>
- Cerutti, Mariano; Neumayer, Fernando. (2004). INTRODUCCIÓN A LA OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE LIMÓN. *Invenio*. 149-155.
- Chirinos, R., Zuloeta, G., Pedreschi, R., Mignolet, E., Larondelle, Y., & Campos, D. (2013). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*): A seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 141(3), 1732–1739. doi:10.1016/j.foodchem.2013.04.078

- Coronado Herrera, Martha; Vega y León, Salvador; Gutiérrez Tolentino, Rey García; Fernández, Beatriz y Díaz González, Gilberto. (2006). LOS ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3 Y OMEGA-6: NUTRICIÓN, BIOQUÍMICA Y SALUD. *REB* 25(3): 72-79
- Comisiones Obreras de Andalucía. (2016). HEXANO conoce sus riesgos y cómo prevenirlos. <http://tusaludnoestaennomina.com/wp-content/uploads/2016/02/EL-HEXANO.-CONOCE-SUS-RIESGOS-Y-C%C3%93MO-PREVENIRLOS.pdf>
- CIDRAP. (1985). El Sacha Inchi utilizado como sustancia farmacéutica, Perú.
- Chirinos, R., Pedreschi, R., Domínguez, G., & Campos, D. (2015). Comparison of the physico-chemical and phytochemical characteristics of the oil of two *Plukenetia* species. *Food Chemistry*, 173, 1203–1206. doi:10.1016/j.foodchem.2014.10
- Chitue-de-Assunção-Nascimento, Juliano; Lafargue-Pérez, Francisco; Díaz-Velázquez, Manuel; Barrera-Vaillant, Norberto; Marrero-Delange, David; Varela-Hernández, Katuska. (2013). Análisis cromatográfico del aceite vegetal de *Jatropha curcas* L. crudo y refinado. *Revista Cubana de Química*, 15 (2), pp. 143-149. ISSN: 0258-5995
- Díaz-Velásquez D, Upegui-Mayor AT, Arboleda-Nava JA & Vásquez-Mucúa AL. Los lípidos y sus generalidades. En: Álvarez-Ramírez AA, López-Peláez J. & Meneses-Urrea LA. (eds. científicas). *Dislipidemias y estilos de vida en jóvenes*. Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali; 2020. p. 17- 50
- El Comercio. (2022). El precio del aceite vegetal impacta en los negocios de comida rápida y almuerzos. <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/precio-aceite-vegetal-negocios-alimentos.html>
- Fanali, C., Dugo, L., Cacciola, F., Beccaria, M., Grasso, S., Dachà, M.,... Mondello, L. (2011). Chemical Characterization of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*L.) Oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(24), 13043–13049. doi:10.1021/jf203184y

- FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. (2023). Versión resumida de El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023. Urbanización, transformación de los sistemas agroalimentarios y dietas saludables a lo largo del continuo rural-urbano. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc6550es>
- FAO y FINUT, 2012. Grasas y ácidos grasos en nutrición humana Consulta de expertos. Granada, España. <https://www.fao.org/3/i1953s/i1953s.pdf>
- Fennema. (2010). Química de los alimentos. TERCERA ED. <https://sceqa.files.wordpress.com/2014/05/quc3admica-de-los-alimentos-fennema.pdf>
- Follegatti-Romero, L. A., Piantino, C. R., Grimaldi, R., & Cabral, F. A. (2009). Supercritical CO₂ extraction of omega-3 rich oil from Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. *The Journal of Supercritical Fluids*, 49(3), 323–329. doi:10.1016/j.supflu.2009.03.010
- Flores, Diana., Lock, Olga. (2013). Reassessing the ancient use of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L) for nutrition, health and cosmetics. *Revista de Fitoterapia* 13(1):23-30
- Garmendia, F; Pando, R; Ronceros, G. (2011). EFECTO DEL ACEITE DE SACHA INCHI (*Plukenetia volúbilis* L) SOBRE EL PERFIL LIPÍDICO EN PACIENTES CON HIPERLIPOPROTEINEMIA. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 28(4), 628-32.
- García Fabila, María Magdalena. (2017). Unidad de Aprendizaje Análisis Instrumental tema: CROMATOGRAFIA DE GASES Y LIQUIDOS. Universidad Autónoma del Estado de México. http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/70804/secme-1814_1.pdf?sequence=1
- GIDOLQUIM. (2014). Clasificación de los disolventes. España. <https://www.ub.edu/talq/es/node/197>

