



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Estudio comparativo de las propiedades fisicoquímicas de  
aceites provenientes de chía (*Salvia hispanica* L.), linaza  
(*Linum usitatissimum*) y sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.)**

**Autor:**

Bach. Eduard Vilcarromero Chavez

**Asesor:**

M Sc. Segundo Víctor Olivares Muñoz

Registro (...)

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2020**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Estudio comparativo de las propiedades fisicoquímicas de  
aceites provenientes de chía (*Salvia hispanica* L.), linaza  
(*Linum usitatissimum*) y sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)**

**Autor:**

Bach. Eduard Vilcarromero Chavez

**Asesor:**

Mg. Segundo Víctor Olivares Muñoz

Registro (...)

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres, hermanos, quienes siempre estuvieron a mi lado brindándome su gran apoyo económico, moral para lograr terminar mi carrera.

A mi hijo y pareja por sus palabras, confianza, su amor y consejos que me hicieron contribuir con el logro de mis objetivos.

Bach. Eduard Vilcarromero Chavez

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la fuerza y valentía para seguir adelante con el presente trabajo de investigación y guiarme cada instante.

De manera especial al Mg. Segundo Víctor Olivares Muñoz, asesor de tesis, por su gran apoyo desinteresado y preocupado en el buen desarrollo de esta investigación.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, a los docentes y personal administrativo, que son parte en mi formación profesional.

A mi familia, amigos y compañeros quienes fueron cooperadores para el buen desarrollo de mi carrera y de este trabajo.

# **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

Dr. Policarpio Chauca Valqui

**Rector**

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

**Vicerrector Académico**

Dra. Flor Teresa García Huamán

**Vicerrectora de Investigación**

Mg. Erick Aldo Auquiñivín Silva

**Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias**

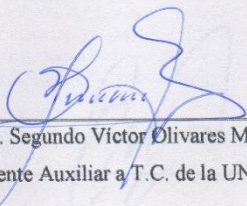
## VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

El docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada **Estudio comparativo de las propiedades fisicoquímicas de aceites provenientes de chía (*Salvia hispanica* L.), linaza (*Linum usitatissimum*) y sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)**; del Bachiller de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, egresado de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial:

✓ **Bach. Eduard Vilcarromero Chavez**

El suscrito da el visto bueno al informe de la tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, manifestando su voluntad de apoyar al tesista en el levantamiento de observaciones y en el acto de sustentación de tesis.

**Chachapoyas, 30 de octubre de 2019**



Mg. Segundo Victor Olivares Muñoz  
Docente Auxiliar a T.C. de la UNTRM

# JURADO EVALUADOR



---

Ing. Mg. Erick Aldo Auquiñivín Silva

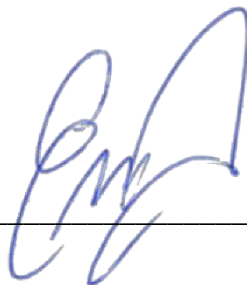
**Presidente**



---

Ing. Guillermo Idrogo Vasquez

**Secretario**



---

Ing. Ms. Efraín Manuelito Castro Alayo

**Vocal**



## ANEXO 3-K

### DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Yo EDUARDO VILCARROMERO CHAVEZ  
identificado con DNI N° 47313658 Estudiante( )/Egresado (X) de la Escuela Profesional de  
INGENIERIA AEROINDUSTRIAL de la Facultad de:  
INGENIERIA Y CIENCIAS AGRARIAS  
de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

#### DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:

1. Soy autor de la Tesis titulada: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES  
FISICOQUIMICAS DE ACEITES PROVENIENTES DE CHIA (salvia  
hispanica L.) LINAZA (Linum usitatissimum) Y SACHA INCHI (Plukenetia  
volubilis L.)



que presento para  
obtener el Título Profesional de: INGENIERO AEROINDUSTRIAL

2. La Tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, y para su realización se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La Tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La Tesis presentada no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. La información presentada es real y no ha sido falsificada, ni duplicada, ni copiada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la Tesis para obtener el Título Profesional, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la Tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la Tesis para obtener el Título Profesional haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 30 de OCTUBRE de 2019

Firma del(a) tesista





**ANEXO 3-N**

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 28 de enero del año 2020, siendo las 16:00 horas, el aspirante Eduard Vilcarromero Chavez

defiende en sesión pública la Tesis titulada: "Estudio comparativo de las propiedades fisicoquímicas de aceites provenientes de chia (Salvia hispanica L.), Linaza (Linum usitatissimum) y Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.)"

para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente : Erick Aldo Auguirián Silve.

Secretario : Guillermo Idrogo Vasquez.

Vocal : Efraín Manuelito Castro Alayo.



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (  )

Desaprobado (  )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 17:40 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

[Signature]  
SECRETARIO

[Signature]  
VOCAL

[Signature]  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES

# ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iv
<b>AUTORIDADES UNIVERSITARIAS</b> .....	v
<b>VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS</b> .....	vi
<b>JURADO EVALUADOR</b> .....	vii
<b>DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO</b> .....	viii
<b>ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xiii
<b>RESUMEN</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	16
<b>II. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	18
<b>2.1 Muestra</b> .....	18
<b>2.2 Diseño de la investigación</b> .....	18
<b>2.3 Técnicas</b> .....	18
<b>2.4 Análisis de datos</b> .....	22
<b>III. RESULTADOS</b> .....	23

<b>3.1 Propiedades fisicoquímicas de los aceites de chía, linaza y sachá inchi .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Comparación de los aceites de chía, linaza y sachá inchi obtenidos por diferentes solventes.....</b>	<b>26</b>
<b>IV. DISCUSIONES .....</b>	<b>27</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>30</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>31</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>36</b>
<b>Anexo A. Datos recopilados .....</b>	<b>36</b>
<b>Anexo B. Análisis estadístico .....</b>	<b>37</b>
<b>Anexo C. Galería fotográfica.....</b>	<b>44</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Arreglo para las extracciones de los aceites .....	18
Tabla 2. Densidad de los aceites obtenidos .....	23
Tabla 3. Valores de saponificación y de peróxido de los aceites .....	25
Tabla 4. Resumen del ANOVA de las propiedades fisicoquímicas de los aceites. ....	26
Tabla 5. Datos obtenidos en laboratorio .....	36
Tabla 6. Composición de las semillas de estudio .....	37
Tabla 7. Análisis de varianza de rendimiento .....	37
Tabla 8. Análisis de varianza de densidad .....	37
Tabla 9. Análisis de varianza de índice de acidez .....	37
Tabla 10. Análisis de varianza de índice de refracción .....	38
Tabla 11. Análisis de varianza de índice de saponificación .....	38
Tabla 12. Análisis de varianza de índice de peroxidación .....	38
Tabla 13. Comparaciones en parejas de Fisher (rendimiento).....	38
Tabla 14. Comparaciones en parejas de Fisher (densidad).....	39
Tabla 15. Comparaciones en parejas de Fisher (índice de acidez) .....	40
Tabla 16. Comparaciones en parejas de Fisher (índice de refracción) .....	41
Tabla 17. Comparaciones en parejas de Fisher (índice de saponificación) .....	42
Tabla 18. Comparaciones en parejas de Fisher (índice de peróxido) .....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Extractor Soxhlet.....	19
Figura 2. Rendimiento de los aceites obtenido de las semillas.....	23
Figura 3. Índices de acidez de los aceites de chía, linaza y sachá inchi .....	24
Figura 4. Índices de refracción de los aceites de chía, linaza y sachá inchi .....	25
Figura 5. Gráfica de residuos para rendimiento.....	39
Figura 6. Gráfica de residuos para densidad.....	40
Figura 7. Gráfica de residuos para índice de acidez .....	41
Figura 8. Gráfica de residuos para índice de refracción .....	41
Figura 9. Gráfica de residuos para índice de saponificación .....	42
Figura 10. Gráfica de residuos para índice de peróxido .....	43

## RESUMEN

La investigación tuvo por objetivo comparar las propiedades fisicoquímicas de aceites provenientes de chía (*Salvia hispanica* L.), linaza (*Linum usitatissimum*) y sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). La extracción del aceite de las semillas se realizó por método soxhlet con arrastre de solvente orgánico, se usó éter de petróleo y etanol. Los resultados fueron evaluados estadísticamente mediante análisis de varianza para determinar las posibles diferencias significativas en las propiedades fisicoquímicas entre los aceites investigados al nivel de  $p < 0,05$ . En consecuencia, se determinó que el rendimiento en el aceite de chía fue de 23,7% usando etanol; en el de linaza fue de 26.8% y para sachá inchi fue de 34,4%, usando éter de petróleo, referente a la densidad, los aceites muestran valores aproximados de 0,9 g/ml, el índice de refracción en los tres aceites en promedio fueron 1,48; los valores de saponificación reportados son mayores a 118,6 mg KOH/g; y peróxido estuvieron entre 1,9 a 2,6 meq de O<sub>2</sub>/kg de aceite. En cuanto a la comparación del tipo de semilla los valores de saponificación y de peróxido no presentaron valores estadísticamente diferentes, en el caso del solvente no presentó efectos significativos sobre la densidad y el valor de peróxido.

