

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Presentado por:

Bach. MARÍA MARGARITA POCCO PORRAS

**COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE
ACEITE POR SOXHLET Y ULTRASONIDO A PARTIR
DEL NOGAL ANDINO (*Junglans regia* L.)**

Asesor:

MSc. FIDELIA TAPIA TADEO

Co-asesor:

Mg. ROSA HUARACA APARCO

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

ANDAHUAYLAS - APURIMAC – PERÚ

2019.



APROBACION DEL ASESOR

Quién suscribe:

MSc. Fidelia Tapia Tadeo por la presente:

CERTIFICA,

Que, la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial, **MARÍA MARGARITA POCCO PORRAS** ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: **"COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE POR SOXHLET Y ULTRASONIDO A PARTIR DE NOGAL ANDINO (*Junglans regia L.*)"** para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Andahuaylas, 12 julio del 2019.

MSc. Fidelia Tapia Tadeo
Asesor

Bach. María Margarita Pocco Porras
Tesista



APROBACION DEL COASESOR

Quién suscribe:

Mg. Rosa Huaraca Aparco por la presente:

CERTIFICA,

Que, la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial, **MARÍA MARGARITA POCCO PORRAS** ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: "**COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE POR SOXHLET Y ULTRASONIDO A PARTIR DE NOGAL ANDINO (*Junglans regia L.*)**" para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Andahuaylas, 12 de julio del 2019

Mg. Rosa Huaraca Aparco
CoAsesor

Bach. María Margarita Pocco Porras
Tesista



FACULTAD DE INGENIERIA

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En la Av. 28 de julio N° 1103 del Local Académico SL02 (Santa Rosa) en el Salón de Grados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas ubicado en el distrito de Talavera de la Reyna de la Provincia de Andahuaylas, siendo las 11:00 horas del día 12 de julio del año 2019, se reunieron los docentes: Dr. Julio César Sichez Muñoz, Ing. Fredy Taipe Pardo, MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE POR SOXHLET Y ULTRASONIDO A PARTIR DEL NOGAL ANDINO (JUNGLANS REGIA L.)", cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial MARÍA MARGARITA POCCO PORRAS, la asesora MSc. Fidelia Tapia Tadeo y la Coasesora Mg. Rosa Huaraca Aparco con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

Luego de la sustentación y defensa de la tesis, el Jurado Evaluador ACORDÓ: APROBAR por UNANIMIDAD al Bachiller en Ingeniería Agroindustrial MARÍA MARGARITA POCCO PORRAS, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Table with 3 columns: Nota escala vigesimal (Numeros, Letras), and Mención. Values: 17, DIECISIETE, MUY BUENO

En señal de conformidad, se procedió a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.

Handwritten signature of Dr. Julio César Sichez Muñoz

Dr. Julio César Sichez Muñoz
Presidente del Jurado Evaluador

Handwritten signature of Ing. Fredy Taipe Pardo

Ing. Fredy Taipe Pardo
Primer Miembro del Jurado Evaluador

Handwritten signature of MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez

MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez
Segundo Miembro del Jurado Evaluador



APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR

LA TESIS: (COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE POR SOXHLET Y ULTRASONIDO A PARTIR DEL NOGAL ANDINO (*Juglans regia L.*); para optar el Título Profesional de Ingeniero agroindustrial, ha sido evaluada por el Jurado Dictaminador conformado por:

PRESIDENTE: Dr. Ing. Julio Cesar Sichez Muñoz

PRIMER MIEMBRO: Ing. Fredy Taipe Pardo

SEGUNDO MIEMBRO: Ing. MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez

Habiendo sido aprobado por UNANIMIDAD, en la ciudad de Andahuaylas el día 12 del mes de julio de 2019

Andahuaylas, 14 de octubre de 2019.

**Dr. Ing. Julio Cesar Sichez Muñoz
PRESIDENTE DEL JURADO DICTAMINADOR**

**Ing. Fredy Taipe Pardo
PRIMER MIEMBRO DEL JURADO DICTAMINADOR**

**Ing. MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez
SEGUNDO MIEMBRO DEL JURADO DICTAMINADOR**

INFORME DE ORIGINALIDAD

El que suscribe asesor del trabajo de investigación de tesis, titulado "COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE POR SOXHLET Y ULTRASONIDO A PARTIR DE NOGAL ANDINO (*Junglans regia L.*)" presentado por la Bach. María Margarita Poco Porras, con DNI N° 70234327, de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial, para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Informo que el documento ha sido sometido a revisión de originalidad, utilizando el software de control de similitud y detección de plagio Turnitin, conforme al reglamento vigente, verificándose un porcentaje de **17% de similitud general**. Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto el reporte de software firmado.

Andahuaylas, 12 de julio del 2019



MSc. Fidelia Tapia Tadeo
Asesor de tesis
DNI N°: 23934065



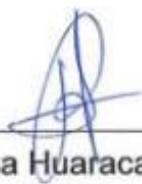
María Margarita Poco Porras
Bachiller
DNI N°: 70234327

INFORME DE ORIGINALIDAD

El que suscribe asesor del trabajo de investigación de tesis, titulado "COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE POR SOXHLET Y ULTRASONIDO A PARTIR DE NOGAL ANDINO (*Junglans regia L.*)" presentado por la **Bach. María Margarita Poco Porras**, con **DNI N° 70234327**, de la escuela profesional de **Ingeniería Agroindustrial**, para optar el título profesional de **Ingeniero Agroindustrial**.

Informo que el documento ha sido sometido a revisión de originalidad, utilizando el software de control de similitud y detección de plagio Turnitin, conforme al reglamento vigente, verificándose un porcentaje de **17 % de similitud general**. Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto el reporte de software firmado.

Andahuaylas, 12 de julio del 2019



Mg. Rosa Huaraca Aparco
Coasesor de tesis
DNI N°: 45328191



María Margarita Poco Porras
Bachiller
DNI N°: 70234327



Universidad Nacional José María Arguedas

Identidad y Excelencia para el Trabajo Productivo y el Desarrollo

Unidad de Investigación de la Facultad Ingeniería
C021-2024

Andahuaylas, 28 de agosto de 2024

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, expide la:

Constancia

De porcentaje de similitud (17%) según el software Turnitin, al informe final de investigación: Comparación de métodos de extracción de aceite por Soxhlet y ultrasonido a partir del nogal andino (*Junglans regia* L.). Presentado por la Bach. **María Margarita Pocco Porras** cuya asesora es la MSc. Fidelia Tapia Tadeo y coasesora la Dra. Rosa Huaraca Aparco.

Dra. María del Carmen Delgado Laime
Presidente de la Unidad de Investigación de la
Facultad de Ingeniería

MSc. Fidelia Tapia Tadeo

Miembro de la

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

Mtro. Richard Carrión Abollaneda

Miembro de la

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

● **17% de similitud general**

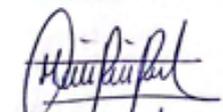
Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

| | | |
|---|--|-----|
| 1 | repositorio.unajma.edu.pe Internet | 3% |
| 2 | hdl.handle.net Internet | 3% |
| 3 | repositorio.lamolina.edu.pe Internet | 2% |
| 4 | docplayer.es Internet | <1% |
| 5 | intranet.cip.org.pe Internet | <1% |
| 6 | dspace.ups.edu.ec Internet | <1% |
| 7 | biblioteca.usac.edu.gt Internet | <1% |
| 8 | repositorio.unam.edu.pe Internet | <1% |


Bach. Maria Margarita Pocco
Pozas
Terista


Msc. Fidelia Tapia Tadeo
Asesor


Mg. Rosa Huarcaya Aparco
Co Asesor

Descripción general de fuentes

| | | |
|----|--|-----|
| 9 | scribd.com Internet | <1% |
| 10 | coursehero.com Internet | <1% |
| 11 | 1library.co Internet | <1% |
| 12 | tesis.ucsm.edu.pe Internet | <1% |
| 13 | repository.lasalle.edu.co Internet | <1% |
| 14 | idoc.pub Internet | <1% |
| 15 | worldwidescience.org Internet | <1% |
| 16 | bibliotecadigital.univalle.edu.co Internet | <1% |
| 17 | kipdf.com Internet | <1% |
| 18 | purl.org Internet | <1% |
| 19 | repositorio.unh.edu.pe Internet | <1% |
| 20 | repository.uamerica.edu.co Internet | <1% |

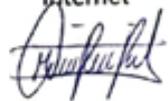

Bach. Maria Margarita Pocos Posas
Tesisista


MSc. Fidedia Tapia Tadeo
Asesor


Mg. Rosa Huaraca Aparco
Co Asesor

Descripción general de fuentes

| | | |
|----|---|-----|
| 21 | ri.agro.uba.ar Internet | <1% |
| 22 | repositorio.uss.edu.pe Internet | <1% |
| 23 | vdocuments.net Internet | <1% |
| 24 | issuu.com Internet | <1% |
| 25 | repositorio.ucp.edu.pe Internet | <1% |
| 26 | revistas.unitru.edu.pe Internet | <1% |
| 27 | cybertesis.unmsm.edu.pe Internet | <1% |
| 28 | es.slideshare.net Internet | <1% |
| 29 | repositorio.untrm.edu.pe Internet | <1% |
| 30 | repositorio.upn.edu.pe Internet | <1% |
| 31 | shoppingba.infobae.com Internet | <1% |
| 32 | silو.tips Internet | <1% |

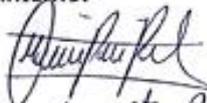

Bach. María Margarita Pocco Pallas
Terista

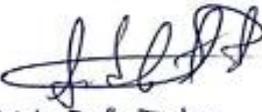

MSc. Fidelia Topia Tadeo
Asesor


Mg. Rosa Huarcaya Apaza
Co-Asesor

Descripción general de fuentes

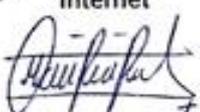
| | | |
|----|---|-----|
| 33 | uv.mx Internet | <1% |
| 34 | repositorio.uns.edu.pe Internet | <1% |
| 35 | clubensayos.com Internet | <1% |
| 36 | corantioquia.gov.co Internet | <1% |
| 37 | qdoc.tips Internet | <1% |
| 38 | repositorio.untumbes.edu.pe Internet | <1% |
| 39 | repository.ut.edu.co Internet | <1% |
| 40 | dbpedia.org Internet | <1% |
| 41 | repositorio.unapiquitos.edu.pe Internet | <1% |
| 42 | researchgate.net Internet | <1% |
| 43 | repositorio.unal.edu.co Internet | <1% |
| 44 | macrobiotic.asia Internet | <1% |


 Poch. María Margarita Porras
 Porras
 Terista


 HSc. Fideleia Topla Tacleo
 Asesor


 Mg. Rosa Huaraca Aparico
 CoAsesor
 Descripción general de fuentes

| | | |
|----|---|-----|
| 45 | natudelia.com Internet | <1% |
| 46 | palmira.unal.edu.co Internet | <1% |
| 47 | scielo.org.mx Internet | <1% |
| 48 | Carlos Jefferson Valdiviezo, Luis Eduardo Romero Hidalgo, Stefanie Mi... Crossref | <1% |
| 49 | cimav.repositorioinstitucional.mx Internet | <1% |
| 50 | compragabona.blogspot.com Internet | <1% |
| 51 | lupitacalifornia.com Internet | <1% |
| 52 | repositorio.uncp.edu.pe Internet | <1% |
| 53 | de.slideshare.net Internet | <1% |
| 54 | documents.mx Internet | <1% |
| 55 | es.scribd.com Internet | <1% |
| 56 | muyfitness.com Internet | <1% |