- Guillén, M. D., Ruiz, A., Cabo, N., Chirinos, R., & Pascual, G. (2003). Characterization of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil by FTIR spectroscopy and ¹H NMR. Comparison with linseed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80(8), 755–762. doi:10.1007/s11746-003-0768-z
- González Montiel, José. (2015). Acetato de etilo en la Industria. *MoleQla: revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, I N°. 17, ISSN-e 2173-0903,
- Gómez Candela, C; Bermejo López, L.M y Loria Kohen, V. (2011). Importance of a balanced omega 6/omega 3 ratio for the maintenance of health. *Nutritional recommendations. Nutr Hosp.*; 26(2). 323-329. ISSN 0212-1611
- Gomez-Cortez, P; Ángel de la Fuente, M; Juárez, M. (2019). Ácidos grasos trans y ácido linoleico conjugado en alimentos: origen y propiedades biológicas. *Nutr. Hosp.* 36 (2). <https://dx.doi.org/10.20960/nh.2466>
- Hernández-Romero, Alejandra. (2017). Modelización de la extracción de aceites vegetales con CO₂ en condiciones supercríticas. *Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona*. <https://core.ac.uk/download/pdf/87655073.pdf>
- Hoyos-Serrano, M. (2014). LÍPIDOS: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES Y SU METABOLISMO. *Revista de Actualización Clínica*, 41(1), 2142-2145.
- Hurtado Ordoñez, Zully. (2013). ANÁLISIS COMPOSICIONAL DE LA TORTA Y ACEITE DE SEMILLAS DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*) CULTIVADA EN COLOMBIA. Universidad nacional de Colombia. Palmira, COLOMBIA. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21717/7609501.2013.pdf?sequence=1>
- Instituto Nacional de estadísticas y censos del Ecuador (2018). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición(ENSANUT).https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/ENSANUT/ENSANUT_2018/Principales%20resultados%20ENSANUT_2018.pdf

- Instituto Ecuatoriano de Normalización- Norma Técnica Ecuatoriana. (2014). ACEITE DE SACHA INCHI. REQUISITOS. <https://docplayer.es/57884344-Nte-inen.html>
- Jiyane, P. C., Tumba, K., & Musonge, P. (2018). Optimisation of Croton gratissimus Oil Extraction by n-Hexane and Ethyl Acetate Using Response Surface Methodology. *Journal of Oleo Science*, 67(4), 369–377. doi:10.5650/jos.ess17197
- Krishnan VCA, Kuriakose S, Rawson A (2015) Ultrasound Assisted Extraction of Oil from Rice Bran: A Response Surface Methodology Approach. *J Food Process Technol* 6: 454. doi:10.4172/2157-7110.1000454
- Kromhout D, Menotti A, Bloemberg B, Aravanis C, Blackburn H, Buzina R, et al. Dietary saturated and trans fatty acids and cholesterol and 25-year mortality from coronary heart disease: the Seven Countries Study. *Prev Med* 1995; 24: 308-15.
- Lafont, Jennifer J, Páez, nuel S, & Portacio, Alfonso A. (2011). Extracción y Caracterización Físicoquímica del Aceite de la Semilla (Almendra) del Marañón (*Anacardium occidentale* L). *Información tecnológica*, 22(1), 51-58. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642011000100007>
- Lohani, U. C., Fallahi, P., & 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. doi:10.1007/s11746-015-2644-1
- López-Bascón, M. A., & Luque de Castro, M. D. (2020). Soxhlet Extraction. *Liquid-Phase Extraction*, 327–354. doi:10.1016/b978-0-12-816911-7.00011-6
- López Galera, R; Pajares García, S. (2020). LA ESPECTROMETRÍA DE MASAS. APLICACIONES EN EL LABORATORIO CLÍNICO. Sociedad Española de medicina de laboratorio. ISBN 978-84-09-12875-4
- MedlinePlus. Hipercolesterolemia familiar. <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000392.htm#:~:text=La%20hipercolesterolemia%20familiar%20es%20un%20trastorno%20gen%C3%A9tico.,colesterol%20LDL%20en%20la%20sangre>.