**Palabras clave:** Aceite, chía, linaza, sachá inchi, propiedades fisicoquímicas, solvente.

## ABSTRACT

The research aimed to compare the physicochemical properties of oils from chia (*Salvia hispanica* L.), flaxseed (*Linum usitatissimum*) and sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). The extraction of oil from the seeds was carried out by soxhlet method with organic solvent drag, petroleum ether and ethanol was used. The results were statistically evaluated by analysis of variance to determine the possible significant differences in physicochemical properties among the oils investigated at the level of  $p < 0.05$ . Consequently, it was determined that the yield in chia oil was 23.7% using ethanol; in flaxseed oil it was 26.8% and for sacha inchi it was 34.4%, regarding density, oils show approximate values of 0.9 g / ml, refractive index in the three oils on average was 1.48; Saponification values reported are greater than 118.6 mg KOH / g; and peroxide were between 1.9 to 2.6 meq of O<sub>2</sub> / kg of oil. Regarding the comparison of the type of seed, the saponification and peroxide values did not present statistically different values, in the case of the solvent, it did not present significant effects on the density and the peroxide value.

Keywords: Oil, chia, linseed, sacha inchi, physicochemical properties, solvent.

## I. INTRODUCCIÓN

Cheng et al. (2016) y Ixtaina et al. (2011), mencionan a pesar de la amplia gama de fuentes de aceites vegetales, el consumo mundial está dominado por los aceites de palma, soja, colza y girasol. Sin embargo, en los últimos años con la creciente demanda de grasas y aceites generó un desarrollo de especies de plantas prometedoras como fuente de aceites, los cuales contienen cantidades significativas de aceites y/o una alta proporción de ácidos grasos. Actualmente, el aceite vegetal se produce a partir de semillas oleaginosas, ya sea mediante prensado mecánico o extracción con solvente, estos aceites están en organelas de frutos o granos oleaginosos, las cuales contienen aceite que deben romperse para su obtención; este tipo de aceites es de alto valor calorífico. Por un lado, la extracción de aceite por prensado está condicionado en el rendimiento ya que depende de la humedad, cocción y composición química. De otro lado, la extracción con ayuda de solventes genera poca pérdida de aceite en el proceso (Cheng et al., 2019; Durán et al., 2015; Mara y Barrera-Arellano, 2009; Tabio et al., 2017).

Tabio et al. (2017), en referencia a lo mencionado indica que la metodología más usada para la de extracción de aceites es con ayuda de solventes (Soxhlet), que viene a ser una operación que extrae selectivamente uno o varios solutos que se hallan dentro de una matriz. En estudios previos, se conoce que el aceite de *S. hispanica* L. es una fuente importante de proteínas, fibra dietética, omega-3 y compuestos bioactivos con propiedades nutricionales, la semilla tiene un contenido de aceite, el cual presenta un alto contenido de ácido  $\alpha$ -linolénico (62 - 64%) (Guiotto, 2014 y Marineli et al., 2014). En cuanto a su extracción Ixtaina et al. (2011), determinan que el rendimiento del aceite es menor en prensado que con solvente, además que la calidad de los aceites es influenciado por el proceso de extracción. Timilsena et al. (2017) y Villanueva et al. (2017), referente a la caracterización del aceite indican que el índice de refracción es de 1,48. Los valores de ácido, peróxido, saponificación fueron 2,54 g de KOH/kg de aceite, 4,33 meq de O<sub>2</sub>/kg de aceite, 197 g de KOH/kg de aceite con un pH de 5,41. De otro lado se determina que el aceite de chía es abundante en omega-3 y omega-6 que son beneficiosas para la salud humana.

En el caso de la linaza, esta produce semillas planas y ovales donde el almacenamiento de aceite son los cotiledones, además su aceite es rico en ácido palmítico, ácidos  $\alpha$ -



linolénico, linoleico y oleico (Figuerola et al., 2008; Wang et al., 2017; Zettel y Hitzmann, 2018). En cuanto al aceite de esta semilla en términos de rendimiento el método soxhlet tiene un mayor rendimiento (42%) en comparación al prensado (Méndez y Ramos, 2017).

Jiménez et al. (2013), en un estudio sobre chía y linaza indican que estas semillas poseen un alto contenido de materia grasa. En los aceites de semilla de chía y linaza se identificó principalmente ácido linolénico, concluyendo que estos aceites pueden ser utilizados como potenciales fuentes de ingredientes funcionales altos en ácidos grasos. El aceite de linaza, según Arias y López (2015) y Silva et al. (2013) presenta un bajo porcentaje de acidez (0,36) e índice de peróxidos (0,05-1,123), de otro lado posee una densidad de 0,94, y un índice de refracción alrededor del 1,48 cuyo valor relativamente elevado se ve justificado por su alto contenido de ácidos grasos insaturados que tiene el aceite de linaza. Además, tiene un índice de acidez entre 0,588 y 0,811 mg KOH/g de aceite, un índice de saponificación entre 189,675 y 191,584 mg KOH/g aceite.

El sachá inchi es un cultivo de semillas oleaginosas que muestra un alto porcentaje de aceite (41–54%) y tiene un alto contenido (aproximadamente el 85% del contenido total de aceite) de ácidos grasos poliinsaturados (Niu et al., 2014; Rodríguez et al., 2015 y Zanqui et al., 2016). En cuanto a sus propiedades fisicoquímicas del aceite, Paucar-Menacho et al. (2015) y Wang et al. (2018) indican que posee una densidad relativa de 0,91, un índice de refracción de 1,475 y valor de saponificación está entre 185–193 mg KOH/g.

De lo anteriormente descrito, para la presente investigación se recurrió a la extracción por medio de solventes: (éter de petróleo y alcohol) para tener aceites de buena calidad y de un considerable rendimiento en las semillas de chía, linaza y sachá inchi como fuentes alternas de generación de aceites vegetales que pueden ser un importante producto en la región Amazonas. Por lo que se planteó un estudio comparativo de las propiedades fisicoquímicas entre los aceites y los solventes a utilizar, debido que estas propiedades demuestran el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con la necesidad o expectativa establecida. Para ello se recurrió a indicadores que evidencien dichas propiedades, tales como la densidad, índice de acidez, índice de refracción, índice de saponificación e índice de peróxido.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1 Muestra

Las semillas de chía, linaza y sachá inchi utilizadas en el estudio se compraron en el mercado central de Chachapoyas (01,5 kg de cada semilla). Fueron manualmente limpiados, homogeneizado, envasado en recipientes herméticos de plástico y almacenado a temperatura ambiente hasta su uso posterior. Cada conjunto de aceites obtenidos de las tres semillas que se estudiaron se analizaron por triplicado.

### 2.2 Diseño de la investigación

Se llevó a cabo mediante un diseño no experimental, debido a que se buscó comparar las propiedades fisicoquímicas de tres tipos de aceites obtenidos de chía, linaza y sachá inchi, mediante la evaluación de las dimensiones que permitan establecer las propiedades de cada uno de estos. Para la obtención de las muestras de aceite se tuvo en cuenta dos solventes para la extracción (éter de petróleo y alcohol):

Tabla 1. Arreglo para las extracciones de los aceites

Factor respuesta	Extracción por solvente	
	<b>Extracción 1</b> <b>Éter de petróleo</b>	<b>Extracción 2</b> <b>Etanol</b>
Propiedades fisicoquímicas	R1	R1
	R2	R2
	R3	R3

### 2.3 Técnicas

#### a. Determinación de la humedad y cenizas de las semillas

La determinación de humedad se realizó en estufa convencional a 105°C hasta peso constante (Michajluk et al., 2018) y se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{M_{\text{inicial}} - M_{\text{final}}}{M_{\text{inicial}}}$$

Para determinar el contenido de cenizas se recurrió a la Norma Técnica Peruana 205.004 (Acosta y Torres, 2015), la cual consistió en:

- Se colocó tres crisoles en un desecador para que enfríe y se pesó los crisoles en una balanza analítica ( $m_0$ ).
- Se pesó en el crisol una cantidad de 2 gramos de muestra homogeneizada ( $m_1$ ).
- Se pre calcinó previamente la muestra en placa calefactora, evitando que se inflame, luego se colocó en la mufla e incineró a 550 °C por 8 horas, hasta obtener cenizas blancas o grisáceas.
- Se dejó enfriar en desecador y pesamos ( $m_2$ ).
- Luego se calculó las cenizas totales con la siguiente formula:

$$\% \text{Cenizas totales} = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} \times 100$$

#### **b. Extracción del aceite**

La extracción del aceite de las semillas se realizó por método soxhlet con arrastre de solvente orgánico, siguiendo la técnica descrita por Gutiérrez et al. (2014), el cuál consistió en:

Se molieron y pesaron muestras de 100 g, se colocaron en cámaras soxhlet para su extracción en reflujo, con 250 ml de solvente durante 6 horas aproximadamente. El extracto se dejó reposar, se filtró y el aceite obtenido se conservó en refrigeración hasta su análisis correspondiente.



*Figura 1. Extractor Soxhlet*

Fuente: Tabio et al. (2017).

- c. **Determinación del rendimiento:** Se calculó el rendimiento utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{\text{Cantidad de aceite (ml)}}{\text{Cantidad de semilla alimentada (gr)}} \times 100$$

- d. **Determinación de la densidad:** Permite conocer posibles alteraciones del aceite. Para la determinación de la densidad se usó el densímetro del laboratorio de tecnología agroindustrial de la UNTRM.

- e. **Determinación del índice de refracción:** Es la razón de la velocidad de la luz en el vacío con respecto a la velocidad de la luz en el aceite. El índice de refracción es característico para cada aceite por lo que es un indicador de pureza. Este valor está relacionado con el grado de saturación, con la razón cis/trans de los dobles enlaces (Mara y Barrera-Arellano, 2009).