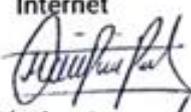

Cecilia María Margarita Pardo Porras
Tesisista

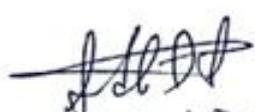

MSc. Fidelicia Tapia Toledo
Asesor


Mg. Rosa Iturza Aparco
Co Asesor

Descripción general de fuentes

| | | |
|----|---|-----|
| 57 | repositorio.udh.edu.pe Internet | <1% |
| 58 | upcommons.upc.edu Internet | <1% |
| 59 | ecorfan.org Internet | <1% |
| 60 | grupoese.com.ni Internet | <1% |
| 61 | Danny E Caraballo, Jose D Amario, Jennifer J Lafont, Amelia A Espitia. ... Crossref | <1% |
| 62 | tesis.pucp.edu.pe Internet | <1% |
| 63 | Ana Nallely Cerón-Ortiz, Olivia Moctezuma-Resendiz, Miguel Angel An... Crossref | <1% |
| 64 | catalonica.bnc.cat Internet | <1% |
| 65 | digibug.ugr.es Internet | <1% |
| 66 | doczz.fr Internet | <1% |
| 67 | pesquisa.bvsalud.org Internet | <1% |
| 68 | ccoo.illes.balears.net Internet | <1% |

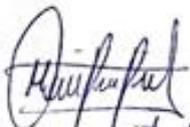

Bach. Maria Margarita Porras
Porras
Turista


Hs. Fidelia Tapia Tadeo
Asest


Mg. Rosa Huarcaya Aparco
CoAsest

Descripción general de fuentes

| | | |
|----|-------------------------------------|-----|
| 81 | buenastareas.com Internet | <1% |
| 82 | infoagro.com Internet | <1% |
| 83 | reglatec.go.cr Internet | <1% |



Ruth María Margarita Pardo Posadas
Trásta



MSc. Fidelia Tapia Tadeo
ASC2017



Mg. Rosa Huaraca Apolca
CO ASC2017

Descripción general de fuentes

DEDICATORIA

Agradezco al todo poderoso por concederme la alegría y la bendición de la vida, por estar siempre a mi lado, protegiéndome y dándome fuerza, a mis padres Juana Porras y Delfín Pocco, mis hermanas y tías por darme su respaldo de manera generosa y sacrificada a lo largo de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a quienes fueron colaboradores que hicieron lo posible para la realización de importante trabajo de tesis.

A mi hermosa familia: Madre Juana Porras Rosales y mi segundo padre Genero Pedraza Melendez quien cumplió como padre en los momentos que más necesité durante mi formación profesional, hermanos (Milagros, Ana, Juan), tías (Faustina, Carmen Rosa, Martha y Grimalda) por su aliento, apoyándome en cada decisión.

A mi querida hija Yuriana Margarita que gracias a ti tengo la fuerza y voluntad de seguir adelante y que cada día que pasa eres mi motivación en este nuevo trayecto de mi vida.

A la Universidad Nacional José María Arguedas – Facultad de Ingeniería Agroindustrial a todos mis maestros por la educación de alto calidad que recibí a lo largo de mi carrera, impactándome no solo en el ámbito académico, sino también en mi crecimiento personal como individuo en la sociedad.

A mi asesora Ing. MSc. Fidelia Tapia Tadeo y a mi Co-asesora Ing. Mg. Rosa Huaraca Aparco, por su permanente apoyo y colaboración en el desarrollo y la culminación de esta tesis.

A mis jurados evaluadores Ing. MSc. Julio César Sichez Muñoz, Ing. MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez, e Ing. Fredy Taipe Pardo, por sus valiosas sugerencias que han aportado al mejoramiento y organización de este trabajo de tesis.

A mis compañeros y compañeras en especial Aydee Yauris con quien hemos compartido los momentos de aprendizaje y a lo largo de la carrera universitaria hemos forjado una buena amistad.

ÍNDICE

| | Pag. |
|---|-------------|
| DEDICATORIA..... | iv |
| AGRADECIMIENTOS | xvii |
| INDICE | xviii |
| ÍNDICE DE TABLAS | xxi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xxii |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xxiii |
| ABREVIATURA Y SÍMBOLOS | xxiv |
| RESUMEN | xxvi |
| ABSTRAC | xxvii |
| CHUMASQA..... | xxviii |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN | 2 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 6 |
| 1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 7 |
| 1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS | 8 |
| 1.5. FORMULACIÓN DE VARIABLES | 9 |
| 1.6. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 9 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO | 10 |
| 2.1. Nogal | 10 |
| 2.1.1. Composición química del nogal | 12 |
| 2.1.2. Distribución del nogal andino | 12 |
| 2.1.3. Floración y fructificación del nogal andino..... | 12 |
| 2.1.4. Recolección..... | 13 |
| 2.1.5. Procesamiento de frutos | 13 |
| 2.1.6. Análisis nutricional..... | 13 |
| 2.2. Aceites..... | 14 |
| 2.2.1. Aceites vegetales | 15 |
| 2.2.2. Extracción del aceite | 16 |

| | | |
|---|--|----|
| 2.2.2.1. | Extracción mecánica del aceite..... | 16 |
| 2.3.2.2. | Extracción con solvente | 17 |
| 2.3.3. | Clasificación del aceite..... | 19 |
| 2.3.4. | Composición del aceite | 19 |
| 2.3.5. | Características físicas del aceite | 20 |
| a) | Densidad..... | 20 |
| b) | pH | 20 |
| 2.3.6. | Características químicas del aceite..... | 20 |
| a) | Índice de refracción..... | 20 |
| b) | Índice de acidez | 21 |
| c) | Índice de yodo..... | 21 |
| d) | Índice de Saponificación | 21 |
| e) | Ácidos grasos | 22 |
| f) | Lípidos | 23 |
| 2.3.7. | Método de extracción por Soxhlet..... | 23 |
| CAPÍTULO III. MATERIALES Y METODOLOGÍAS | | 27 |
| 3.1. | Lugar de ejecución | 27 |
| 3.2. | Materiales, instrumentos y equipos | 28 |
| 3.2.1. | Material experimental | 29 |
| 3.2.2. | Población y muestra..... | 29 |
| 3.2.3. | Población | 29 |
| 3.2.4. | Muestra | 29 |
| 3.2.5. | Unidad análisis..... | 29 |
| 3.3. | Metodología experimental | 30 |
| 3.3.1. | Extracción de aceite de nogal andino por método Soxhlet..... | 30 |
| 3.3.2. | Obtención de aceite de nogal andino por pre tratamiento ultrasónico..... | 33 |
| 3.4. | Métodos de análisis experimental | 35 |
| 3.4.1. | Características físicas del aceite de nogal andino | 35 |

| | | |
|---|---|----|
| 3.4.2. | Evaluación de características químicas del aceite | 36 |
| 3.5. | Diseño de contratación | 39 |
| 3.6. | Diseño experimental y análisis estadístico | 40 |
| 3.6.1. | Diseño experimental..... | 40 |
| 3.6.2. | Análisis estadístico..... | 41 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES | | 42 |
| 4.1. | Determinación de las características físicas..... | 42 |
| 4.1.1. | Determinación de la densidad de aceite | 42 |
| 4.1.2. | Determinación del pH de aceite | 43 |
| 4.2. | Determinación de las características químicas de aceite | 44 |
| 4.2.1. | Determinación de índice de refracción de aceite | 44 |
| 4.2.2. | Determinación de índice de acidez de aceite..... | 46 |
| 4.2.3. | Determinación de índice de yodo de aceite | 48 |
| 4.2.4. | Determinación de índice de saponificación de aceite | 50 |
| 4.2.5. | Determinación de ácidos grasos de aceite..... | 51 |
| 4.2.5.1. | Determinación de ácido palmítico | 51 |
| 4.2.5.2. | Determinación de ácido palmitoleico | 52 |
| 4.2.5.3. | Determinación de ácido linolénico (Omega 3) de aceite..... | 54 |
| 4.2.5.4. | Determinación de ácido linoléico (Omega 6) de aceite..... | 55 |
| 4.2.5.5. | Determinación de ácido oleico (Omega 9) de aceite | 57 |
| 4.2.6. | Determinación de lípidos totales de aceite..... | 58 |
| 4.2.7. | Determinación de rendimiento de extracción de aceite..... | 59 |
| CONCLUSIONES..... | | 61 |
| RECOMENDACIONES | | 62 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 63 |
| ANEXOS | | 69 |
| APÉNDICE | | 93 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pag. |
|---|------|
| Tabla 1 Variables de entrada y salida..... | 9 |
| Tabla 2 Composición química de la semilla del nogal andino..... | 12 |
| Tabla 3 Composición nutricional de la semilla del nogal andino..... | 14 |
| Tabla 4 Importaciones de aceite en los años 2000 – 2004 (toneladas)..... | 15 |
| Tabla 5 Materiales | 28 |
| Tabla 6 Instrumentos para el desarrollo de la investigación | 28 |
| Tabla 7 Equipos para el desarrollo de la investigación | 28 |
| Tabla 8 Materia prima | 29 |
| Tabla 9 Reactivos | 29 |
| Tabla 10 Arreglo experimental – diseño completamente al azar (DCA) | 40 |
| Tabla 11 ANOVA para el DCA..... | 41 |
| Tabla 12 Densidad de aceite del nogal andino | 42 |
| Tabla 13 pH de aceite del nogal andino..... | 43 |
| Tabla 14 Índice de refracción de aceite del nogal andino | 44 |
| Tabla 15 Índice de acidez de aceite del nogal andino | 46 |
| Tabla 16 Índice de yodo de aceite del nogal andino | 48 |
| Tabla 17 Índice de saponificación de aceite del nogal andino | 50 |
| Tabla 18 Ácido palmitico de aceite de nogal andino | 51 |
| Tabla 19 Ácido palmitoleico de aceite de nogal andino | 53 |
| Tabla 20 Ácido linolénico de aceite del nogal andino | 54 |
| Tabla 21 Ácido linoléico de aceite del nogal andino | 55 |
| Tabla 22 Ácido oleico de aceite del nogal andino | 57 |
| Tabla 23 Lípidos totales de aceite del nogal andino | 58 |
| Tabla 24 Rendimiento de extracción de aceite de dos métodos..... | 59 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pag. |
|--|-------------|
| Figura 1 Nuez de nogal andino en estado verde | 11 |
| Figura 2 Nuez del nogal andino..... | 11 |
| Figura 3 Esquema de un extractor Soxhlet. | 24 |
| Figura 4 Esquema del sistema de extracción por ultrasonido | 26 |
| Figura 5 Diagrama de flujo experimental por el método Soxhlet | 32 |
| Figura 6 Diagrama de flujo experimental de extracción de aceite por ultrasonido | 34 |
| Figura 7 Diagrama de contrastación y variables..... | 40 |
| Figura 8 Diagramas de medias para densidad de aceite | 42 |
| Figura 9 Diagramas de medias para el pH de aceite..... | 44 |
| Figura 10 Diagramas de medias para índice de refracción de aceite..... | 45 |
| Figura 11 Diagramas de medias para índice de acidez de aceite | 47 |
| Figura 12 Diagramas de medias para índice de yodo de aceite..... | 49 |
| Figura 13 Diagramas de medias para índice de saponificación de aceite..... | 50 |
| Figura 14 Diagramas de medias para ácido linolénico de aceite..... | 52 |
| Figura 15 Diagramas de medias para ácido palmitoleico de aceite..... | 53 |
| Figura 16 Diagramas de medias para ácido linolénico de aceite..... | 54 |
| Figura 17 Diagramas de medias para ácido linoléico de aceite..... | 56 |
| Figura 18 Diagramas de medias para ácido oleico de aceite | 57 |
| Figura 19 Diagramas de medias para lípidos totales de aceite | 58 |
| Figura 20 Diagramas de medias para el rendimiento de aceite..... | 59 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pag. |
|---|-------------|
| ANEXO 1. Datos y análisis de la densidad del aceite del nogal andino..... | 69 |
| ANEXO 2. Datos y análisis de pH de aceite del nogal andino | 70 |
| ANEXO 3. Análisis de índice de refracción de aceite del nogal andino | 71 |
| ANEXO 4. Análisis de índice de acidez de aceite del nogal andino..... | 72 |
| ANEXO 5. Análisis de índice de Yodo de aceite del nogal andino..... | 73 |
| ANEXO 6. Análisis de índice de saponificación de aceite de nogal andino | 74 |
| ANEXO 7. Datos y análisis de ácido palmítico de aceite de nogal andino..... | 75 |
| ANEXO 8. Datos y análisis de ácido palmitoleico de aceite del nogal andino | 76 |
| ANEXO 9. Ácido linolénico (omega 3) de aceite de nogal andino..... | 77 |
| ANEXO 10. Análisis de ácido linoléico (omega 6) de aceite de nogal andino..... | 78 |
| ANEXO 11. Análisis de ácido oléico (omega 9) de aceite de nogal andino | 79 |
| ANEXO 12. Análisis del porcentaje de lípidos de aceite de nogal andino..... | 80 |
| ANEXO 13. Análisis del porcentaje de rendimiento de aceite de nogal andino | 81 |
| ANEXO 14. Análisis químico de aceite del nogal andino | 82 |
| ANEXO 15 Análisis de ácidos grasos de aceite de nogal andino | 85 |
| ANEXO 16. Panel fotográfico..... | 88 |