- Mera-Herrera, Eva. (2017). Análisis Gastronómico de la Semilla Ajonjolí (Sesamun Indicum) en la ciudad de Guayaquil. Universidad de Guayaquil. <https://vdocuments.mx/universidad-de-guayaquil-gs-2017-10-22-ajonjol-en-la-ciudad-de-guayaquil.html?page=1>
- Ministerio del trabajo y Asuntos sociales España. (1994). Fichas Internacionales de Seguridad Química: Hexano. <https://web.archive.org/web/20091214134428/http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/201a300/nspn0279.pdf>
- Muzsik, A.; Jeleń, H.H.; Chmurzynska, A. Metabolic syndrome in postmenopausal women is associated with lower erythrocyte PUFA/MUFA and n-3/n-6 ratio: A case-control study. *Prostaglandins Leukot. Essent. Fat. Acids* 2020, 159, 102155
- Muñoz Jáuregui, Ana María; Alvarado-Ortíz, Ureta Carlos; Encina Zelada, Christian. (2011). Propiedades saludables Horizonte Médico, 11(2), diciembre, pp. 93-100
- Nde, D.B.; Foncha, A.C. (2020). Optimization Methods for the Extraction of Vegetable Oils: A Review. *Processes*, 8, 209. <https://doi.org/10.3390/pr8020209>
- Ntalikwa, Justin. (2021). Solvent Extraction of Jatropha Oil for Biodiesel Production: Effects of Solvent-to-Solid Ratio, Particle Size, Type of Solvent, Extraction Time, and Temperature on Oil Yield. Abdurrahman Saydut editor. <https://doi.org/10.1155/2021/9221168>
- Norhazlindah, M.F., Jahurul, M.H.A., Norliza, M. et al. (2023). Techniques for extraction, characterization, and application of oil from sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seed: a review. *Food Measure* 17, 904–915. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01663-0>
- Norma Alayón, A., Echeverri J, I. (2016). Sacha Inchi (*plukenetia volubilis* linneo): ¿una experiencia ancestral desaprovechada? Evidencias clínicas asociadas a su consumo. *Rev Chil Nutr*, 43 (2). DOI 10.4067/S0717-75182016000200009
- Organización internacional del Trabajo. (2018). ACETATO DE ETILO. http://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=0367&p_version=2&p

- Pacheco-Júnior, Francisco. (2019). QUALIDADE FISIOLÓGICA, TEOR E COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS DE SEMENTES DE SACHA-INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO. MANAUS, AM. [https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/7660/4/Tese_FranciscoPachecoJ% c3%ba nior_PPGAT.pdf](https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/7660/4/Tese_FranciscoPachecoJ%c3%ba nior_PPGAT.pdf)
- Pattanaik, Bijay; Mandalia, Hiren, (2011). ETHYL ACETATE: PROPERTIES, PRODUCTION PROCESSES AND APPLICATIONS - A REVIEW. Research & Development Centre, Gujarat Narmada Valley Fertilizer Company Ltd. (GNFC). https://ijcrr.com/uploads/2017_pdf.pdf
- Pássaro Carvalho, C; Rivera Narváez, C; Román Páez, M; Cardona Bermúdez, L; Muñoz Echeverri, L; David Gómez, D; Quiceno Rico, J; Rojas Bedoya, L. (2016). GUÍA SOBRE PRINCIPIOS BÁSICOS DE CROMATOGRAFÍA Y SUS APLICACIONES. Rionegro – Antioquia. repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/4694/guia_cromatograf%EDA.pdf;jsessionid=C0B6306CDD326B5272601B8E9F0B3FE3?sequence=1
- Paucar-Menacho, Luz María; Salvador-Reyes, Rebeca; Guillén-Sánchez, Jhoseline; Capa-Robles, Juan; Moreno-Rojo, Cesar (2015). Comparative study of physical-chemical features of sacha inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.), olive oil (*Olea europaea*) and fish oil. *Scientia agropecuaria*, (), 279–290. doi:10.17268/sci.agropecu.2015.04.05
- Pere-Oleart, Comellas; Pou Sierra, Ramos; Rabasso Campi, Jordi; Sanz Gallen, Pere. (2011). Sustitución de agentes químicos. Revisión de criterios, modelos y tendencias del 2011. https://aetox.es/wp-content/uploads/2012/02/Guia_sustitucion_Agentes_Quimicos.pdf
- Pérez Aldas, Vinicio; Guachamín Zambrano, Patricio. (2021). Cuantificación de ácidos grasos de aceites comestibles reutilizados en la elaboración de alimentos en la ciudad de Ambato por cromatografía de gases con detector de espectrometría de masas. Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/32089>