Se realizó por triplicado siguiendo el método normado por la AOCS 28 Cc-7-25 (Paucar-Menacho et al., 2015). Con un refractómetro digital, para lo cual se colocó una gota en el prisma inferior, se ajustaron los prismas, se dejó en reposo por un minuto. Se ajustó a la luz para obtener una lectura clara, se cuadró el plano colocando la línea divisoria en el centro del cruce. En la escala de arriba se leyó el IR (valor de la refracción). Para lo cual se utilizó el refractómetro digital del laboratorio de ingeniería de la UNTRM.

- f. **Determinación del índice de acidez:** Es una medida del grado de descomposición del aceite. Expresa los miligramos de hidróxido de sodio necesarios para que los ácidos libres se saturen en un gramo de muestra (Ayala, 2011).

Se siguió el método de la IUPAC 2.201 (Paucar-Menacho et al., 2015), para lo cual se realizó por titulación directa y con tres repeticiones.

- Se pesaron 0.5 ml de cada muestra de aceite en un matraz Erlenmeyer (250 ml) y se añadió en una proporción de 1:10 (muestra: alcohol) alcohol etílico neutralizado y dos gotas de indicador de fenolftaleína.
- Se tituló con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N hasta que la mezcla se tornó de un ligero color rosa.

- Posteriormente se realizó el cálculo de la acidez con la siguiente formula:

$$IA = \frac{V \times N \times 56.1}{W}$$

Donde IA expresa los miligramos de NaOH requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres (oleico) de la muestra; V es el volumen en ml de la solución valorada de NaOH utilizada; N es la concentración normal de NaOH; y W el peso en gramos de la muestra de aceite utilizada.

**g. Determinación del índice de peróxido:** Se conoce como el grado de oxidación de un aceite. Bernal (citado en Ayala, 2011) menciona que este índice indica el estado de oxidación inicial del aceite en miliequivalentes de oxígeno activo por kg de grasa, con lo cual se detecta la oxidación antes de que se note organolépticamente.

El valor de peróxido se determinó siguiendo la técnica de la American Oil Chemists Society - AOCS (2010), la cual consistió en:

- Se pesó 5 g de la muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 ml con tapón de vidrio y agregué (1:6) la solución 3: 2 de ácido acético-cloroformo.
- Se agitó para disolver la muestra, luego se agregó 0,5 ml de solución saturada de KI usando una pipeta volumétrica adecuada, y se dejó que la solución repose con agitación ocasional durante un minuto, posteriormente se agregó agua destilada.
- Se agregó gradualmente tiosulfato de sodio 0,1 N con agitación constante, hasta que el color amarillo de yodo casi desapareció.
- Se añadió aproximadamente 2,0 ml de solución indicadora de almidón. Y se continuó la titulación con agitación constante, especialmente cerca del punto final, para liberar todo el yodo de la capa de disolvente.
- Se agregó la solución de tiosulfato gota a gota hasta que el color azul desaparezca. Posteriormente se realizó el cálculo del valor de peróxido con la siguiente formula:

$$IP = \frac{(S - B) \times N \times 1000}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

Donde IP es el valor de peróxido (miliequivalentes peróxido / 1000 g muestra), B es el volumen de titulante, ml de blanco, S es el volumen de

titulante, ml de muestra y N es la normalidad de la solución de tiosulfato de sodio

**h. Determinación del índice de saponificación:** Se define como el proceso de transformación del aceite o grasa a jabón. Ayala (2011) indica que es el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para saponificar un gramo de aceite. El valor de saponificación se ha calculado de acuerdo al método CD 3-25 de la (AOCS, 1993); el cual consistió en:

- Se pesó 5 g de aceite en un matraz de 250 ml de capacidad.
- Se añadió 50 ml de la solución etanólica de KOH.
- Se sometió a reflujo suavemente hasta que se complete la saponificación (unos 30 minutos).
- Se enfrió y se tituló el exceso de álcali con HCl 0,5 N.
- Se realizó una determinación en blanco.
- Luego se calculó el índice de saponificación con la siguiente ecuación:

$$IS = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 56,1 \text{ g/eq}}{G}$$

Dónde: V<sub>1</sub>: ml de HCl gastados en la valoración del ensayo en blanco; V<sub>2</sub>: ml de HCl gastados en la valoración de la muestra; N: Normalidad de la solución de HCl; G: Peso de la muestra en gramos (g)

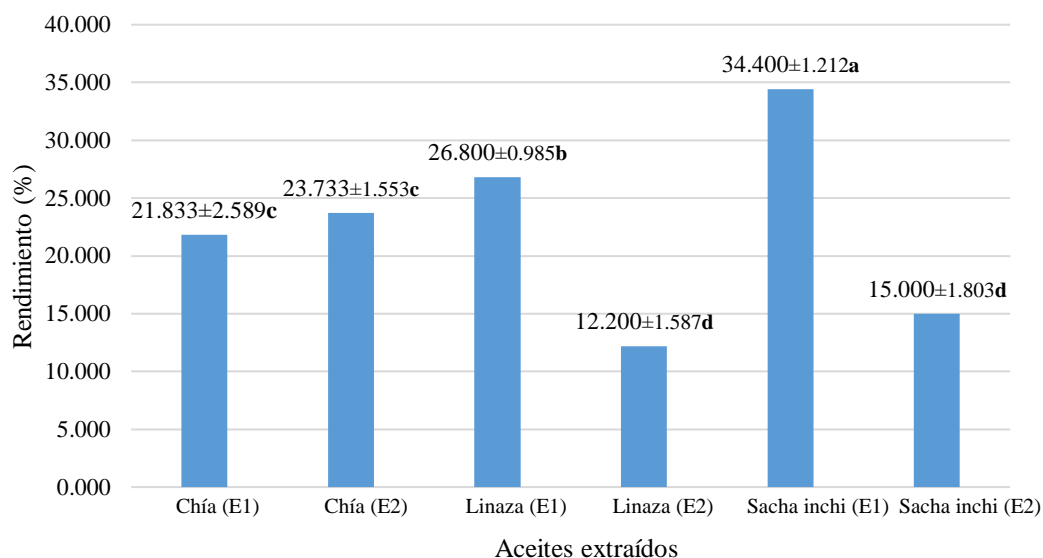
## 2.4 Análisis de datos

Cada muestra de aceite fue analizada con tres repeticiones. Los resultados fueron evaluados estadísticamente mediante el cálculo de medias y desviaciones estándar. Además, se recurrió a la prueba de ANOVA para determinar las posibles diferencias significativas en las propiedades fisicoquímicas entre los aceites investigados. Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas al nivel de  $p < 0,05$ .

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Propiedades fisicoquímicas de los aceites de chía, linaza y sachá inchi

El rendimiento de aceite de las semillas de sachá inchi extraídas con éter de petróleo es mayor en comparación al resto de semillas. El rendimiento de los aceites varió de  $12,2\pm 1,58\text{d}$  a  $34,4\%\pm 1,21\text{a}$ , de otro lado se observa en la figura 2 que el aceite de chía extraído por etanol se obtuvo un mayor rendimiento en comparación al éter de petróleo.



E1: Extracción con éter de petróleo

E2: Extracción con etanol

Figura 2. Rendimiento de los aceites obtenido de las semillas

Asimismo, la figura reporta la formación de cuatro grupos de media estadísticamente distintos, de los cuales en el caso de la chía el rendimiento es igual en ambas extracciones.

Tabla 2. Densidad de los aceites obtenidos

Aceite	Densidad (g/ml)
Chía (E1)	0,849 ± 0,026b
Chía (E2)	0,947 ± 0,009a
Linaza (E1)	0,868 ± 0,058b
Linaza (E2)	0,952 ± 0,036a
Sacha inchi (E1)	0,891 ± 0,002b
Sacha inchi (E2)	0,771 ± 0,025c

En la tabla 2 se observa que la densidad de los aceites de chía y linaza extraída mediante alcohol es superior ( $>0,9$  g/ml) en comparación al extraído con éter de petróleo; de otro lado, el aceite de sacha inchi extraído con alcohol presenta una baja densidad. Además, se obtuvo tres grupos de media en cuanto a la densidad que son diferentes entre sí.

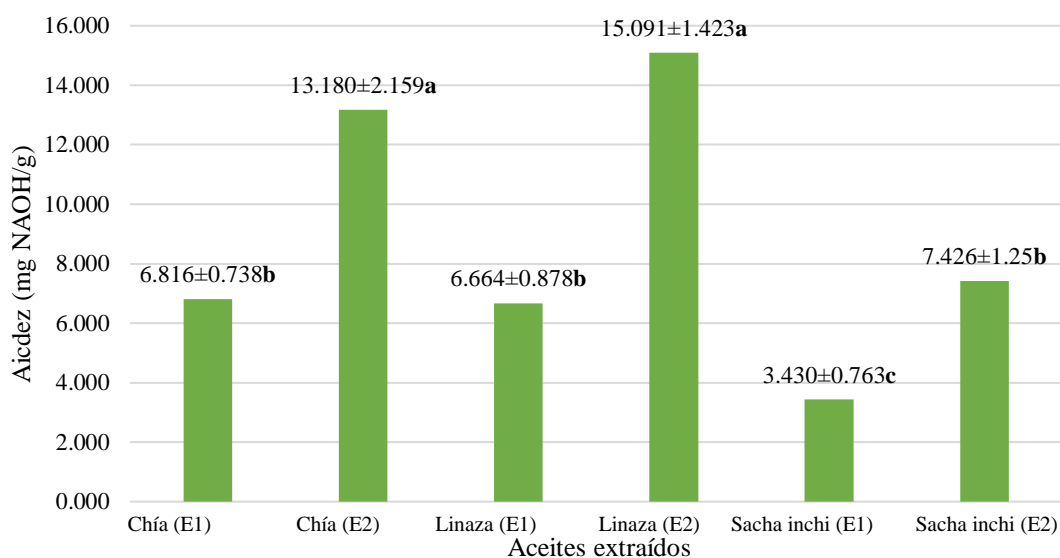


Figura 3. Índices de acidez de los aceites de chía, linaza y sacha inchi

En la figura 3, referente a la acidez se observa que usando éter de petróleo en la extracción de aceites se obtiene un menor valor en todas las semillas estudiadas, observando que el sacha inchi posee un menor índice de acidez (3,43 mg de NAOH/g).