ABREVIATURA Y SÍMBOLOS

| | |
|-------------------|--|
| ANOVA | : Análisis de Varianza |
| DCA | : Diseño completamente al azar |
| AOAC | : Asociación oficial de químicos analíticos |
| AOCS | : Sociedad anónima de químicos de aceite |
| ASAE | : Agencia de seguridad alimentaria y economía |
| IUPAC | : Unión internacional de química pura y aplicada |
| CODEX STAN | : Código alimentario |
| USA | : Estados Unidos |
| ASI | : Aceite de sachá inchi |
| AO | : Aceite de oliva |
| ACP | : Aceite de pescado |
| pH | : Potencial de Hidrógeno |
| ml | : Mililitros |
| T° | : Temperatura |
| msnm | : Metros sobre el nivel del mar |
| % | : Porcentaje |
| °C | : Grados Celsius |
| I | : yodo |
| g | : Gramos |
| mg | : Miligramos |
| kg | : Kilogramos |
| k | : kilo |

| | |
|----------------------|------------------------|
| mm | : Milímetros |
| l | : Litros |
| cm | : Centímetros |
| m³ | : Metro cúbico |
| mol | : Moléculas |
| N | : Normalidad |
| V | : Volumen |
| Kcal | : kilocalorías |
| KHz | : kilohertz |
| KOH | : Hidróxido de potasio |
| UT | : Ultrasonido |
| ST | : Soxhlet |
| meq | : Meliequivalente |

RESUMEN

El trabajo de investigación que se presenta tiene como objetivo evaluar el método más adecuado para extraer aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) en función a sus características físicas, características químicas y rendimiento. Para determinar las características físicas de aceite del nogal andino como: la densidad se utilizó un picnómetro según el método del CODEX STAN 210 y la determinación de pH se realizó según el método de la AOAC. La determinación de las características químicas de aceite del nogal andino como: índice de refracción, índice acidez según el método de la AOCS, índice de Yodo según el método del ISO, índice de saponificación se realizó según el método de la AOAC, determinación de ácidos grasos esenciales como: ácido linolénico, ácido linoléico y ácido oleico se realizó por cromatografía de gases según el método estándar de la AOAC. Los siguientes resultados obtenidos se realizaron por triplicado, siendo tabulados y evaluados utilizando el análisis de varianza (ANOVA), en el que se emplean las diferencias mínimas significativas de Tukey, para este caso se manejó el paquete estadístico de Minitab 17 y Excel 2013. Obteniendo los siguientes valores en las características físicas por el método ultrasonido y Soxhlet: densidad (0.90 g/ml y 0.92 g/ml) (p-value>0.05), pH (4.03 y 7.30) (p-value<0.05). asimismo, en las características químicas se encontró los siguientes valores: índice de refracción (4.03 y 7.30) (p-value>0.05), índice de acidez (7.63 mg KOH/g y 4.14 mg KOH/g) (p-value<0.05), índice de Yodo (155.47 mg I/g y 158.11 mg I/g) (p-value>0.05), índice de saponificación (191.42 mg KOH/g y 187.04 mg KOH/g) (p-value>0.05). En cuanto a los ácidos grasos como el ácido linolénico se obtuvo (6.77 % y 7.75 %) (p-value>0.05), ácido linoléico (62.96 % y 71.92 %) (p-value<0.05) y ácido oleico (13.82 % y 14.35 %) (p-value>0.05), lípidos (99.90 % y 99.20 %) (p-value>0.05) y el rendimiento (38.93 % y 54.49 %) (p-value<0.05) respectivamente.

Palabras claves: Aceite, Soxhlet, ultrasonido, físicas, químicas, nogal.

ABSTRAC

The objective of this work research is to evaluate the most suitable method to extract Andean walnut oil (*Junglans regia L.*) according to its physical characteristics, chemical characteristics and yield. The physical characteristics was determine of the Andean walnut oil, such as: the density is a pycnometer according to the CODEX STAN 210 method and the pH determination is carried out according to the AOAC method. The determination of the characteristic chemical of the Andean walnut oil as: refractive index, acidity index Accord

ing to the AOCS method, Iodine index according to the ISO method, saponification index was carried out according to the AOAC method, determination of essential fatty acids such as linolenic acid, linoleic acid and oleic acid was performed by gas chromatography according to the AOAC standard method. The results are classified in triplicate, tabulated and evaluated by means of the analysis of the variance (ANOVA), Tukey's minimum differences are used, and the statistical package of Minitab 17 and Excel 2013. Obtaining the following values in the characteristic characteristics. the ultrasound and Soxhlet method: density (0.90 g / ml and 0.92 g / ml) (p value > 0.05), pH (4.03 and 7.30) (p value < 0.05). The refractive indexes (4.03 and 7.30) (p value > 0.05), acid number (7.63 mg KOH / g and 4.14 mg KOH / g) (p value < 0.05), Iodine index (155.47 mg I / g and 158.11 mg I / g) (p value > 0.05), saponification number (191.42 mg KOH / g and 187.04 mg KOH / g) (p value > 0.05). Regarding fatty acids such as linolenic acid was obtained (6.77 and 7.75) (p value > 0.05), linoleic acid (62.96 % and 71.92 %) (p value < 0.05) and oleic acid (13.82 % and 14.35 %) (p-value > 0.05), lipids (99.90 % and 99.20 %) (p value > 0.05) and yield (38.93 % and 54.49 %) (p value < 0.05) respectively.

Key words: Oil, Soxhlet, ultrasound, physical, chemical, walnut.

CHUMASQA

Kay musuq yachaypa hatun qatipayninga riqsichikun imaynatan nogalpa (*Junglans regia L.*) wira sutuyninpa urqumuyninmanta; qatipachin kay urquynintaqa, chay sutu wirapa hawan riqsichikuyninmanta, hinallataq ukun kawsayninmantawan. Chay nogalpa sutu wiranpa hawan riqsinapaqa, ruwarqayku chay hatun ñan CODEX STAN 210 nisqanwanmi; pHchintataq, kay AOAC hatun ñan riqsichikuqwan. Hinallataq, chay sachapa sutu wirampa ukun kawsayninta riqsinapaqa, chay qatqiyninmanta, índice de refracción nisqanmantawan, allin qawarinapaqa, ruwayku kay hatun ñan AOCS maskariyanmi; ISOwantaqa, chay índice de yodo nisqanta; índice de saponificación nisqantataq kay hatuna ñan AOAC riqsichikuqwan. Wakintataq, kay ácido linolénico, ácido linoléico, ácido oleico nisqankunataqa kay hatun ñan AOAC nisqanwanmi puririchimuni. Kimsa taparapin tukuyin llusqsimun kay musuq yachaypa maskayninqa. Chaypaqmi kay análisis de varianza (ANOVA) nisqanwan ruwayku, hinallataq chikan chiqiriq, ichaqa riqsichikuq, hinatawan ruwayku, kay Tukey nisqanwan. Chay mastay qawarinapaqmi kay Minitab 17 y Excel 2013 nisqanwan puririchimuyku. Nogalpa sutu wirapa hawan riqsichikuynintaqa kay ñan ultrasonido hinallataq Soxhlet qawariyku, chaymi kayna llusqsimun: densidad (0.90 g/ml y 0.92 g/ml) (p-value>0.05), pH (4.03 y 7.30) (p-value<0.05). Hinallataq kay nogalpa wirampa ukun kawsaynintaqa kaynatan tariyku: índice de refracción (4.03 y 7.30) (p-value>0.05), índice de acidez (7.63 mg KOH/g y 4.14 mg KOH/g) (p-value<0.05), índice de Yodo (155.47 mg I/g y 158.11 mg I/g) (p-value>0.05), índice de saponificación (191.42 mg KOH/g y 187.04 mg KOH/g) (p-value>0.05). Chay wira qatqiqta hinallataq linolénico nisqanmantawan, kaynan llusqsimun: (6.77 % y 7.75 %) (p-value>0.05), ácido linoléico (62.96 % y 71.92 %) (p-value<0.05), hinallataq ácido oleico (13.82 % y 14.35 %) (p-value>0.05), lípidos (99.90 % y 99.20 %) (p-value>0.05), chay raki rakintaq (38.93 % y 54.49 %) (p-value<0.05) sapakamapaq.

Ñawpaq rimaykuna: wia, Soxhlet, supayuyarina, wiraq hawan kawsaynin, wiraq ukun kawsaynin, nogal nisqan.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En el Perú la producción del nogal andino se da notoriamente en la sierra del Perú, desde 2700 msnm a 3200 msnm, debido principalmente a condiciones climáticas favorables para su desarrollo y manejo de la tecnología. (Rosales, 2015)

Nuestro país importa aproximadamente el 60 % de materias primas oleaginosas que son fundamentales para la elaboración de aceites, mantecas y margarinas. (Saavedra, 1998). El consumo del aceite por persona en las zonas rurales es de 7 quintales y 12 quintales en las zonas urbanas, (Bernardini A. , 1993).

El nogal andino es nativo en Ecuador, Colombia, Perú y Bolivia, la presencia de esta especie está incrementando en el mercado internacional, en su mayor parte se exporta de Perú siendo 134 m³ exportados a los USA en 1989. Sin embargo, existe un desaprovechamiento del fruto del nogal andino por la industria maderera, generando un impacto negativo ya que se desecha la nuez con la finalidad de obtener solo el tronco y llevando casi a su extinción.

Los aceites han sido de gran importancia para la preparación de recetas culinarias desde mucho tiempo atrás, aunque existen aceites que pueden ser utilizados en la industria cosmética, estos son extraídos de semillas oleaginosas en donde se emplea distintos métodos de extracción, como es el prensado, uso de solventes, el ultrasonido, enzimático y Soxhlet.

En la industria aceitera en su gran mayoría se emplea el uso de extractores por reactivos como es el caso del equipo Soxhlet y el prensado la producción de aceite vegetal es a partir de las semillas oleaginosas, en las cuales destaca la semilla del nogal andino que presenta el omega 3 y omega 6 que estas son muy beneficiosas para el organismo humano, en principal para el fortalecimiento del cerebro y huesos.