- Piñeiro-Corrales, Guadalupe, Lago Rivero, N., & Culebras-Fernández, Jesús M.. (2013). Papel de los ácidos grasos omega-3 en la prevención de enfermedades cardiovasculares. *Nutrición Hospitalaria*, 28(1), 1-5. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2013.28.1.6312>
- Pons, G. A., (2015). Aceites vegetales, hacia una producción sostenible. *El Hombre y la Máquina*, (46), 9-19.
- Ramírez Botero, Claudia María, Gómez Ramírez, Briana Davahiva, Martínez Galán, Julián Paul, & Cardona Zuleta, Luz Margarita. (2014). Perfil de ácidos grasos en aceites de cocina de mayor venta en Medellín-Colombia. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 16(2), 175-185. <https://doi.org/10.17533/udea.penh.v16n2a05>
- Ramos-Escudero, F.; Ponce Daye, L.; Barnett Mendoza, E.; Celi Saavedra, L.; Ramos Escudero, M. (2016). Fatty acid profile of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) oil in comparison to other virgin edible oils. *Campus*, 11(21), 101-108, issn 1812-6049
- Rivera-Sagastume, D. (2008). Caracterización de aceites esenciales por cromatografía de gases de tres especies de género Piper y evaluación de la actividad citotóxica. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/tesis/QF1051.pdf>
- Romero Hidalgo, Luis Eduardo; Valdiviezo Rogel, Carlos Jefferson; Bonilla Bermeo, Stefanie Michelle. (2019). Caracterización del aceite de la semilla de Sacha Inchi (*plukenetia volubilis*) del cantón San Vicente, Manabí, Ecuador, obtenida mediante procesos no térmicos de extrusión. *La granja Revista de Ciencias de la vida*, 30(2). <https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.07>
- Romero González, Roberto, Fernández Moreno, José Luis, Plaza Bolaños, Patricia, Garrido Frenich, Antonia, & Martínez Vidal, José Luis. (2007). Empleo de la espectrometría de masas como herramienta para la determinación de tóxicos en alimentos: hacia la seguridad alimentaria. *Revista Española de Salud Pública*, 81(5), 461-474. Recuperado en 26 de septiembre de 2023, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272007000500004&lng=es&tlng=es.

- Roth. (2016). Ficha de datos de seguridad conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006. REACH, Vol. 4. <https://www.carlroth.com/medias/SDB-4723-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wzMTQ2NTd8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oZmYvaGFhLzkwNjAzODI3MDM2NDYucGRmfDBkMjAxNGEyYjJmMTIyNGQ2ZmUxZGE1ZDdmYWY4OTQxNDExNzVIN2Y4NTdmZTdlNmVhZDM1NzhjYzBhMTRkOTA>
- Rueda, A., Seiquer, I., Olalla, M., Giménez, R., Lara, L. & Cabrera-Vique, C. (2014). Characterization of fatty acid profile of argan oil and other edible vegetable oils by gas chromatography and discriminant analysis. *Journal of Chemistry*, 2014, 1-8.
- Ruiz, Candy; Díaz, Camilo; Anaya, José; Rojas, Rosario. (2013). ANÁLISIS PROXIMAL, ANTINUTRIENTES, PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS Y DE AMINOÁCIDOS DE SEMILLAS Y TORTAS DE 2 ESPECIES DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). *Rev Soc Quím Perú*. 79 (1). <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v79n1/a05v79n1.pdf>
- SIAFA. Hexano. Ciudad de Buenos Aires, Argentina. <http://www.siafa.com.ar/notisiafa/fichas/hexano.pdf>
- Sánchez-Arreola, E.; Martín-Torres, G.; LozadaRamírez, J.D.; Hernández, L.R.; Bandala-González, E.R.; Bach, H. (2015). Biodiesel production and de-oiled seed cake nutritional values of a Mexican edible *Jatropha curcas*. *Renew. Energy* 76, 143-147.
- Serna, S; Carvajal, J; Aristizábal, V; Cardona, C. (2015). Evaluación tecno-económica y ambiental de la producción de acetato de etilo por vía química y biológica. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, 13 (1), ISSN: 1390-1869
- Socarrás Suárez, María Matilde, & Bolet Astoviza, Miriam. (2010). Alimentación saludable y nutrición en las enfermedades cardiovasculares. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 29(3), 353-363. Recuperado en 17 de agosto de

2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002010000300006&lng=es&tlng=es.