De otro lado, mediante la prueba de Fisher se observa que existen tres grupos de medias en los valores de acidez obtenidos, donde el aceite obtenido de chía y linaza por medio de etanol presentan mayores índices en comparación al resto.



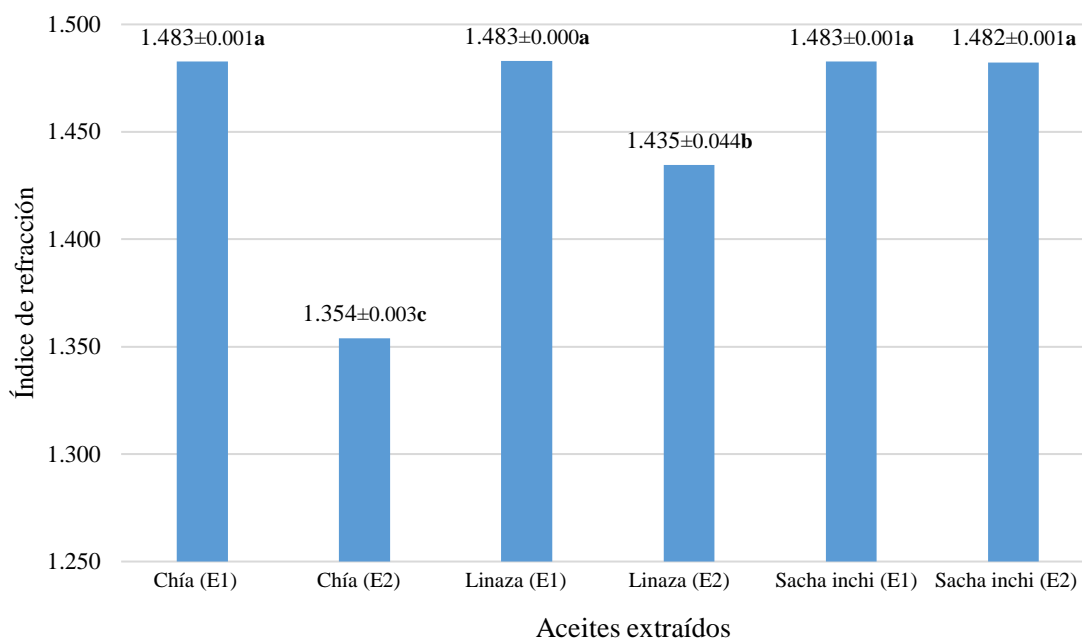


Figura 4. Índices de refracción de los aceites de chía, linaza y sachá inchi

Respecto al índice de refracción, en la figura 4 se observa que el valor estuvo alrededor de 1,48, además, los aceites de las tres semillas extraídas por éter de petróleo y el aceite de sachá inchi por etanol presentan promedios similares.

Tabla 3. Valores de saponificación y de peróxido de los aceites

Aceite	Índice de saponificación	Índice de peróxido
Chía (E1)	120,691 ± 0,916 <b>a</b>	1,988 ± 0,024 <b>a</b>
Chía (E2)	107,830 ± 2,368 <b>b</b>	3,339 ± 1,159 <b>a</b>
Linaza (E1)	118,610 ± 0,305 <b>a</b>	2,661 ± 1,145 <b>a</b>
Linaza (E2)	107,636 ± 6,213 <b>b</b>	2,003 ± 0,005 <b>a</b>
Sachá inchi (E1)	121,883 ± 3,105 <b>a</b>	2,671 ± 1,151 <b>a</b>
Sachá inchi (E2)	111,082 ± 5,141 <b>b</b>	2,668 ± 1,154 <b>a</b>

Algunas de las propiedades fisicoquímicas importantes como índice de saponificación y peróxido; en la tabla 3 se observa que los aceites obtenidos de las semillas utilizando éter de petróleo tienen valores de saponificación mayores a 111 mg KOH/g. En cuanto al índice de peróxido, se obtuvo que el aceite de chía extraído con alcohol presenta un mayor valor de peróxido ( $3,339 \pm 1,159$  meq de  $O_2$ /kg de aceite) en comparación a los aceites

de linaza y sachá inchi, sin embargo, la prueba de comparación de medias reporta que no existe diferencia estadísticamente suficiente en la peroxidación de aceites.

### 3.2 Comparación de los aceites de chía, linaza y sachá inchi obtenidos por diferentes solventes

En la tabla 4 al comparar las propiedades fisicoquímicas de los aceites obtenidos, se observa que existe diferencia significativa del rendimiento, índice de acidez y de refracción debido al solvente y las semillas; en cuanto a la densidad existe efecto de la semilla sobre esta propiedad; y para el valor de saponificación existe efecto del solvente sobre el contenido de esta propiedad.

Tabla 4. Resumen del ANOVA de las propiedades fisicoquímicas de los aceites.

	<b>Rendimiento</b>	<b>Densidad</b>	<b>Índice de acidez</b>	<b>Índice de refracción</b>	<b>Índice de saponificación</b>	<b>Índice de peróxido</b>
<b>Fuente</b>	<b>Valor p</b>	<b>Valor p</b>	<b>Valor p</b>	<b>Valor p</b>	<b>Valor p</b>	<b>Valor p</b>
Modelo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,531
Lineal	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,854
Fuente	0,001	0,002	0,000	0,000	0,310	0,781
Solvente	0,000	0,182	0,000	0,000	0,000	0,614
Interacciones de 2 términos	0,000	0,000	0,038	0,000	0,867	0,211
Fuente*Solvente	0,000	0,000	0,038	0,000	0,867	0,211
R-Cuad.	96,56%	84,97%	93,54%	91,46%	79,73%	26,51%

De otro lado, el valor de peróxido no tiene diferencias significativas, es decir, la fuente y el solvente no tienen efecto sobre el contenido lo cual se ve comprobado a través de una baja relación ( $R^2$  bajo).

## IV. DISCUSIONES

Para el presente estudio, se partió de la premisa que la extracción con solvente tiene un mayor rendimiento que el prensado mecánico. Los resultados experimentales para el rendimiento, en el aceite de chía fue de  $23,7 \pm 1,553\%$  usando etanol (ver figura 2), este resultado es próximo a lo obtenido por Guiotto (2014) indicando que la semilla tiene un contenido de aceite alrededor del 33%. En el caso del aceite de linaza, Figuerola et al. (2008); Méndez y Ramos (2017) indican que con el método soxhlet se obtiene mayor rendimiento entre el 35 a 43%, el rendimiento obtenido en el estudio fue de  $26,8 \pm 0,985\%$  un valor próximo respecto a lo mencionado por los autores, en el caso del solvente guarda concordancia con lo obtenido por Méndez y Ramos (2017) indicando que con éter de petróleo se obtiene una mayor producción de aceite de las semillas. Los resultados muestran que el rendimiento del aceite de sacha inchi fue de  $34,4 \pm 1,212\%$  usando éter de petróleo, similar a lo obtenido por Chirinos (2015) que obtuvo 35,4% con el mismo solvente.

Referente a la densidad, los aceites muestran valores aproximados de 0,9 g/ml. En el caso del aceite de chía y linaza mediante la prueba de Fisher se observó que usando etanol se obtienen un mayor valor respecto al resto de las muestras. De otro lado, en el aceite de linaza el valor obtenido ( $0,95 \pm 0,036$  g/ml) guarda relación con lo hallado por Arias y López (2015) y Silva et al. (2013) los cuales indican que el aceite extraído por prensado de linaza posee una densidad entre 0,931 y 0,94 g/ml, con lo cual se puede deducir que el tipo de extracción (solvente o prensado) no influye en la densidad del aceite. Para el aceite de sacha inchi la densidad obtenida (ver tabla 4) es similar a los reportado por Wang et al. (2018) los cuales indican que el aceite de sacha inchi tenía densidades ligeramente más altas (0,92 a 0,93 g/ml a 25 ° C) que el aceite de maíz, el aceite de semilla de algodón y el aceite de soja debido a la alta saturación.