El omega 3 en la salud humana juega un papel importante, ya que el organismo no puede sintetizarlo, por esta razón es que deben de ser consumidas a través de la alimentación diaria. Uno de los beneficios que tiene el omega 3 es que atribuye es el efecto cardio-protector, donde mejora la función inmune y el desarrollo neurológico, por esta razón en los años últimos se ha elevado la búsqueda de nuevas fuentes vegetales, que partir de ellas se puedan obtener aceites con una elevada porción de ácidos grasos de alto valor nutricional.

1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Spinella, (2015), Este trabajo se enfoca en la "Extracción de aceite mediante ultrasonido de semillas de girasol con alto contenido de esteárico y oleico". El objetivo central es analizar el impacto de diferentes variables sobre el rendimiento del aceite extraído utilizando un método asistido por ultrasonido con solventes. El nivel de humedad fue medido conforme al método estándar ASAE 1999, mientras que el procedimiento de extracción por ultrasonido se llevó a cabo según la norma IUPAC 1992. Los resultados que obtuvo el rendimiento por Soxhlet y ultrasonido por distintas temperaturas (25 °C, 30 °C, 40 °C, 50 °C, y 60 °C) (31.0 %, 33.5 %, 33.3 %, 34.0 % y 35.3 %) (25.84 %, 25.0 %, 27.67 %, 26.98 % y 27.51 %). No se observaron diferencias significativas en el rendimiento de aceite mediante la extracción asistida por ultrasonido (valor $p > 0.05$). Además, durante la fase de extracción sólido-líquido, se logró aumentar el rendimiento en los primeros treinta minutos de este proceso.

Romero, (2015), En el transcurso de su investigación sobre "Obtención del aceite vegetal de Euterpe precatoria Mart. (Asaí) mediante diferentes métodos de extracción", se llevó a cabo una evaluación exhaustiva abarcando el rendimiento y la calidad del aceite. Esto incluyó el análisis de características físico-químicas, la medición de la actividad antioxidante y la evaluación de la estabilidad del aceite. El objetivo de dicha investigación fue realizar una comparación entre el rendimiento y la calidad del aceite de Euterpe precatoria Mart., utilizando diferentes métodos de

extracción, como la prensa y el solvente. En las características químicas, realizó siguiendo los estándares de la AOAC, obteniendo los siguientes valores para densidad 0.9153 g/ml y 0.9061 g/ml, índice de refracción 1.4689 y 1.4660, índice de acidez fue de 5.1449 mg KOH/g y 9.0840 mg KOH/g, mientras que el índice de saponificación fue de 265.3865 mg KOH/g y 250.4908 mg KOH/g. Los valores del índice de yodo fueron de 133.5631 g I/100g y 136.5625 g I/100g de aceite. El porcentaje total de lípidos se estableció en un 11,5%. El rendimiento obtenido por prensa y solvente fue del 35,3%, sin que se detectaran diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos.

Arias y Lopez, (2015), en su investigación titulada “Estabilidad oxidativa y perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de lino (*Linum usitatissimum*) originario de Coronto y Otuzco, extraído mediante ultrasonido”, el objetivo principal fue establecer el índice de estabilidad y el perfil de ácidos grasos del aceite de linaza (*Linum usitatissimum*). La composición de los ácidos grasos en los aceites estudiados fue analizada utilizando cromatografía de gases conforme a las normas AOAC. Se evaluaron semillas provenientes de Coronto y Otuzco, y los resultados fueron comparados mediante ANOVA (p-valor <0.05). Los valores obtenidos para cada ácido graso fueron: ácido linolénico (72.27 ± 0.86 % y 73.30 ± 0.40 %), ácido linoleico (12.76 ± 0.69 % y 13.61 ± 0.43 %), y ácido oleico (9.29 ± 1.71 % y 6.78 ± 0.15 %) en los aceites de semilla de lino, respectivamente. Los análisis fisicoquímicos incluyeron los siguientes resultados: índice de yodo (196.02 ± 1.1 g I/kg y 195.07 ± 1.0 g I/kg), índice de refracción (1.48 ± 0.01 y 0.49 ± 0.01), y densidad (0.944 ± 0.00 g/cm³ y 0.943 ± 0.00 g/cm³) en el aceite de linaza proveniente de Coronto y Otuzco, respectivamente.

Jaimes, (2013), en su investigación “Caracterización físico-química del aceite de Linaza (*Linum usitatissimum* L.) departamento de Cajamarca, Perú”. El propósito de este estudio fue analizar las propiedades físico-químicas del aceite extraído de semillas de linaza, sometidas a cuatro diferentes métodos de molienda. Los resultados obtenidos muestran un rendimiento del 21.7%, una densidad de 0.93

g/ml ($p > 0.05$), un índice de refracción de 1.482 ($p > 0.05$), un índice de acidez entre 0.588 y 0.881 mg KOH/g de aceite ($p < 0.05$), un índice de yodo que varía entre 195.985 y 196.386 meq de oxígeno activo/Kg de aceite ($p < 0.005$), y un índice de saponificación entre 189.675 y 191.584 mg KOH/g de aceite ($p < 0.05$). El aceite de linaza del distrito de Cachachi presenta propiedades físico-químicas que garantizan una calidad superior.

Salazar, (2014), en el desarrollo de su investigación “Caracterización físico química de la semilla de sapote (*Cappares scabrida*) zona de Motupe Lambayeque”. En el presente trabajo determinó las características físico-químicas y rendimiento del aceite de almendra de la semilla de sapote. La obtención de la semilla involucró una trituration manual de las muestras, las cuales posteriormente fueron procesadas en un mortero, el siguiente paso fue someterlas a extracción en el extractor Soxhlet una temperatura de 80°C; en las características físico-químicas obtuvo como resultado: índice de acidez 7.63 %, índice de yodo 115.52 mg l/g, índice de saponificación 210.84 mg KOH/g, índice de refracción 1.47 y la densidad de 0.91, ácido oleico 27.83 %, ácido linoléico 7.04 %, ácido palmítico 18.52 % y ácido palmitoleico 8.03%. El aceite de la almendra del sapote presenta un contenido total de ácidos grasos insaturados del 44.57%, convirtiéndolo en una fuente vital e importante de ácidos grasos esenciales.

(Montenegro *et al.*, 2015), en su trabajo de investigación “Extracción y caracterización de aceite de nuez del marañón (*Anacardium occidentale L.*)”. El objetivo principal fue evaluar el rendimiento del proceso de extracción de aceite de semillas de almendras (*Anacardium occidentale L.*) y la caracterización de su caracterización de sus componentes químicos. El procedimiento fue someter la muestra obtenida a procesos de extracción mecánica o prensado para posteriormente ser sometida a diferentes intervalos de tiempo y temperatura. La combinación térmica de mayor rendimiento fue a 220 °C durante 20 minutos con 41.62 %. El análisis de las propiedades químicas determinó un índice de yodo de 90.33 mg l/g y una saponificación de 178.02 mg KOH/g.

Ortiz *et al.*, (2009), en su investigación titulada “Extracción y caracterización del aceite de semillas de zapallo (*Cucurbita moschata* Duch)”, se seleccionaron 79 pruebas preliminares basadas en el contenido de extracto etéreo (EE) de las semillas de zapallo. Luego de triturar las semillas, se realizó la extracción del aceite utilizando éter de petróleo en un equipo Soxhlet, sometiendo las muestras a un reflujo a 180 °C durante 8 horas. Posteriormente, el solvente fue eliminado por evaporación a 105 °C durante un período de 12 horas. Los resultados de la composición de los ácidos grasos revelaron: linoleico C18:2 (48.23 – 62.41 %), linolénico C18:3 (0.66 %), y en las características químicas se obtuvo un índice de acidez de 3.25 mg/g de KOH y un contenido de ácidos grasos insaturados de 55.28 %.

Paucar, (2015). En su estudio titulado “Análisis comparativo de las propiedades físico-químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado”, se analizan aceites vegetales como el aceite de sacha inchi (ASI) y el aceite de oliva (AO), los cuales contienen ácidos grasos monoinsaturados (omega-9) y poliinsaturados (omega-6), además de pequeñas cantidades de omega-3. El objetivo del estudio fue identificar y contrastar las características físico-químicas de los tres aceites para determinar cuál es el más adecuado para su consumo alimentario. Se utilizaron métodos oficiales de la AOAC para medir el índice de acidez, índice de refracción y densidad relativa. Los resultados del análisis físico-químico mostraron diferencias significativas entre los aceites. Los índices de acidez fueron de 1.08 para ASI y 1.14 para AO. Los índices de refracción a 20 °C fueron de 1.475 y 1.469 para ASI y AO, respectivamente, mientras que la densidad relativa fue de 0.9283 para ASI y 0.9152 para AO. La vida útil estimada fue de 93 días para ASI, 137 días para AO y 2 días para ACP, lo que subraya la importancia de estos aceites en la nutrición humana.

(Ramirez, 2017) En el desarrollo de su investigación “Extracción de aceite de la semilla de mango (*tommy atkins*)”. El objetivo de su trabajo es caracterizar el aceite de mango utilizando el método Soxhlet con dos tipos de solventes (hexano y

éter de petróleo) en las características fisicoquímicas y el perfil de ácidos grasos. Los análisis de las características fisicoquímicas lo determino siguiendo la NMX-F-154-SCFI-2010 y el perfil ácido graso se realizó por cromatografía de gases. Se evaluó las siguientes características fisicoquímicas en la extracción de aceite de la semilla de mango por hexano y éter de petróleo: índice de acidez (1.58 ± 0.15 y 1.54 ± 0.01), densidad (1.0251 ± 0 g/cm³ y 1.0272 ± 0 g/cm³) en los ácidos grasos: ácido oleico (39.97 ± 0.01 y 40.45 ± 0.11) ácido linoléico (4.90 ± 0.01 y 5.36 ± 0.04) y ácido linolénico (0.51 ± 0.01 y 0.58 ± 0.00)

(Chagman, 2009) En el desarrollo de su investigación “Caracterización de aceite de frutos de unguurahui (*Jessenia polycarpa*) y aguaje (*Maurita flexuosa*) de la amazonia peruana” el objetivo de su trabajo es la extracción y caracterización fisicoquímica del aceite de frutos de unguurahui (*Jessenia polycarpa*) y aguaje (*Maurita flexuosa*). Se evaluó los siguientes características fisicoquímicas: índice de acidez, índice de yodo, índice de refracción, y densidad por la AOAC según los métodos oficiales 940,28, 920,159, 921,08 y 920,212 y la determinación de ácidos grasos por cromatografía de gases según el metodo de LABS-ITP-FQ-002-98.obteniendo los siguientes valores para unguurahui y aguaje: índice de acidez (5.59 y 5,11 mg KOH/g de aceite), índice de saponificación (193,47 y 191,83 mg KOH/g de aceite), índice de yodo (85,03 y 95,30 mg I/g de aceite, índice de refracción (1,467 y 1,465) y la densidad del aceite (0.9105 y 0.9121 g/ml) y los ácidos grasos: ácido oleico (78,45 y 74,61) ácido linoléico (3,24 y 1,89) y ácido linolénico (0,89 y 1,02).

1.2. Justificación de la investigación

En la actualidad, debido al aumento en la demanda y la búsqueda de nuevas y mejores fuentes de aceites vegetales para su uso en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética, surge la necesidad de explorar nuevas opciones, como es el caso de la especie Junglas regia L.