Sinchiguano-Saltos, B., ; Sinchiguano Saltos, Y., Vera Navarrete, E., Peña Palacios, S. (2022). Prevalencia y factores de riesgo de sobrepeso y obesidad en Ecuador. RECIAMUC, 75-87. 10.26820/reciamuc/6.(4).octubre.2022.75-87

Supriyanto, S.; Imran, Z.; Ardiansyah, R.; Auliyai, B.; Pratama, A.; Kadha, F. The Effect of Cultivation Conditions on Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Seed Production and Oil Quality (Omega 3, 6, 9). *Agronomy* 2022, 12, 636. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030636>

Taípe Cuadra, R., Fernández Curi, M., Villanueva Espinoza, M. E., & Gómez Bravo, C. (2022). Composición nutricional y digestibilidad de semilla, torta y cáscara de dos especies de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(2), e2355. DOI https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num2_ar_t:2355

Torrejón, Claudia, & Uauy, Ricardo. (2011). Quality of fat intake, atherosclerosis and coronary disease: effects of saturated and trans fatty acids. *Revista médica de Chile*, 139(7), 924-931. <https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872011000700016>

Tito-Huamaní, P., Bautista-Flores, E. (2009). Estrategia de comercialización del Sacha Inchi. *Rev. de Investigación de la Fac. de Ciencias Administrativas, UNMSM*, 12 (23),Peru:Lima.https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/administracion/v12_n23/pdf/05v13n23.pdf

Tutunchi, H., Ostadrahimi, A., & Saghafi-Asl, M. (2020). The Effects of Diets Enriched in Monounsaturated Oleic Acid on the Management and Prevention of Obesity: a Systematic Review of Human Intervention Studies. *Advances in Nutrition*. doi:10.1093/advances/nmaa013

UNAM. (2015). HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUÍMICAS: Acetato de Etilo. <https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2017/05/HDS-Acetato-de-etilo-NOM-018-2015-MARY-MEAG-DGTF-Hoja-de-Datos.pdf>

- Vahmani P, Meadus WJ, Turner TD, Duff P, Rolland DC, Mapiye C, et al. Individual trans 18:1 isomers are metabolised differently and have distinct effects on lipogenesis in 3T3-L1 adipocytes. *Lipids* 2015;50:195-204. 25.
- Vinatoru, M. (2001). An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry*, 8(3), 303–313. doi:10.1016/s1350-4177(01)00071-2
- Wan, Peter J.; Wakelyn, Phillip. (1997). Technology and solvents for extracting oilseeds and nonpetroleum oils. The American Oil Chemists Society, 1(353).
- Zdzislaw Z. E. Sikorski, Anna. (2002). Chemical and Functional Properties of Food Lipids. CRC PRESS. Obtenido de: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=0nDm3qYZTEsC&oi=fnd&pg=PP15&dq=lipids+functional+properties&ots=_H-EOaA6dP&sig=BpONYZ4Pr7RwbY8mOfFuK-LxBbQ#v=onepage&q=lipids%20functional%20properties&f=false

8. ANEXOS

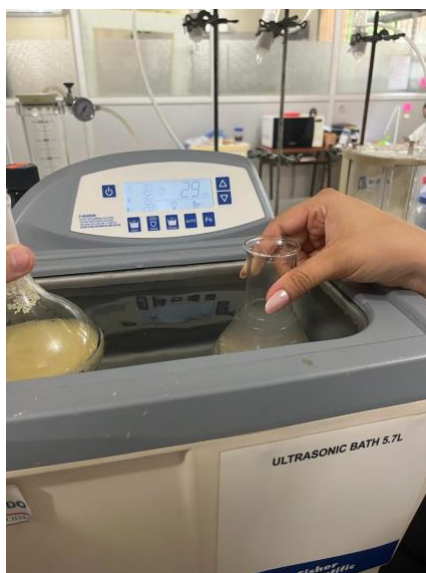
Anexo 1. Semilla de sachá inchi descascarillada