En cuanto al índice de acidez, a través de la extracción con éter de petróleo en las semillas de chía se obtuvo un menor valor ( $6,8 \pm 0,78$  mg NaOH/g, ver figura 3) de acidez, este valor es próximo a lo reportado por Timilsena et al. (2017) indicando que este aceite posee menores cantidades de ácidos grasos libres y oxidación. En el caso del aceite de linaza, el valor obtenido en mg NaOH/g (ver figura 3) en contraposición con los otros resultados reportados por Silva et al. (2013) cuyos índice de acidez fueron entre 0,588 y

0,811 mg KOH/g de aceite si bien las unidades de medida son distintas la tendencia es que estos valores deben ser bajos. Para el aceite de sachá inchi el menor valor de acidez fue de  $3,4 \pm 0,763$  (ver figura 3) obtenido con éter de petróleo, similar a los reportado por Chasquibol et al. (citado en Wang et al., 2018). La acidez es un indicador general de la calidad de los aceites, en este caso estos valores relativamente bajos demuestran cierto grado de pureza en los aceites, pero los valores obtenidos no necesariamente son los esperados lo cual se puede deber a que no se realizó una correcta evaporación del solvente generando su acidificación.

Los índices de refracción según la figura 4, se observa en los tres aceites valores promedio de 1,48, en el aceite de chía y linaza extraído con etanol se obtiene un menor índice en comparación con el éter de petróleo, este valor refractivo incrementa a medida que aumenta el número de dobles enlaces (Paucar-Menacho et al., 2015). Los valores de refracción reportados son similares según lo mencionado por Paucar-Menacho et al. (2015), Silva et al. (2013), Timilsena et al. (2017) y S. Wang et al. (2018) los cuales determinan que estos aceites poseen un índice de refracción de 1,48. La refracción de los tres aceites es bastante similar al de aceite de oliva (1.467), aceite de soja (1.473), aceite de girasol (1.473), aceite de maíz (1.473) y aceite de semilla de algodón (1.468) (Paucar-Menacho et al., 2015).

Los valores de saponificación reportados en el presente estudio (ver tabla 3) de los aceites obtenidos de las semillas utilizando éter de petróleo tienen valores mayores a  $118,6 \pm 0,305$  mg KOH/g que guardan proximidad con los valores determinados por Timilsena et al. (2017), Silva et al. (2013) y Gutiérrez et al. (2014) los cuales establecen un rango de saponificación entre 185,2 a 191,6. En el caso del índice de peróxido se obtuvieron valores entre 1,9 a 3,3 meq de  $O_2$ /kg de aceite, los cuales guardan relación con lo reportado por Timilsena et al. (2017) cuyo valor fue de 4,33 meq $O_2$ /kg de aceite de chía, y Silva et al. (2013) cuyo índice de peróxido estuvo entre 0,256- 1,12 meq $O_2$ /kg de aceite de linaza.

En cuanto a la comparación de las formas de extracción de los aceites, se observa que en cuanto al tipo de semilla los valores de saponificación y de peróxido no presentaron valores estadísticamente diferentes, en el caso del solvente no presentó efectos significativos sobre la densidad y el valor de peróxido obtenido. De la tabla 3, se reporta que el índice de peróxido no se vio afectado por los tratamientos aplicados (estadísticamente no significativos) en la prueba de varianza aplicada.

## VI. CONCLUSIONES

En cuanto al uso de solventes, se concluye que utilizando etanol se logra una mayor producción a partir de las semillas de chía, mientras que usando éter de petróleo se obtiene un mayor rendimiento en la obtención de aceite en las semillas de linaza y sachá inchi.

Las densidades de los aceites son aproximadamente de 0,9 g/ml, los valores de refracción, acidez, peróxido y saponificación demuestra la calidad de los aceites obtenidos. Por último, se concluye que el solvente y el tipo de semilla tienen efecto significativo en el rendimiento, índice de acidez y refracción de los aceites obtenidos.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Estudiar los volúmenes adecuados de extracción de aceite en semillas con el uso de solventes.

El solvente es un factor determinante en la extracción, por lo que se recomienda evaluar técnicas que permitan recuperar la mayor cantidad posible de solvente y estudiar formas de separar el solvente del producto final para evitar modificaciones en los aceites.

Estudiar los componentes principales de los aceites, con la finalidad de identificar posibles usos industriales.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, I. X., & Torres, G. (2015). *Extracción de aceite Chía (Salvia hispánica L.) por el método de prensado continuo (expeller) y discontinuo (hidráulico) de las regiones del Cusco y Arequipa* [Tesis de Grado, Universidad Nacional San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/238/B2-M-18426.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- American Oil Chemists Society - AOCS. (1993). *AOCS Official Method Cd 3-25. Saponification Value of Fats and Oils. En Official Methods and Recommended Practices of the AOCS* (p. 1200).
- American Oil Chemists Society - AOCS. (2010). *AOCS SURPLUS Method Cd 8-53. Declared Surplus 2003. Peroxide Value—Acetic Acid-Chloroform Method. En Official Methods and Recommended Practices of AOCS (Quinceava). AOCS.*
- Arias, J., & López, N. (2015). *Estabilidad oxidativa y perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de lino (Linum usitatissimum) procedentes de Corongo y Otuzco, extraído por prensado en frío* [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Santa]. <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/1987/30733.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ayala, M. J. (2011). *Evaluación de la calidad del aceite de mezclas vegetales utilizado en doce frituras sucesivas empleado para freir plátano hartón verde* [Tesis de Grado, Pontifice Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8796/tesis740.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cheng, M.-H., Dien, B. S., & Singh, V. (2019). *Economics of plant oil recovery: A review. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 18, 101056. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101056>
- Cheng, W.-Y., Haque Akanda, J. M., & Nyam, K.-L. (2016). *Kenaf seed oil: A potential new source of edible oil. Trends in Food Science & Technology*, 52, 57-65. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.014>



- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.120>
- Durán, S., Torres, J., & Sanhueza, J. (2015). *Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: Características y propiedades*. *Nutrición Hospitalaria*, 32(1), 11-19. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.1.8874>
- Figuerola, F., Muñoz, O., & Estévez, A. M. (2008). *La Linaza como fuente de compuestos bioactivos para la elaboración de alimentos*. *Agro Sur*, 36(2), 49-58. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2008.v36n2-01>
- Guiotto, E. N. (2014). *Aplicación de subproductos de chía (Salvia hispanica L.) y girasol (Helianthus annuus L.) en alimentos* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de la Plata]. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/34268>
- Gutiérrez, R., Ramírez, M. L., Vega, S., Fontecha, J., Rodríguez, L. M., & Escobar, A. (2014). *Contenido de ácidos grasos en semillas de chía (Salvia hispanica L.) cultivadas en cuatro estados de México*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 19(3), 199-207.
- Ixtaina, V. Y., Martínez, M. L., Spotorno, V., Mateo, C. M., Maestri, D. M., Diehl, B. W. K., Nolasco, S. M., & Tomás, M. C. (2011). *Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(2), 166-174. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.08.006>
- Jiménez, P., Masson, L., & Quitral, V. (2013). *Composición química de semillas de chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos omega-3*. *Revista chilena de nutrición*, 40(2), 155-160. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182013000200010>
- Mara, J., & Barrera-Arellano, D. (2009). *Temas Selectos en Aceites y Grasas: Vol. I (Primera)*. Blucher.

- Marineli, R. da S., Moraes, É. A., Lenquiste, S. A., Godoy, A. T., Eberlin, M. N., & Maróstica Jr, M. R. (2014). *Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean chia seeds and oil (Salvia hispanica L.)*. *LWT - Food Science and Technology*, 59(2), 1304-1310. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.014>
- Méndez, D., & Ramos, C. (2017). *Comparación de métodos de extracción del aceite de la semilla de linaza (Linum usitatissimum)*. *Revista Facultad de Ciencias Básicas. Momentos de Ciencia*, 1(1). <https://es.scribd.com/document/343948961/aceite-de-linaza>
- Michajluk, B. J., Piris, P. A., Mereles, L. G., Wiszovaty, L. N., & Caballero de Colombo, S. B. (2018). *Seeds of Salvia hispanica L., «chia» as a source of macronutrients, dietary fiber and minerals*. *Investigación Agraria*, 20(1), 74-77. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2018.junio.74-77>
- Niu, L., Li, J., Chen, M.-S., & Xu, Z.-F. (2014). *Determination of oil contents in Sacha inchi (Plukenetia volubilis) seeds at different developmental stages by two methods: Soxhlet extraction and time-domain nuclear magnetic resonance*. *Industrial Crops and Products*, 56, 187-190. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.03.007>
- Paucar-Menacho, L. M., Salvador-Reyes, R., Guillén-Sánchez, J., Capa-Robles, J., & Moreno-Rojo, C. (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. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.04.05>
- Rodríguez, G., Villanueva, E., Glorio, P., & Baquerizo, M. (2015). *Oxidative stability and estimate of the shelf life of sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) oil*. *Scientia agropecuaria*, 155-163. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.02>
- Silva, M., Gallardo, G., & Pascual, G. (2013). *Caracterización físico-química del Aceite de Linaza (Linum usitatissimum l.) del Departamento Cajamarca, Perú*. *Infinitum*, 3(1), 45-57.