Los aceites comestibles representan un elemento fundamental en nuestra dieta, tanto por su diversidad como por su consumo. Para ello han utilizado diversas fuentes para la obtención de aceites de semilla y frutos oleaginosos como oliva, girasol, de soja, de algodón, colza, canola, entre otros, cada una de estos sustratos proporciona aceites de diferentes características, y el rendimiento puede variar de acuerdo a la composición de la oleaginosa. La nuez del nogal andino es consumida en fresco, esta tiene un alto potencial en cuanto a su contenido de aceite, por lo cual podría ser una alternativa para la industria.

El omega 3 presente en el nogal andino se convierte en prostglandinas, sustancias con un papel importante en la regulación de los sistemas cardiovascular, inmunológico, digestivo y que tienen efectos antiinflamatorios. Los ácidos grasos omega 3 y omega 6 son poliinsaturadas que aparecen como aceites que se encuentran en menor proporción en semillas y aceites vegetales como lino, soja, zapallo y nueces (Medina M. , 2010)

La importancia de este trabajo es en primer lugar evaluar las características físicas, químicas y rendimiento de aceite del nogal andino por dos diferentes métodos. El desarrollo de este conocimiento ayudará a aumentar el valor agregado del producto, como el aceite de nogal andino, lo que beneficiará a la población que lo cultiva y que depende de esta fuente de ingresos para su sostenimiento económico. El presente trabajo determinara cuál de los dos métodos es el más óptimo para identificar el rendimiento, características físicas y características químicas.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Problema general

¿Cuál es el método más adecuado para extraer aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) en función a sus características físicas, características químicas y rendimiento?

Problemas específicos

¿Cuál es el método más adecuado para extraer aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) en función a sus características físicas?

¿Cuál es el método más adecuado para extraer aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) en función a sus características químicas?

¿Cuál es el método más adecuado para extraer aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) en función a su rendimiento?

1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Hipótesis general

El método para extraer aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) presentan variación en función a sus características físicas, características químicas y rendimiento.

Hipótesis específicas

El método para extraer aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) presentan variación en función a sus características físicas.

El método para extraer aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) presentan variación en función a sus características químicas.

El método para extraer aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) presentan variación en función a su rendimiento.

1.5. FORMULACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Variables de entrada y salida

| Variables Independiente | Variables dependientes | | |
|--|-----------------------------|----------------------------|-------------|
| | Características físicas | Características químicas | Rendimiento |
| • Método Soxhlet • Método ultrasonido | • Color | • Índice de refracción | % |
| | • pH | • Índice de yodo | |
| | • Densidad | • Índice de saponificación | |
| | | • Índice acidez | |
| | • Ácidos grasos principales | | |

1.6. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo general

Comparar el método más adecuado para extraer aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) en función a sus características físicas, características químicas y rendimiento.

Objetivos específicos

Determinar el método más adecuado para extraer aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) en función a sus características físicas

Determinar el método más adecuado para extraer aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) en función a sus características químicas.

Determinar el método más adecuado para extraer aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) en función a su rendimiento.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Nogal

A. Nombres comunes

Nogal, tocte (Perú y Ecuador), cedro negro. Cedro nogal, nogal bogotano (Colombia), nogal andino Bolivia. Mendez (2000)

B. Clasificación taxonómica

Reino: plantae

Division: Magnoliophyta

Clase: Magnolioopsida

Orden: Fagales

Familia: Junglandaceae

Subfamilia: Junglandoideae

Tribu: Junglandaeae

Género: Junglans

Especie: regia L.

Fuente: Rojas y Torres (2008)

C. Descripción botánica

Según Chusquillo (2014) define que:

Árbol: planta arbórea de crecimiento secundario monoica que llega a una altura de 20 a 30 metros con un diámetro de 40 a 60 centímetros; fuste recto de crecimiento simpodico libre de ramificación hasta un 50 por ciento de altura; copa de forma irregular, que alcanza hasta 6 metros de ancho y de follaje ferruginoso. La corteza se caracteriza por ser de color gris oscuro, con una textura áspera y fuertemente agrietada, presentando grietas longitudinales pronunciadas.

Flores: Estas flores tienen la característica de ser de color verde pardusco, además aquellas que nacen cerca de un año atrás, tienen insertas sobre sus ramillas. En

cuanto a las flores femeninas, estas se agrupan en 5 y además son solitarias, finalmente su receptáculo floral presenta un perigono de unos 3 o 4 dientes, dicho perigono es pequeño.

Hojas: relativamente grandes, caducifolias imparipinnadas compuestas y alternas presentan un color verde opaco son glabras y de olor desagradable, estas a su vez son muy ricas en taninos, Similar a las otras partes de la planta, también comparten esta característica.

Los foliolos, que varían de cinco a nueve, son ovalados, enteros, con pecíolos cortos, dispuestos en forma opuesta o casi opuesta. Tienen una longitud que oscila entre 6 y 12 centímetros, y un ancho de 3 a 6 centímetros.

Fruto: La drupa es de gran tamaño y presenta un mesocarpio carnoso (Figura 1) junto con un endocarpio duro (Figura 2). El endocarpio se caracteriza por estar arrugado en dos valvas, y en su interior, se divide de manera incompleta en dos o cuatro celdas. La semilla es vi o tetra lobular y tiene varios hoyos

Figura 1

Nuez de nogal andino en estado verde



Figura 2

Nuez del nogal andino



2.1.1. Composición química del nogal

Gordillo, (2015) indica que la semilla de nogal andino es un alimento sumamente nutritivo, con un elevado valor calórico que oscila entre 662,5 y 688 kcal por cada 100 gramos. Además, las semillas contienen diversas vitaminas que contribuyen a su valor nutricional.

Tabla 2

Composición química de la semilla del nogal andino

| | |
|---------------------|-----------------------|
| Agua | 4 % |
| Hidratos de carbono | 15 % (fibra 5 %). |
| Proteínas | 15 % |
| Lípidos | (ácido linoleico 30%) |
| Sodio | 4 mg/100 g |
| Potasio | 4mg/100 g |
| Calcio | 80 mg/100 g |
| Fosforo | 400 mg/100 g |
| Hierro | 2 mg/100 g |
| Vitamina B1 | 0,3 mg/100g |
| Vitamina B2 | 0,3 mg/100g |

Fuente: Gordillo, (2015)

2.1.2. Distribución del nogal andino

El nogal es una especie de árbol nativa de países como Ecuador, Colombia, Perú y Bolivia. Se desarrolla en altitudes que varían entre los 2700 y 3500 metros sobre el nivel del mar. Tiene la capacidad de adaptarse a precipitaciones anuales que van de 800 a 2000 mm, y a temperaturas que oscilan entre los 12 y 18 °C. Comúnmente, crece en bosques deciduos y semideciduos. Este árbol prefiere suelos profundos, con una textura que puede ser desde franca hasta arenosa, bien drenados, y con un pH que oscila entre neutro y ácido. Chusquillo (2014).

2.1.3. Floración y fructificación del nogal andino

Según Méndez (2000) menciona que:

Floración

Durante la estación lluviosa a lo largo de su rango de distribución natural, se observa el proceso de floración. (p.18)

Frutos

A partir de los ocho años, el nogal comienza a producir frutos, los cuales maduran entre los meses de junio a septiembre en su área de distribución natural. (p.18)

Semillas

Las semillas presentan una forma oblonga, con dimensiones que oscilan entre 30 y 35 mm de longitud y de 30 a 32 mm de diámetro, más o menos comprimida, tiene un color café oscuro y negro, en sentido longitudinal tienen surcos profundos. El embrión tiene una disposición recta y ocupa todo el espacio interior de la semilla, este viene a ser de color a grisáceo; tiene dos cotiledones gruesos, grandes, encarnados y aceitosos. Carecen de endospermo y la radícula es corta. (p.18)

2.1.4. Recolección

Entre los meses de agosto a octubre es cuando los frutos alcanzan su madurez y comienzan a caer naturalmente, siendo recolectados directamente del suelo. (Gordillo, 2015).

2.1.5. Procesamiento de frutos

Luego de ser recolectados los frutos, son amontonan y cubiertos con paja húmeda y tierra para que el mesocarpio se descomponga (25 días aproximadamente); y se lavan los sobrantes del fruto y se colocan a la radiación solar durante dos días quedando solo la nuez. (Gordillo, 2015).

2.1.6. Análisis nutricional

Junglans regia L. es considerado uno de los frutos con mayor contenido en hierro, que se asimila fácilmente por la presencia de vitamina C.

Tabla 3

Composición nutricional de la semilla del nogal andino

| Valor nutricional por cada 100 g de materia seca | |
|---|-----|
| Lípidos (%) | 66 |
| Proteínas (%) | 18 |
| Potasio (mg) | 500 |
| Fosforo (mg) | 350 |
| Calcio (mg) | 100 |
| Sodio (mg) | 3 |
| Hierro (mg) | 3 |
| Calorías (Kcal) | 678 |
| Vitaminas: E,A,C, niacina, tiamina y riboflavina | |

Fuente: Rosales, (2015)

2.2. Aceites

Según Desca (2010), Es un compuesto orgánico derivado de diferentes partes de plantas o semillas. Algunos de estos aceites, como los obtenidos del ricino o del algodón, no son aptos para el consumo humano.

Los aceites son mezcla homogénea de una consistencia especial, solubles en disolventes apolares, insoluble en agua y que ha formado parte de los alimentos, de manera conocida y distinguida por la humanidad, desde tiempos prehistóricos (Graciani, 2006). Asimismo, en la dieta animal como en la humana son reconocidos como nutrientes esenciales tanto, encontrándose alrededor de 9 Kcal/g, aportando ácidos grasos esenciales, (Torres, 2006).

El aceite de girasol entre la variedad de aceites y grasas ocupa el primer lugar que son consumidos en el mundo (Beauregard, 1995) además nuestro país representa tiene un mayor volumen de importación en aceites vegetales como apreciamos en la tabla 4.

Tabla 4*Importaciones de aceite en los años 2000 – 2004 (toneladas)*

| Aceites | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Aceites de girasol crudo | 7.6 | 10.2 | 10.5 | 8.6 | 7.2 |
| Aceite de soya crudo | 107.9 | 173.5 | 209.2 | 195.5 | 212.1 |
| Aceite de girasol refinada | 15.7 | 14.0 | 739 | 185 | 341 |
| Aceite de soya refinado | 14.9 | 23.1 | 30.5 | 27 | 19.4 |

Fuente: INEI (2005)

2.2.1. Aceites vegetales

Los aceites vegetales comestibles son obtenidos de fuentes vegetales considerados como productos alimenticios, que están conformados principalmente por glicéridos de ácidos grasos obtenidos. Es posible que contengan otros lípidos en cantidades reducidas, como fosfolípidos, constituyentes insaponificables y ácidos grasos libres, que se encuentran de forma natural en la grasa o el aceite. (CODEX STAN 210, 1999)

(Gallegos, 2003) Este señalamiento indica que la mayoría de los aceites vegetales disponibles en el mercado provienen de semillas oleaginosas. Estos aceites ofrecen amplias posibilidades para su utilización en la alimentación humana. Torres, (2006). Los niveles de ácidos grasos en una semilla oleaginosa están determinados por las condiciones a las que está expuesta durante su fase de crecimiento.

Los aceites vegetales además están constituidos por otros componentes, entre los más importante son los tocoferoles o Vitamina E son, que protege al aceite de volverse rancio y esta actúa como antioxidantes. De alguna manera en su gran mayoría los aceites se pueden realizar modificaciones durante el proceso para extender su estabilidad y a su vez la solidificación mejorando la calidad o

funcionalidad. Como productos finales significa que cada uno de los aceites tiene un gran potencial (Torres, 2006. P. 96). Actualmente este procedimiento se lleva a cabo mediante la extracción con disolvente. En el pasado, se llevó a cabo sobre todo por la aplicación de grandes presiones sobre las diferentes semillas o frutos oleaginosos.(Lawson, 1999).