Anexo 2. Molino semiautomático



Anexo 2. Baño ultrasónico



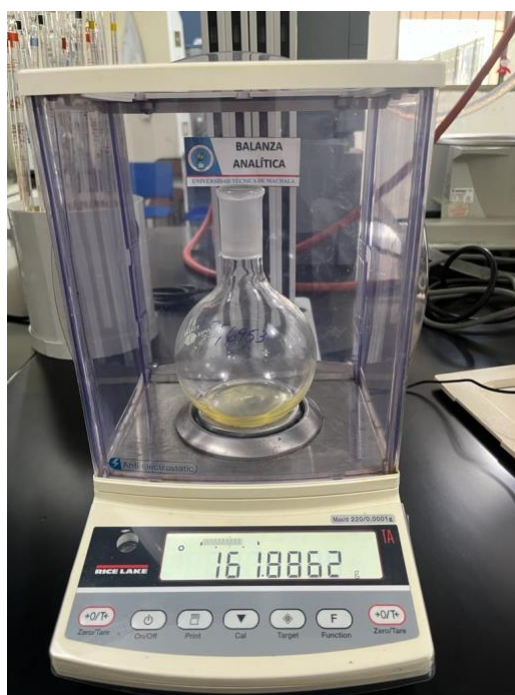
Anexo 3. Filtración de la parte líquida



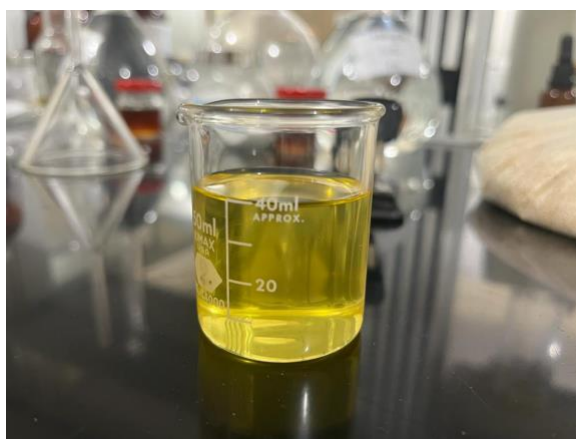
Anexo 4. Extracción por vacío en rotovapor



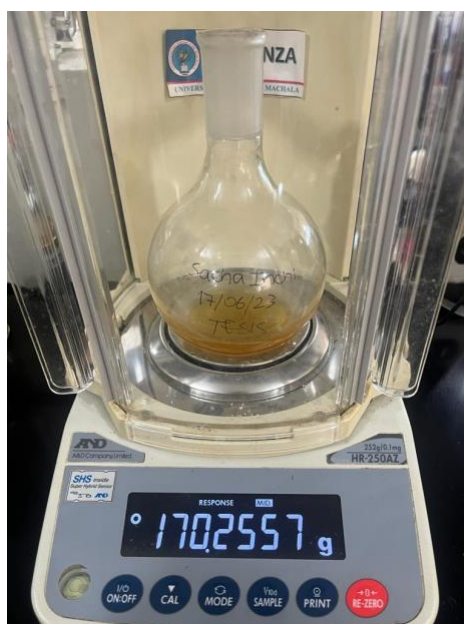
Anexo 6. Pesado de aceite obtenido por acetato de etilo



Anexo 7. Aceite obtenido por acetato de etilo



Anexo 5. Pesado de aceite obtenido por n-hexano



Anexo 6. Centrifuga Clay Adams



Anexo 7. Muestras de aceites obtenidas por acetato de etilo y n-hexano



Anexo 8. Entrega de Resultados de análisis



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA LABORATORIO DE QUÍMICA ANALÍTICA