- Tabio, D., Díaz, Y., Rondón, M., Fernández, E., & Piloto, R. (2017). *Extracción de aceites de origen vegetal. Universidad Tecnológica de La Habana «José Antonio Echevarría»*.  
<http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.11047.55201>
- Timilsena, Y. P., Vongsvivut, J., Adhikari, R., & Adhikari, B. (2017). *Physicochemical and thermal characteristics of Australian chia seed oil. Food Chemistry*, 228, 394-402. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.021>
- Villanueva, E., Rodríguez, G., Aguirre, E., & Castro, V. (2017). *Influence of antioxidants on oxidative stability of the oil Chia (Salvia hispanica L.) by rancimat. Scientia Agropecuaria*, 8, 19-27.  
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.01.02>
- Wang, H., Wang, J., Qiu, C., Ye, Y., Guo, X., Chen, G., Li, T., Wang, Y., Fu, X., & Liu, R. H. (2017). *Comparison of phytochemical profiles and health benefits in fiber and oil flaxseeds (Linum usitatissimum L.). Food Chemistry*, 214, 227-233.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.075>
- Wang, S., Zhu, F., & Kakuda, Y. (2018). *Sacha inchi (Plukenetia volubilis L.): Nutritional composition, biological activity, and uses. Food Chemistry*, 265, 316-328. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.055>
- Zanqui, A. B., da Silva, C. M., de Moraes, D. R., Santos, J. M., Ribeiro, S. A. O., Eberlin, M. N., Cardozo-Filho, L., Visentainer, J. V., Gomes, S. T. M., & Matsushita, M. (2016). *Sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) oil composition varies with changes in temperature and pressure in subcritical extraction with n-propane. Industrial Crops and Products*, 87, 64-70. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.029>
- Zettel, V., & Hitzmann, B. (2018). *Applications of chia (Salvia hispanica L.) in food products. Trends in Food Science & Technology*, 80, 43-50.  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.011>

# ANEXOS

## Anexo A. Datos recopilados

Tabla 5. Datos obtenidos en laboratorio

Fuente	solvente	IML	PESO g	°T	Rendimiento	Densidad	Índice de acidez	Índice de refracción	Índice de saponificación	Índice de peróxido
Chía	Éter de petróleo	1.0	0.846	17° c	23.8	0.846	7.317	1.483	119.680	2.000
Chía	Éter de petróleo	1.0	0.8244	17° c	22.8	0.824	5.968	1.483	121.467	1.961
Chía	Éter de petróleo	1.0	0.8753	17° c	18.9	0.875	7.162	1.482	120.927	2.004
Chía	Etanol	1.0	0.9425	17° c	24.2	0.943	15.656	1.354	108.541	4.016
Chía	Etanol	1.0	0.9577	17° c	25.0	0.958	11.688	1.351	105.188	4.000
Chía	Etanol	1.0	0.9421	17° c	22.0	0.942	12.196	1.357	109.761	2.000
Linaza	Éter de petróleo	1.0	0.8966	17° c	26.5	0.897	5.968	1.483	118.962	2.000
Linaza	Éter de petróleo	1.0	0.9054	17° c	26.0	0.905	6.375	1.483	118.433	3.984
Linaza	Éter de petróleo	1.0	0.8008	17° c	27.9	0.801	7.650	1.483	118.433	2.000
Linaza	Etanol	1.0	0.91	17° c	11.0	0.910	14.960	1.393	104.883	2.000
Linaza	Etanol	1.0	0.97	17° c	11.6	0.970	16.575	1.480	114.750	2.008
Linaza	Etanol	1.0	0.975	17° c	14.0	0.975	13.739	1.431	103.275	2.000
Sacha inchi	Éter de petróleo	1.0	0.8906	17° c	33.7	0.891	3.914	1.482	123.675	4.000
Sacha inchi	Éter de petróleo	1.0	0.8888	17° c	35.8	0.889	3.825	1.483	118.298	2.000
Sacha inchi	Éter de petróleo	1.0	0.8923	17° c	33.7	0.892	2.550	1.483	123.675	2.012
Sacha inchi	Etanol	1.0	0.7538	17° c	13.5	0.754	7.317	1.482	105.188	2.004
Sacha inchi	Etanol	1.0	0.76	17° c	17.0	0.760	8.727	1.483	113.420	2.000
Sacha inchi	Etanol	1.0	0.8	17° c	14.5	0.800	6.233	1.482	114.639	4.000

## Anexo B. Análisis estadístico

Tabla 6. Composición de las semillas de estudio

Semillas	Humedad (%)	Cenizas (%)
Chía	11,05	5
Linaza	9	2,5
Sacha inchi	6	3,5

Tabla 7. Análisis de varianza de rendimiento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	972.68	194.537	67.37	0.000
Lineal	3	598.19	199.398	69.05	0.000
Fuente	2	82.99	41.494	14.37	0.001
Solvente	1	515.20	515.205	178.41	0.000
Interacciones de 2 términos	2	374.49	187.245	64.84	0.000
Fuente*Solvente	2	374.49	187.245	64.84	0.000
Error	12	34.65	2.888		
Total	17	1007.34			

Tabla 8. Análisis de varianza de densidad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	0.068275	0.013655	13.57	0.000
Lineal	3	0.023688	0.007896	7.85	0.004
Fuente	2	0.021664	0.010832	10.76	0.002
Solvente	1	0.002025	0.002025	2.01	0.182
Interacciones de 2 términos	2	0.044587	0.022293	22.15	0.000
Fuente*Solvente	2	0.044587	0.022293	22.15	0.000
Error	12	0.012076	0.001006		
Total	17	0.080351			

Tabla 9. Análisis de varianza de índice de acidez

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	293.95	58.789	34.76	0.000
Lineal	3	279.20	93.067	55.03	0.000
Fuente	2	102.73	51.363	30.37	0.000
Solvente	1	176.48	176.475	104.35	0.000
Interacciones de 2 términos	2	14.75	7.373	4.36	0.038
Fuente*Solvente	2	14.75	7.373	4.36	0.038
Error	12	20.29	1.691		
Total	17	314.24			

Tabla 10. Análisis de varianza de índice de refracción

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Modelo	5	0.040972	0.008194	25.71	0.000
Lineal	3	0.028359	0.009453	29.66	0.000
Fuente	2	0.012635	0.006318	19.82	0.000
Solvente	1	0.015724	0.015724	49.33	0.000
Interacciones de 2 términos	2	0.012613	0.006307	19.79	0.000
Fuente*Solvente	2	0.012613	0.006307	19.79	0.000
Error	12	0.003825	0.000319		
Total	17	0.044797			

Tabla 11. Análisis de varianza de índice de saponificación

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Modelo	5	638.762	127.752	9.44	0.001
Lineal	3	634.842	211.614	15.63	0.000
Fuente	2	35.036	17.518	1.29	0.310
Solvente	1	599.806	599.806	44.31	0.000
Interacciones de 2 términos	2	3.919	1.960	0.14	0.867
Fuente*Solvente	2	3.919	1.960	0.14	0.867
Error	12	162.429	13.536		
Total	17	801.191			

Tabla 12. Análisis de varianza de índice de peroxidación

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Modelo	5	3.8336	0.7667	0.87	0.531
Lineal	3	0.6848	0.2283	0.26	0.854
Fuente	2	0.4474	0.2237	0.25	0.781
Solvente	1	0.2374	0.2374	0.27	0.614
Interacciones de 2 términos	2	3.1489	1.5744	1.78	0.211
Fuente*Solvente	2	3.1489	1.5744	1.78	0.211
Error	12	10.6258	0.8855		
Total	17	14.4594			

### ANOVA de un solo factor

Tabla 13. Comparaciones en parejas de Fisher (rendimiento)

<b>Aceite extraído</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
Sacha inchi (E1)	3	34.400	A
Linaza (E1)	3	26.800	B
Chía (E2)	3	23.733	C
Chía (E1)	3	21.83	C
Sacha inchi (E2)	3	15.00	D
Linaza (E2)	3	12.200	D
<b>R-cuad.</b>		96.56%	

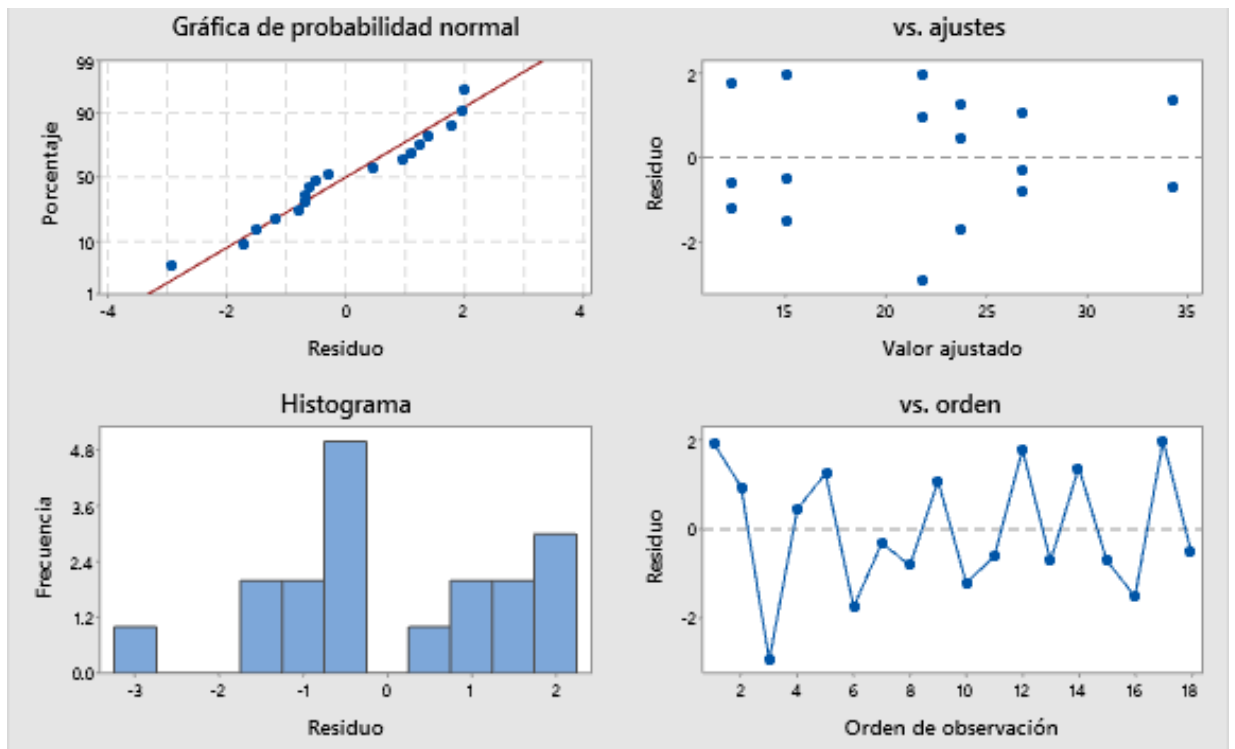


Figura 5. Gráfica de residuos para rendimiento

Tabla 14. Comparaciones en parejas de Fisher (densidad)