2.2.2. Extracción del aceite

Existen numerosos métodos por donde se extraen aceites de semillas oleaginosas, se emplean diversos métodos, siendo dos de los más utilizados a nivel industrial la extrusión y la extracción por solventes. En los diferentes tipos de semillas oleaginosas existen diferentes procedimientos y estas a su vez pueden variar ligeramente en los procesos que tienen los aceites los cuales son muy similares a la grasa, asimismo; la diferencia que existe es en la fuente o tipo de semilla que se pueda emplear.

Existe un consumo significativo de aceite en distintos lugares del mundo entre ellos los más importantes son: soja, canola, semilla de algodón, maíz, coco, cacahuete, girasol, oliva, palma, maní, colza, cártamo entre otros. (Ziller, 1994)

Entre los métodos más importantes de extracción son: extracción mecánica y la extracción por solvente:

2.2.2.1. Extracción mecánica del aceite

a. Prensado discontinuo

La primera forma y prácticamente única de extraer aceites esenciales consiste en aplicar presión sobre la materia prima (oleaginoso), la cual se encuentra dentro de bolsas, telas, mallas, etc.

Existen 2 tipos de prensas, la primera es la abierta, donde la materia prima está encerrada dentro de los filtros de tela, mientras que el segundo tipo de prensa es la cerrada, donde no se usa los filtros para procesar la materia prima, en su lugar se usa algo similar a una jaula. (Bailey, 1984. P.80)

b. Prensado continuo

Usualmente se usa el Expeller, que es un aparato mecánico usado en la extracción de aceite, este aparato tiene un tornillo horizontal y un diámetro de cuerpo creciente, tiene este diseño para poder aplicar más presión sobre la materia oleaginosa mientras avanza por el tornillo.

- Existe un cilindro que envuelve el tornillo, este cilindro tiene orificios por los cuales al aumentar la presión primero se expulsa el aire y luego se obtiene el aceite.
- La última operación a realizar consiste en usar un filtro-prensador que elimina las partículas pequeñas que no fueron filtradas por las rejillas. (Shahidi, 2005. P.34).
- Las prensas continuas pueden emplearse con dos propósitos claramente diferenciados:
 - Tienen dos fines bien distintos las prensas continuas y estas pueden extraerse según la necesidad.
 - Al extraer la mayor cantidad posible de aceite de la semilla oleaginosa donde estas en una posterioridad ya no vienen a ser sometidas a ningún otro proceso.
 - Al extraer poca cantidad de aceite, la torta resultante pasa a un posterior proceso distinto al anterior con la finalidad de recuperar el aceite residual. (Ziller, 1994).

2.3.2.2. Extracción con solvente

Al extraer el aceite de un asemilla oleaginosa con un solvente viene a ser uno de los procedimientos más eficientes y puede disminuir la cantidad de aceite de las semillas oleaginosas en un 0,5 % Egan *et al.*, (1996).

El método con mayor eficiencia viene a ser el proceso con solventes y esta comienza cuando la materia oleaginosa en forma de pasta entra en relación con disolvente.

Las micelas del solvente, situadas en la superficie de la materia, se combinan al atravesar la pared celular y llegar a los cuerpos oleosos presentes dentro de las células. Estas micelas poseen la capacidad de disolver rápidamente los cuerpos grasos. Conforme continúan penetrando y solubilizando el aceite, se genera una presión interna, que es transmitida por la micela concentrada de nuevo hacia el exterior de la célula.

La micela acumulada se desplaza a través de las paredes de las células cercanas y finalmente llega a la superficie de la partícula. Cuando esta micela concentrada alcanza las capas externas del material oleaginoso, se mezcla con ellas y las concentra aún más. Este proceso continúa hasta que la concentración de micelas dentro de las células del material oleaginoso se equilibra con la concentración de micelas fuera de ellas. Tras completar la extracción, se procede a separar las partículas agotadas de las micelas concentradas con el aceite, lo que puede hacerse mediante una centrifuga o un filtro. Luego, se separan las micelas del solvente y del aceite utilizando destilación fraccionada, lo que permite recuperar tanto el aceite como el solvente por separado. (Shahidi, 2005.p. 40).

El proceso de extracción por solventes se realiza por:

- **Inmersión:** Introducir la semilla dentro del solvente realizando una agitación permanente.
- **Percolación:** Proceso que consiste en rociar el solvente sobre toda la masa, pero no llenar los espacios entre las semillas, la percolación será buena si se logra envolver todas las semillas con una capa de líquido que cambia constantemente (Bernardini, 1993).
- **Mixto:** Se sumerge y se lava la nuez. La extracción por inmersión se lleva a cabo cuando la masa de la semilla está completamente sumergida en el solvente, incluso si se encuentra en movimiento.

Los factores que influyen en la extracción son:

- Según el tipo de semilla oleaginoso la cantidad de solvente varía.

- Temperatura del solvente: Si la temperatura aumenta, la extracción del aceite es más asequible.
- Tipo de solvente: el solvente más eficiente es el hexano, éter de petróleo, es necesario que los aceites vegetales sean altamente puros, ya que son para consumo de las personas, además estos se pueden recuperar cerca de 90%. (Ziller, 1994).

2.3.3. Clasificación del aceite

Existen 2 tipos de aceite.

- **Aceites crudos:** obtenidos con el prensado en frío, como máximo 30°C, se mantiene el sabor de la semilla o fruto de los que son extraídos. (Paez, 2011).

Los aceites crudos con mayor éxito comercial son el de oliva y girasol, siendo la mayor parte de este último refinado. Otros aceites crudos son de semillas como alazor, uva, calabaza, mientras que otros son de frutos secos como nuez, almendras, avellana, etc.

- **Aceites refinados:** Un aceite refinado no tiene olor, organolépticamente su sabor es neutro, se ve limpio y con color adecuado, además ayuda en lograr una mejor conservación y es más seguro para el consumo humano. (Rojas, 2011).

2.3.4. Composición del aceite

Todos los aceites de origen vegetal son mezclas de ésteres de ácidos grasos de glicerol. Algunos de estos ácidos grasos son altamente característicos del fruto o semilla del cual se extrajeron, proporcionando así propiedades únicas y perfiles aromáticos específicos a cada tipo de aceite. (Martinez, 1980)

Las grasas y aceites son sustancias de origen vegetal y animal compuestas por ésteres de propanol, glicerol o glicerina, y ácidos grasos, comúnmente llamados

triglicéridos. Cuando estos compuestos están en estado líquido a temperatura ambiente, se les denomina aceites; mientras que, si se encuentran en estado sólido bajo las mismas condiciones, se les conoce como grasas, mantecas o sebos. Los ácidos grasos representan entre el 94% y el 96% del peso total de las moléculas del aceite. Los aceites obtenidos de semillas oleaginosas, como el de palma y el de oliva, tienen como principales componentes ácidos grasos como el palmítico, oleico y linoleico. Además, las grasas incluyen pequeñas cantidades de otros lípidos llamados insaponificables, que no pueden ser hidrolizados en ácidos grasos. En la mayoría de los aceites naturales, el contenido de materia insaponificable suele variar entre el 0.5% y el 2.6%. (Trevejo, 2002).

2.3.5. Características físicas del aceite

El aceite posee características físicas definidas por el lugar de procedencia, la semilla, tamaño de cadena de carbono, etc. dichas características son susceptibles a medición, y se las llama índice de genuinidad, además guardan estrecha relación con la naturaleza de los lípidos. (Lawson, 1999).

a) Densidad

Esta magnitud es la cantidad de masa dentro de un volumen determinado, no existe mucha diferencia entre la densidad de las grasas y los aceites en estado líquido, sin embargo, la densidad es afectada por el grado de insaturación y el peso medio, estos últimos medidos por el índice de yodo e índice de saponificación respectivamente. (Diaz, 1982).

b) pH

El pH es la medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia y refleja la concentración de iones de hidrógeno en una solución. Badui, (2006).

2.3.6. Características químicas del aceite

a) Índice de refracción

Para una grasa o aceite, el índice de refracción es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio. Este índice es útil para regular la hidrogenación de aceites grasos. Un índice de refracción disminuye en aceites con ácidos grasos libres y aumenta en aceites que han sido oxidados. Se emplea para identificar y establecer niveles de pureza de los aceites. (Ziller, 1994).

b) Índice de acidez

Según (Lawson, 1999), es el mg de hidróxido de potasio que se necesita para neutralizar 1 gramo de materia de grasa, sirve para saber si la hidrólisis fue acelerada debido al exceso de temperatura, por efecto de la presión o debido al exceso de agua. Este índice mide la calidad y frescura del aceite, también mide precisamente su alteración por hidrólisis (Trevejo, 2002).

Algunas enzimas hacen que la acidez se incremente, el desdoblamiento de los ácidos glicéridos libera nuevos ácidos grasos (Cavitch, 2003).

c) Índice de yodo

Es la medida del índice de yodo de sus dobles enlaces, eso significa que mide la estabilidad oxidativa. (Lozano, 1997), indica que este índice es propio de los ácidos grasos con doble enlace, por ejemplo, linolenico, linoleico, oleico, etc.

d) Índice de Saponificación

La saponificación es un proceso químico que consiste en la hidrólisis de un éster, generando un alcohol, un ácido o una sal. En el caso de las grasas, la reacción entre una base fuerte (álcali) y una grasa da lugar a la formación de jabón. En este proceso, los ésteres de ácidos grasos presentes en las grasas reaccionan con el álcali para producir glicerol y sales de ácidos grasos, que constituyen los principales componentes del jabón. (Pearson, 1981)

Este índice mide la cantidad de álcali, generalmente hidróxido de potasio (KOH) o hidróxido de sodio (NaOH), requerida para saponificar una cantidad

determinada de grasa. Se expresa comúnmente como la cantidad de miligramos de hidróxido de potasio necesario para saponificar 1 gramo de grasa. (Badui, 2006).

e) **Ácidos grasos**

Los ácidos grasos son ácidos orgánicos monocarboxílicos cuya estructura química está dominada por los elementos carbono, oxígeno e hidrógeno. Se originan de manera natural en animales, seres humanos y plantas. Su presencia y función son esenciales para varias funciones biológicas, como el almacenamiento de energía, la formación de membranas celulares y la regulación de procesos metabólicos. Badui, (2006). Pag. 248.

- **Omega 3:** El ácido linolénico, también conocido como ácido linolénico, es un ácido graso esencial. Muchos ácidos grasos, especialmente los esenciales, no pueden ser sintetizados por el cuerpo humano y deben ser obtenidos a través de la dieta diaria. Estos ácidos grasos esenciales son cruciales para diversas funciones del organismo, incluyendo el crecimiento y el mantenimiento de la salud de la piel.(Lawson, 1999).

Algunos ejemplos de ácidos grasos esenciales incluyen el ácido linoleico y el ácido alfa-linolénico, que desempeñan roles vitales en procesos biológicos fundamentales. La ingesta adecuada de estos ácidos grasos es esencial para el bienestar general del cuerpo humano

- **Omega 6:** El ácido linoleico, un ácido graso omega-6, es esencial para el organismo y se encuentra en aceites vegetales, semillas y nueces. Este ácido graso es crucial para el desarrollo del cerebro y del sistema nervioso central, además de jugar un papel importante en la salud celular y en la regulación de la inflamación. Incluir suficientes fuentes de ácido linoleico en la dieta es vital para asegurar su función en el cuerpo (Gomez, 2013). También contribuye a la reducción de la presión arterial, la relajación de los vasos sanguíneos y el mantenimiento del equilibrio hídrico. Además, ayuda en el control de la inflamación y el dolor, facilita el

funcionamiento de la insulina, y mejora la función nerviosa e inmunológica, siendo esencial para el equilibrio de la glucosa en sangre. Una ingesta adecuada de grasas omega-6 es crucial para la producción de las prostaglandinas necesarias en el cuerpo.(Holford, 2015).