ENTREGA DE RESULTADOS	
FECHA	28 de agosto del 2023
ENSAYO REALIZADO	Análisis en GC/MS
MUESTRAS	Aceite vegetal de aceite de Quinoa, 2 de aceite de Sacha Inchi y 2 de aceite de Chocho
EQUIPO	GC THERMO SCIENTIFIC-TRACE 1300
DETECTOR	ESPECTRÓMETRO DE MASAS SIMPLE CUADRUPOLO ISQ 7000
COLUMNA	TRWAX: Medidas: 30 m de longitud, 0.25 mm de diámetro interno y 0,25 µm de espesor. Fase estacionaria: PEG
MÉTODO CROMATOGRÁFICO	Temperatura del inyector: 230°C; Modo de inyección: Split, Split 80; Programa térmico: Temperatura del horno 100°C durante 5 minutos, con una rampa de temperatura de 3°C/min hasta 200°C, 1°C/min hasta 230°C durante 10 minutos. Tiempo total de corrida: 78.333 minutos.
OBSERVACIONES:	Se realizó análisis cualitativo y análisis cuantitativo proximal.

Anexo 9. Resultados de análisis de aceite de sachá inchi por acetato de etilo

SACHA CET

N°	METIL ÉSTER	ÁCIDO GRASO	REPETICIONES				PROMEDIO	σ
			1	2	1	2		
			TR (min)	TR (min)	%	%		
1	Methyl palmitate	ácido palmítico	23.46	23.45	3.95	3.98	3.97	0.02
2	Methyl stearate	ácido esteárico	29.19	29.18	2.84	2.96	2.90	0.06
3	Cis-9-Oleic Acid methyl ester	ácido oleico	29.54	29.53	9.60	9.06	9.33	0.27
4	Methyl elaidate	Ácido elaídico	29.74	29.73	0.11	0.89	0.50	0.39
5	Methyl linoleate	ácido linoleico	30.73	30.74	33.79	33.58	33.68	0.10
6	Methyl linolenate	ácido linolénico	32.43	32.44	49.71	49.52	49.62	0.09
	TOTAL				100.00	100.00	100.00	

Anexo 10. Resultados de análisis de aceite de sachá inchi por n-hexano

SACHA EX

N°	METIL ÉSTER	ÁCIDO GRASO	REPETICIONES				PROMEDIO	σ
			1	2	1	2		
			TR (min)	TR (min)	%	%		
1	Methyl palmitate	ácido palmítico	23.46	23.46	4.19	4.29	4.24	0.05
2	Methyl stearate	ácido esteárico	29.18	29.20	3.00	3.04	3.02	0.02
3	Cis-9-Oleic Acid methyl ester	ácido oleico	29.54	29.55	9.72	9.85	9.78	0.07
4	Methyl elaidate	Ácido elaídico	29.73	29.74	0.92	0.89	0.90	0.02
5	Methyl linoleate	ácido linoleico	30.74	30.75	33.65	33.38	33.51	0.14
6	Methyl linolenate	ácido linolénico	32.45	32.45	48.53	48.56	48.55	0.02
	TOTAL				100.00	100.00	100.00	

Anexo 11. Repeticiones de análisis de aceite de sachá inchi por acetato de etilo

CET	REPETICIONES			
	1	2	3	4
	%	%	%	%
Methyl myristate	0,07	0,06	0,07	0,06
Methyl palmitate	8,64	9,31	9,17	8,89
Methyl palmitoleat	0,21	0,24	0,26	0,22
Methyl stearate	8,79	8,22	8,21	8,14
Cis-9-Oleic Acid m	47,14	48,01	47,97	48,46
Methyl elaidate	2,71	2,11	2,44	2,11
Methyl linoleate	27,92	28,32	27,55	28,22
Methyl linolenate	3,6	2,77	3,38	2,95
Methyl arachidate	0,92	0,96	0,95	0,95
TOTAL	100	100	100	100

Anexo 12. Repeticiones de análisis de aceite de sachá inchi por n-hexano

EX	REPETICIONES			
	1	2	3	4
	%	%	%	%
Methyl myristate	0,28	0,06	0,1	0,17
Methyl palmitate	8,99	9,03	9,14	9,06
Methyl palmitoleat	0,25	0,25	0,26	0,25
Methyl stearate	8,1	8,14	8,12	8,13
Cis-9-Oleic Acid m	49,55	49,08	49,21	49,23
Methyl elaidate	1,97	2,09	2,02	2,02
Methyl linoleate	27,01	27,83	27,43	27,44
Methyl linolenate	2,84	2,63	2,74	2,69
Methyl arachidate	0,99	0,89	0,98	0,96
TOTAL	100	100	100	99,95