<u>Aceite extraído</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
Linaza (E2)	3	0.9517	A
Chía (E2)	3	0.94743	A
Sacha inchi (E1)	3	0.89057	B
Linaza (E1)	3	0.8676	B
Chía (E1)	3	0.8486	B
Sacha inchi (E2)	3	0.7713	C
<b>R-cuad.</b>		<b>84.97%</b>	

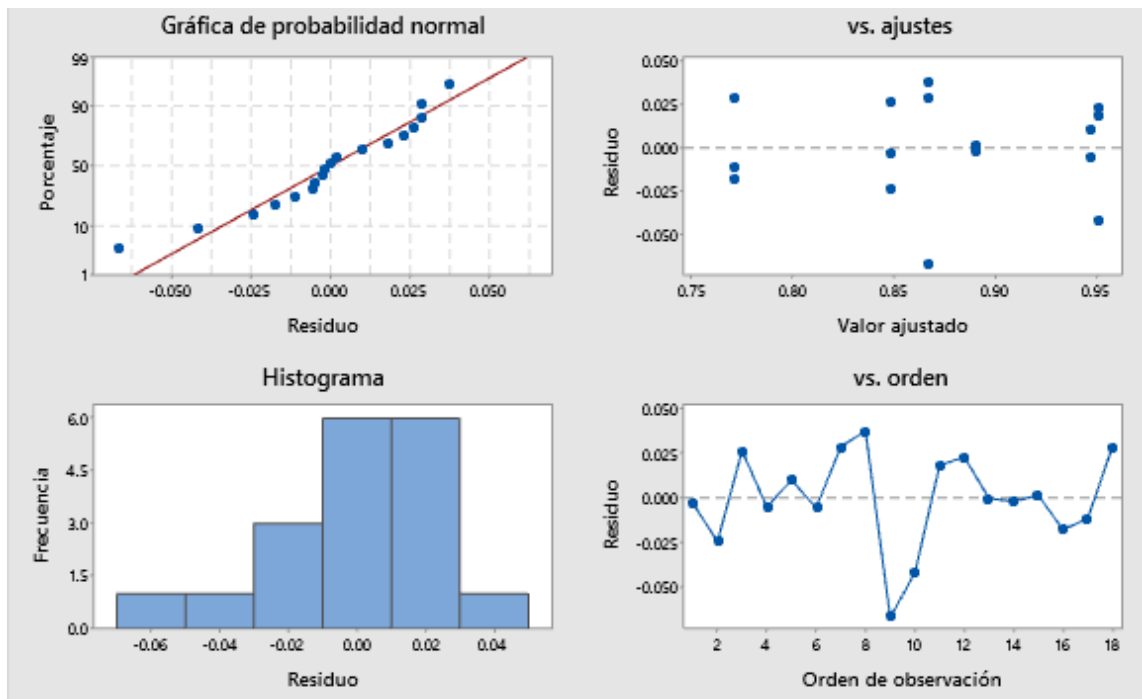


Figura 6. Gráfica de residuos para densidad

Tabla 15. Comparaciones en parejas de Fisher (índice de acidez)

<u>Aceite extraído</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
Linaza (E2)	3	15.091	A
Chía (E2)	3	13.18	A
Sacha inchi (E2)	3	7.426	B
Chía (E1)	3	6.816	B
Linaza (E1)	3	6.664	B
Sacha inchi (E1)	3	3.430	C
<b>R-cuad.</b>		93.54%	



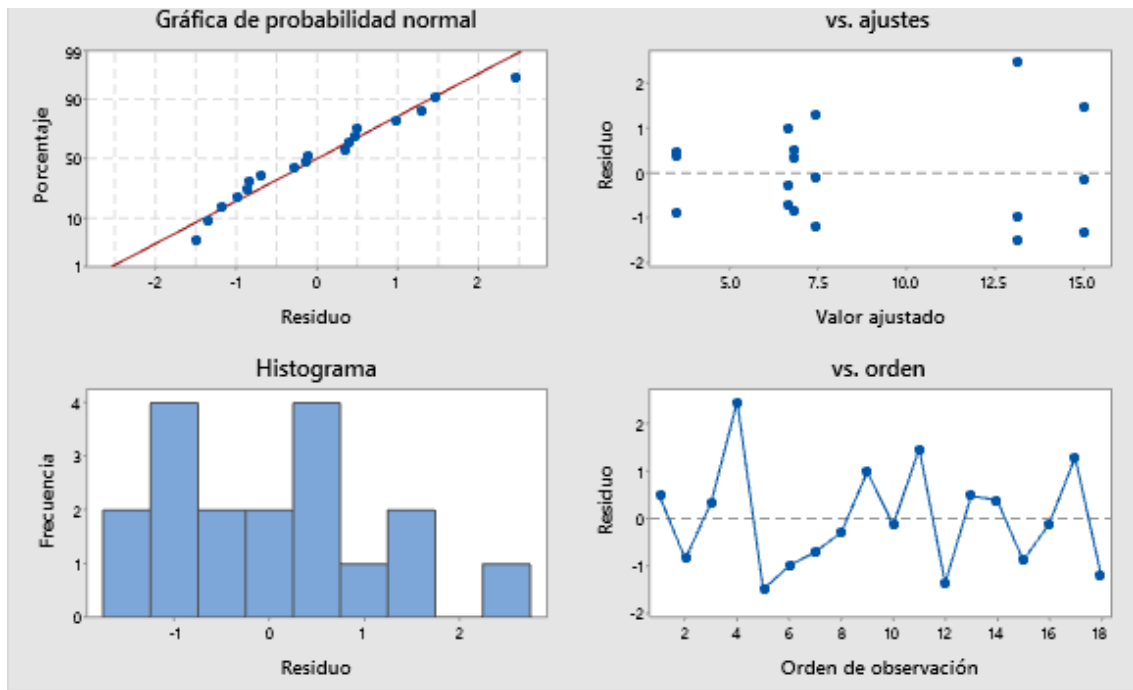


Figura 7. Gráfica de residuos para índice de acidez

Tabla 16. Comparaciones en parejas de Fisher (índice de refracción)

<u>Aceite extraído</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
Linaza (E1)	3	1.483	A
Sacha inchi (E1)	3	1.48267	A
Chía (E1)	3	1.48267	A
Sacha inchi (E2)	3	1.48233	A
Linaza (E2)	3	1.4347	B
Chía (E2)	3	1.35400	C
<b>R-cuad.</b>		<b>91.46%</b>	

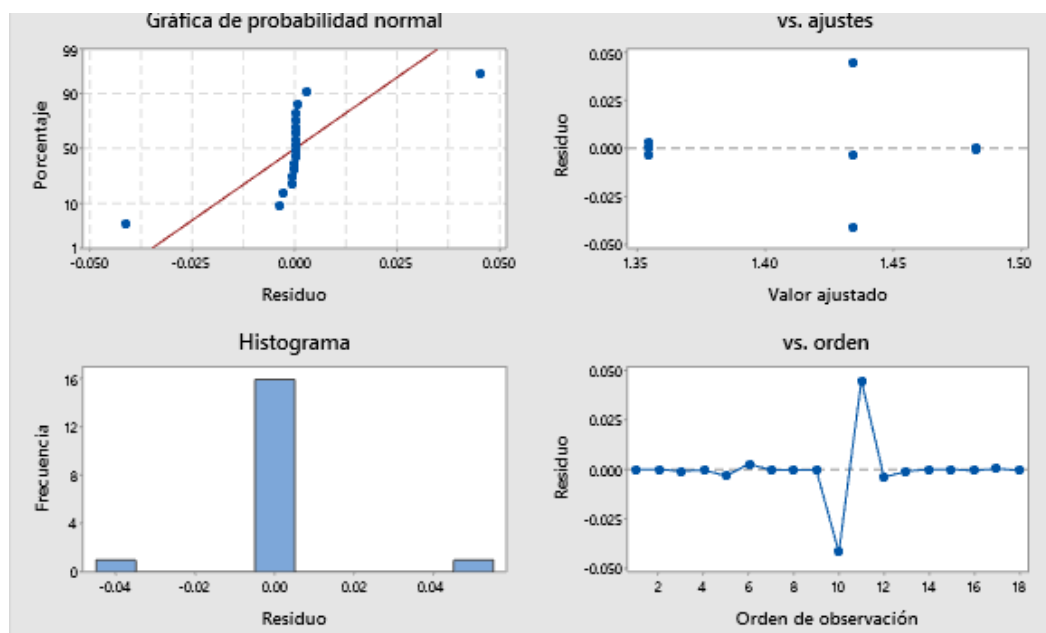


Figura 8. Gráfica de residuos para índice de refracción

Tabla 17. Comparaciones en parejas de Fisher (índice de saponificación)