La carencia de Omega 6 durante el embarazo puede tener graves repercusiones en la salud del bebé, manifestándose en diversas dificultades como el desarrollo deficiente, escasez de cabello, problemas cutáneos, propensión a la diarrea y una posible deficiencia en el apetito para generar energía. (Holford, 2015).

Los ácidos esenciales, como el linoleico y el linolénico, son fundamentales para la integridad de las membranas celulares, especialmente en el tejido nervioso. Además, desempeñan un papel esencial en el transporte del colesterol en forma de éster insaturado y participan en la biosíntesis de prostaglandinas. (Gomez, 2013).

f) Lípidos

Estas sustancias son insolubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos como cloroformo, hexano y éter de petróleo. En su composición química, están formadas principalmente por carbono, hidrógeno y oxígeno, constituyendo cadenas hidrocarbonadas o aromáticas. Además, en su estructura también pueden contener fósforo y nitrógeno. Badui, (2006). Pag. 245.

2.3.7. Método de extracción por Soxhlet

La extracción por el sistema Soxhlet utiliza un solvente en estado líquido que, al alcanzar su punto de ebullición, se convierte en vapor bajo una presión atmosférica determinada. Los componentes de la muestra se extraen debido a la diferencia de concentración entre el solvente y la muestra. El vapor de la solvente condensa en un recipiente, y el proceso se repite, permitiendo una extracción eficiente de los compuestos deseados. (Gomez, 2013)

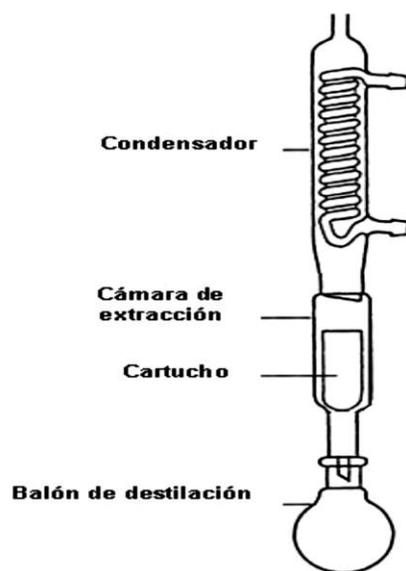
El sistema Soxhlet es muy usado en la extracción de aceites de semillas

oleaginosas. El sistema Soxhlet consta de varios componentes clave: un balón que contiene el solvente orgánico utilizado para generar vapor, un tubo de extracción Soxhlet donde se coloca la muestra en un cartucho de material celulosa, y un condensador que enfría el vapor y lo devuelve al balón en forma líquida. Este diseño permite la extracción continua y eficiente de los componentes de la muestra.

Luego de la evaporación del solvente orgánico, este se condensa y se precipita en el tubo soxhlet, en dicho tubo extrae el aceite que estaba en la muestra, todo esto hasta que el tubo se encuentra lleno, una vez lleno el tubo, es sifoneado hacia el balón que contiene el solvente, este proceso se repite hasta extraer en su totalidad el aceite que contiene en su interior. (Garcia, 2014).

Figura 3

Esquema de un extractor Soxhlet.



a. Ventajas

- La muestra y el disolvente están en contacto íntimo y repetido, lo que mejora significativamente el proceso de extracción al utilizar un disolvente limpio de

manera continua. Este contacto constante permite una extracción más eficiente de los componentes deseados de la muestra.

- El disolvente se obtiene a través de una condensación, posteriormente se encuentra en estado líquido y caliente, lo que favorece la solubilidad del analítico.
- No es necesario llevar a cabo una filtración adicional. El disolvente orgánico se evapora, dejando únicamente el analítico.
- Se destaca por su alta capacidad de recuperación y por la simplicidad de la instrumentación utilizada.

b. Desventajas

- Este proceso es sumamente lento y no puede acelerarse.
- Es necesario emplear una gran cantidad de disolvente.
- Es imprescindible llevar a cabo una etapa final de evaporación para eliminar el disolvente del extracto. (García, 2014)

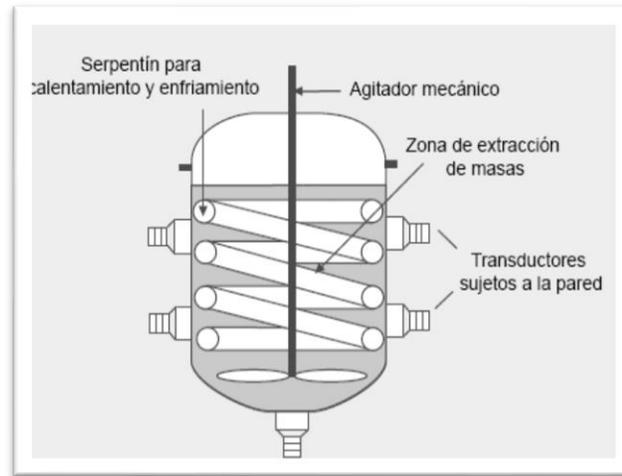
2.3.8. Método Extracción por ultrasonido

La extracción por ultrasonido se fundamenta en la utilización de energía de alta frecuencia, imperceptible para el oído humano. Estas vibraciones se propagan en el medio, generando expansión y compresión del material. Este movimiento oscilatorio da origen a burbujas o cavidades en el líquido, donde, debido a las ondas, la temperatura aumenta, provocando la ruptura de la tensión superficial. Este fenómeno favorece la solubilidad y penetración del solvente en el material vegetal. (Fuentes, 2013).

La extracción por ultrasonido mejora la transferencia de masa entre el sólido y el solvente, empleando la difusión a través de la pared celular y la convección en los poros del sólido como mecanismos de transporte. Las partículas sólidas y líquidas experimentan una vibración y aceleración constantes, facilitando el rápido paso del soluto desde la fase sólida hacia el solvente. (Fuentes, 2013).

Figura 4

Esquema del sistema de extracción por ultrasonido



Ventajas y desventajas del uso de ultrasonido (Nollet y Grob, 2006)

Entre las *ventajas* del uso de esta técnica están:

- Obtención de muestras de manera rápida.
- Operación a presiones bajas.
- Supervisión y regulación de todos los factores durante el proceso de extracción.
- Es una técnica sencilla.
- Procesado de varias muestras.
- Las desventajas que representa la extracción con ultrasonido:
- Podría ser necesario realizar la extracción, ya que en ciertos casos los resultados deseados pueden no obtenerse.
- La eficacia de la extracción puede verse afectada por el envejecimiento de la superficie de la sonda.
- El tamaño de la muestra es un factor crítico.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y METODOLOGÍAS

3.1. Lugar de ejecución

Este estudio se realizó en los laboratorios de control de calidad, química y física de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas. Dichos laboratorios se encuentran en la Unidad Vecinal de Santa Rosa, en el Distrito de Talavera, Provincia de Andahuaylas, Región Apurímac.

El análisis de las propiedades físicas, como la densidad y el pH, del aceite de nogal andino extraído mediante los métodos Soxhlet y Ultrasonido, se realizó en el laboratorio de química de la Universidad Nacional José María Arguedas.

Los análisis para las características químicas que incluyendo el índice de refracción, índice de acidez, índice de yodo, índice de saponificación y porcentaje de lípidos, del aceite de nogal andino obtenido mediante los métodos Soxhlet y Ultrasonido, se llevaron a cabo en el laboratorio fisicoquímica de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)

El análisis de los ácidos grasos (Omega 3, Omega 6 y Omega 9) del aceite de nogal andino que fue extraído mediante los métodos Soxhlet y Ultrasonido fueron desarrollados en el laboratorio de cromatografía de gases de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC).

3.2. Materiales, instrumentos y equipos

Tabla 5

Materiales

| Cantidad | Materiales | Marca |
|-----------------|-----------------------------|--------------|
| 04 | Vaso precipitado de 100 ml | DURAN® |
| 04 | Vaso precipitado de 600 ml | DURAN® |
| 03 | probeta de 100 ml. | DURAN® |
| 04 | Bureta 25 ml | STRIPLAN |
| 03 | Pipetas de ml. | DURAN® |
| 03 | Pro pipeta | DURAN® |
| 02 | Matraz de Erlenmeyer 100 ml | DURAN® |
| 08 | Frascos de vidrio | DURAN® |
| 08 | Tubos de ensayo | DURAN® |
| 01 | Balanza analítica | KERN |
| 02 | Erlenmeyer (250 ml) | DURAN® |

Tabla 6

Instrumentos para el desarrollo de la investigación

| Cantidad | Instrumentos | Marca |
|-----------------|----------------------------------|--------------|
| 01 | pH-metro | LABORTECH |
| 01 | Acidómetro | HANNA |
| 01 | Termómetro digital (0-100 °C) | ALQUIMIA |

Tabla 7

Equipos para el desarrollo de la investigación

| Cantidad | Equipos | Marca |
|-----------------|-------------------|--------------|
| 01 | Balanza analítica | KERN ABS/ABJ |
| 01 | pH-metro digital. | ROHS |
| 01 | Equipo soxhlet | NORMAX |
| 01 | Potenciómetro | HAMMA |
| 01 | Estufa | BINDER |
| 01 | Ultrasonido | |

Tabla 8*Materia prima*

| Cantidad | Unidad | Materia prima | Marca |
|-----------------|---------------|----------------------|--|
| 10 | Kilos | Nogal | Proveniente de la cosecha de agosto del 2018 |

Tabla 9*Reactivos*

| Cantidad | Unid de medida | Reactivo |
|-----------------|-----------------------|----------------------|
| 04 | Litros | Eter de petróleo |
| 04 | Litros | Hidróxido de potasio |
| 10 | ml | Fenolftaleína al 2% |
| 15 | gramos | Cloruro de sodio |
| 03 | Litros | Agua destilada |

3.2.1. Material experimental

En este trabajo se utilizó un total de 7 kilos de nueces de nogal andino (*Junglans regia L.*) en fruto, provenientes de la Av. Los Nogales, en el Centro Poblado del Chumbao, distrito de Andahuaylas, provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac.

3.2.2. Población y muestra**3.2.3. Población**

Se consideró como población a 1000 gramos de semillas del nogal andino (*Junglans regia L.*) libres de mesocarpio y endocarpio.

3.2.4. Muestra

Se *consideró* como muestra al aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) extraído por metodo Soxhlet y Ultrasonido, con tres repeticiones.

3.2.5. Unidad análisis

Se consideró el aceite del nogal andino (*Junglans regia L.*) extraído por método Soxhlet y Ultrasonido para los diferentes tipos de análisis como características físicas y características químicas.

3.3. Metodología experimental

Clasificación de la nuez del nogal andino en estudio

Se llevaron a cabo las siguientes acciones para obtener la nuez del nogal andino:

- Se recolecto el fruto del nogal andino con el mesocarpio verde.
- En seguida se amontonó, cubrió con paja húmeda y tierra con la finalidad de descomponer el mesocarpio durante 25 a 30 días aproximadamente.
- Después se lavó los frutos del nogal andino quedando solo la nuez, para exponer al sol durante 3 días aproximadamente.