<u>Aceite extraído</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
Sacha inchi (E1)	3	121.88	A
Chía (E1)	3	120.691	A
Linaza (E1)	3	118.610	A
Sacha inchi (E2)	3	111.08	B
Chía (E2)	3	107.83	B
Linaza (E2)	3	107.64	B
<b>R-cuad.</b>		<b>79.73%</b>	

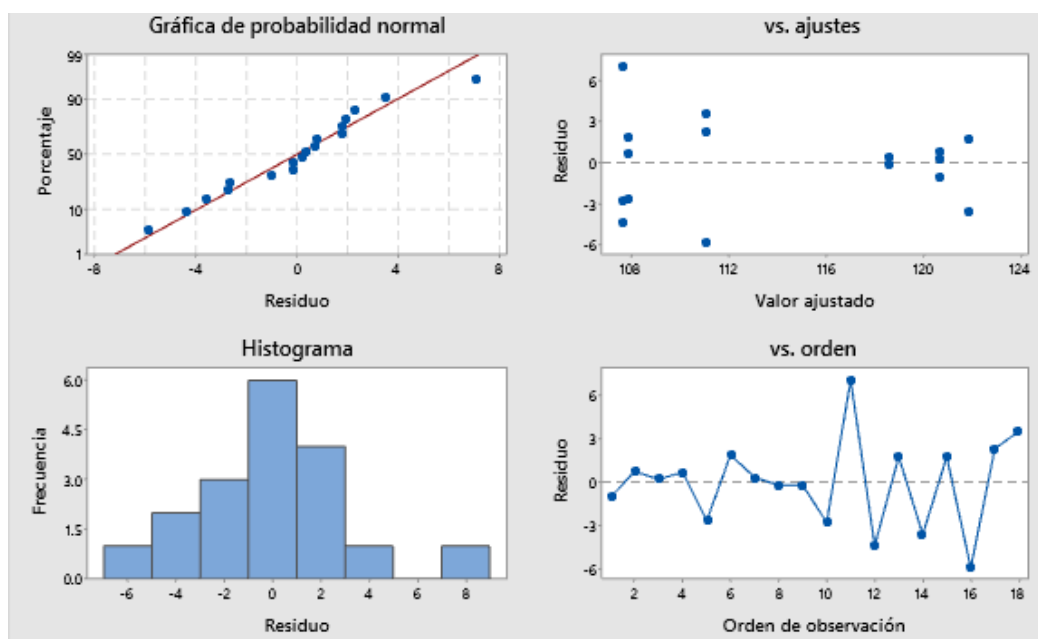


Figura 9. Gráfica de residuos para índice de saponificación

Tabla 18. Comparaciones en parejas de Fisher (índice de peróxido)

<u>Aceite extraído</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
Chía (E2)	3	3.339	A
Sacha inchi (E1)	3	2.671	A
Sacha inchi (E2)	3	2.668	A
Linaza (E1)	3	2.661	A
Linaza (E2)	3	2.00268	A
Chía (E1)	3	1.9883	A
<b>R-cuad.</b>		<b>26.51%</b>	

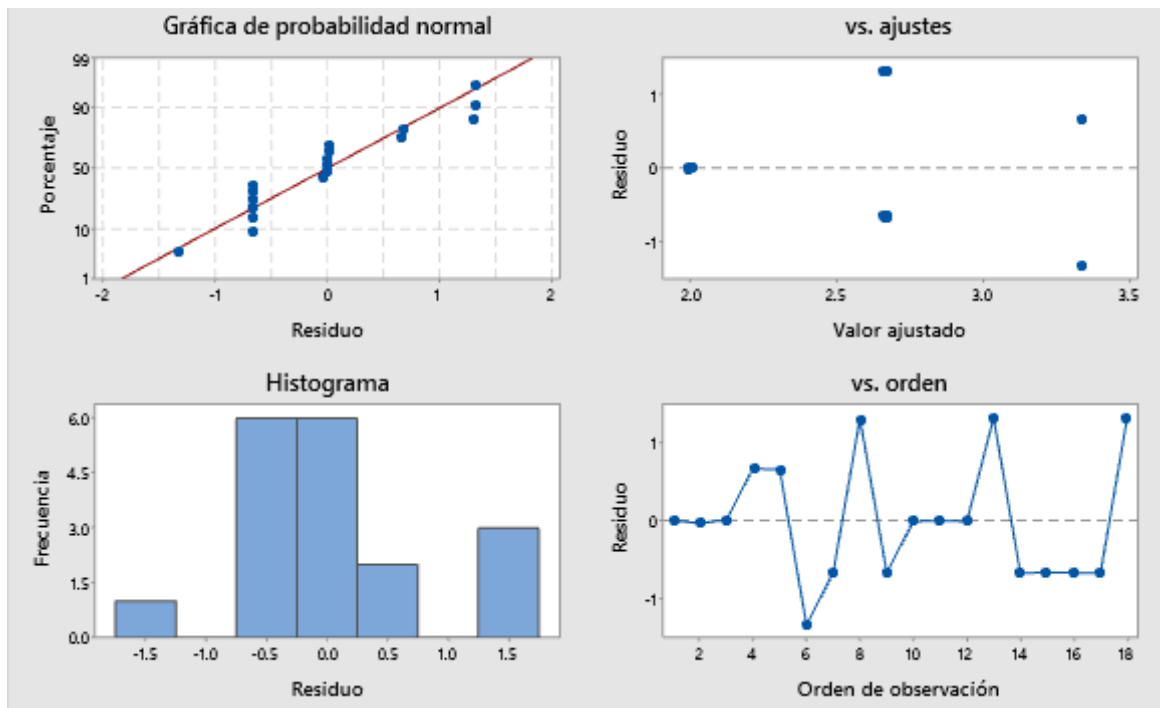
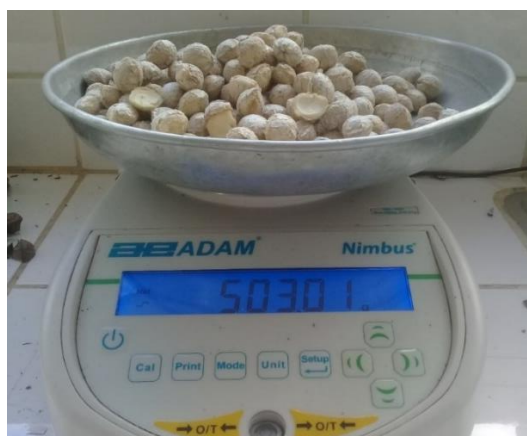


Figura 10. Gráfica de residuos para índice de peróxido

## Anexo C. Galería fotográfica



Fotografía 1. Sacha inchi



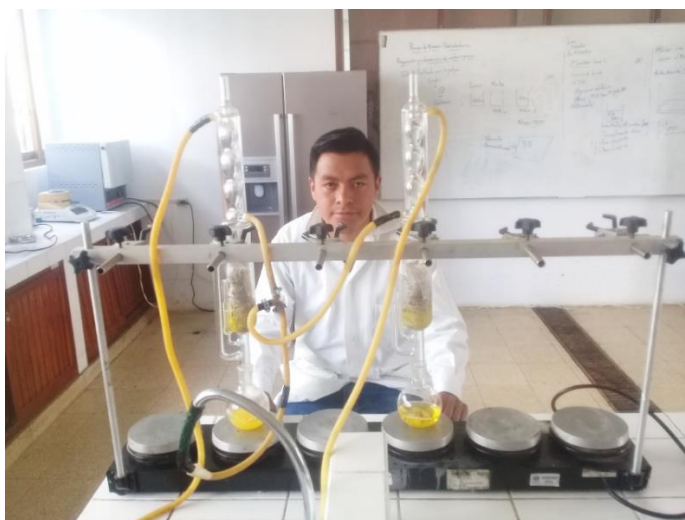
Fotografía 2. Pesado de sachá inchi descascarado



Fotografía 3. Pesado de linaza molida



Fotografía 4. Pesado de chia molida



Fotografía 5. Equipo soxhlet para extracción de aceite



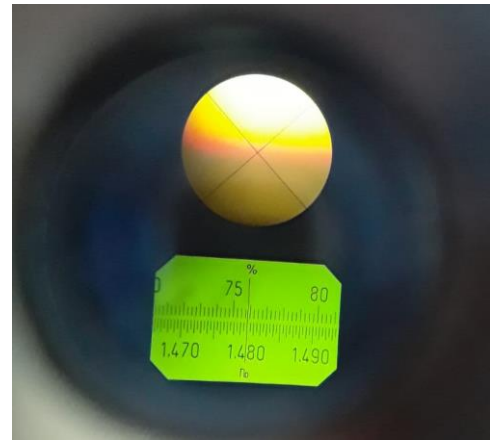
Fotografía 6. Aceite de sachá inchi obtenido con solvente etanol y éter de petróleo



Fotografía 7. Aceite de chia obtenido con medio solvente éter de petróleo y etanol



Fotografía 8. Determinación de humedad de las semillas de chía, linaza y sachá inchi



Fotografía 9. Determinación del índice de refracción



Fotografía 10. Determinación de acidez



Fotografía 11. Determinación del índice de peróxido



Fotografía 12. Determinación de saponificación