3.3.1. Extracción de aceite de nogal andino por método Soxhlet.

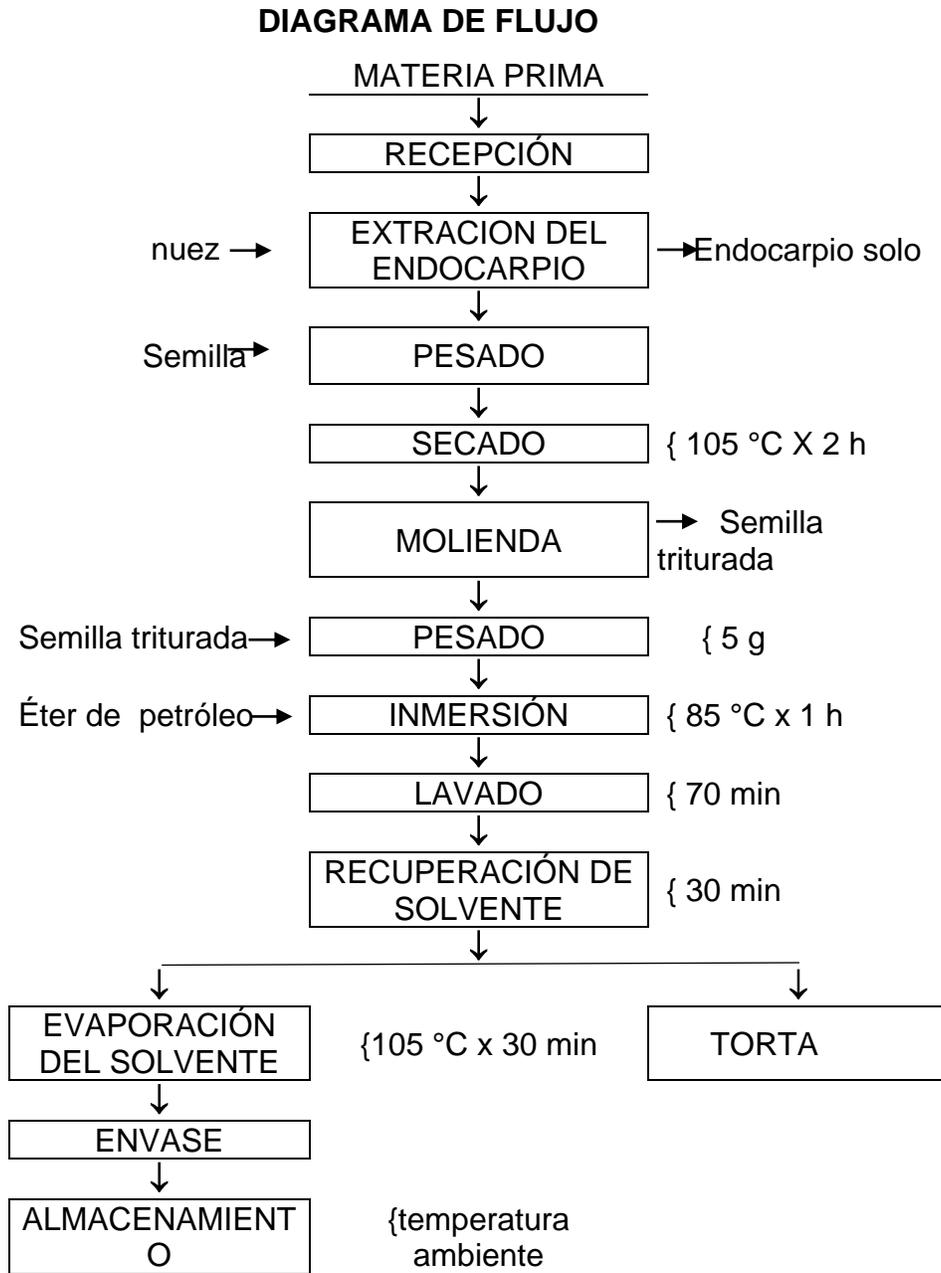
El procedimiento para la extracción de aceite del nogal se describe de la siguiente manera (Zamorano, 2005):

- **Recepción de la semilla de nogal:** Las semillas de nogal se recibieron en sacos de 25 kg, que fueron almacenados a temperatura ambiente en un lugar seco.
- **Extracción del endocarpio:** Esta operación se realizó con la ayuda de un martillo para obtener la semilla sin endocarpio para la extracción de aceite.
- **Pesado:** Se pesó para tener la cantidad exacta en una balanza analítica.
- **Secado:** Las semillas fueron sometidas a un proceso de secado en una estufa a 105 °C durante dos horas, con el objetivo de optimizar la extracción del aceite.
- **Molienda:** Esta operación se realizó utilizando un mortero y pilón, con el propósito de obtener una pasta que favorezca la ruptura de las células y facilite la liberación del aceite.

- **Pesado:** Después de pesó la muestra en pasta 5 g para luego poner al equipo Soxhlet.
- **Inmersión:** Se sometió los 5 gramos de semilla de nogal andino en 80 ml de éter de petróleo por 1 hora.
- **Lavado:** Se realizó por 70 minutos.
- **Recuperación del éter de petróleo:** Se cerraron las válvulas para que no puedan regresar a la muestra y junte en el tubo serpenteado para luego ser almacenado en otro recipiente.
- **Evaporación del solvente:** El solvente, previamente mezclado con el aceite extraído, fue evaporado en una estufa a una temperatura de 105 °C durante 30 minutos.
- **Envase:** Los envases deben ser de vidrio.
- **Almacenamiento:** Fue almacenado en un lugar fresco, seco, a temperatura ambiente y alejado de la luz solar, evitando así posibles cambios en sus características.

Figura 5

Diagrama de flujo experimental por el método Soxhlet



Fuente: Modificado de la propuesta de Zamorano (2006)

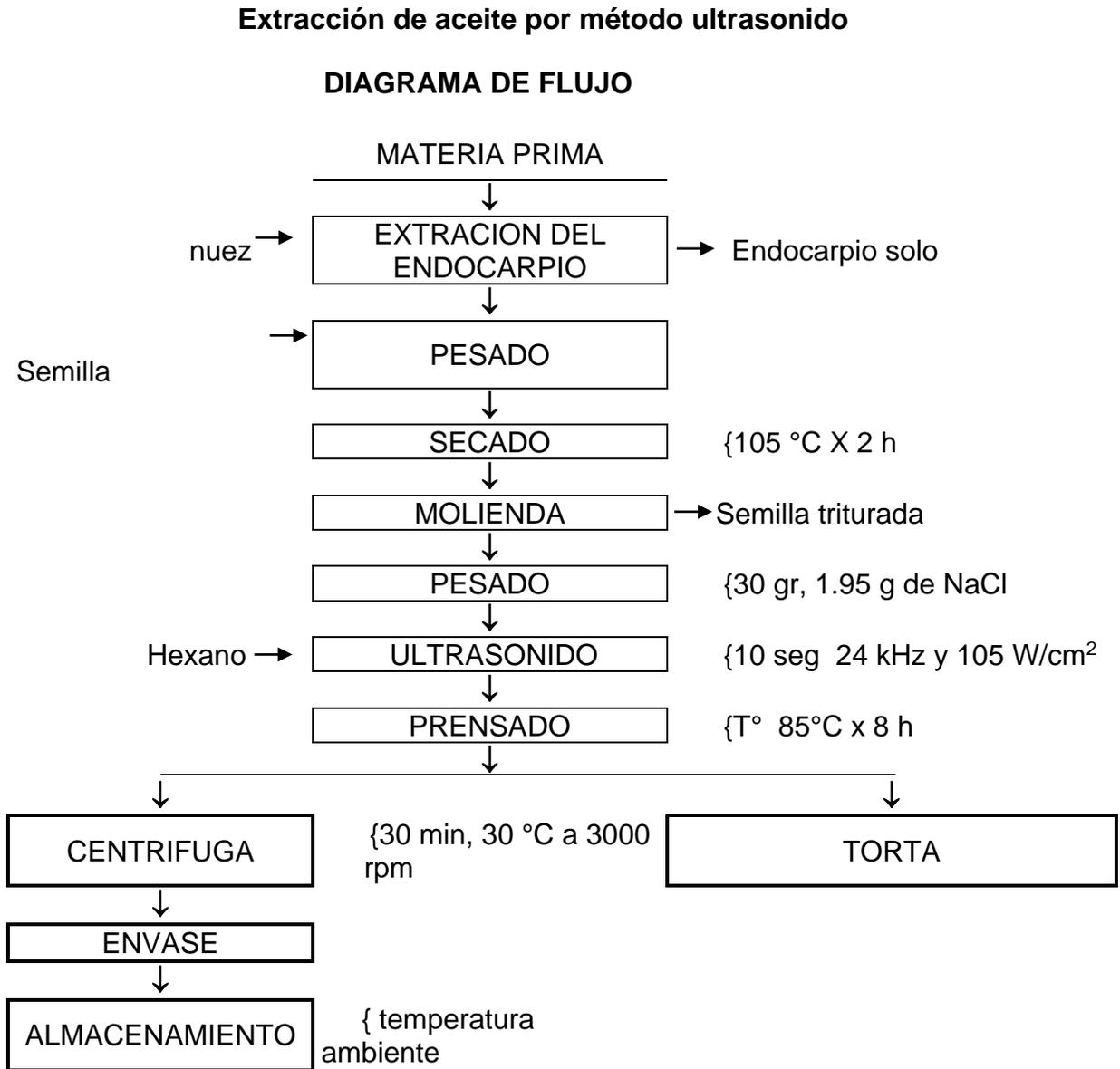
3.3.2. Obtención de aceite de nogal andino por pre tratamiento ultrasónico.

El procedimiento para la extracción de aceite del nogal se describe de la siguiente manera (Rodríguez, 2014):

- **Recepción de la semilla de nogal:** Las semillas de nogal llegaron en sacos de 25 kg, y se guardaron en un ambiente seco a temperatura ambiente.
- **Extracción del endocarpio:** Esta operación se realizó con la ayuda de un martillo para obtener la semilla sin endocarpio para la extracción de aceite.
- **Pesado:** Se pesó para tener la cantidad exacta en una balanza analítica.
- **Secado:** Se secó en una estufa a 105 °C durante dos horas para asegurar una extracción óptima del aceite.
- **Molienda:** Esta operación se realizó en un mortero usando un pilón hasta obtener una pasta, lo que permite romper las células y facilita la liberación del aceite.
- **Exposición en el equipo ultrasonido:** La semilla del nogal andino molida se pesó 30 g y se le adicionó 1.95 g de NaCl. El tiempo de exposición fue de 10 segundos en el ultrasonido en condiciones permanentes, el equipo tuvo una frecuencia 24 kHz y una intensidad de onda 105 W/cm²
- **Prensado:** Se sometió en una prensa para extraer el aceite con una temperatura de 85 °C por un tiempo de 8 horas.
- **Centrifugación:** Después de la prensa se recogió en tubos de ensayo para llevarlo a una centrifuga por 30 minutos a una temperatura de 30 °C y 3000 rpm
- **Envasado:** En un recipiente de vidrio limpio y seco.
- **Almacenado:** Se almacenó fuera de radiación solar y temperatura ambiente.

Figura 6

Diagrama de flujo experimental de extracción de aceite por ultrasonido



Fuente: Modificado de la propuesta de Rodriguez (2014)

3.4. Métodos de análisis experimental

3.4.1. Características físicas del aceite de nogal andino

- a) Determinación de la densidad relativa según (CODEX STAN 210, 1999).**

La densidad relativa de los aceites se midió conforme a la Norma CODEX para aceites vegetales. Para ello, se realizó la pesada del picnómetro en tres etapas: primero cuando estaba vacío, luego cuando estaba lleno de agua, y finalmente cuando contenía cada muestra de aceite. Estas mediciones se efectuaron utilizando una balanza analítica modelo MOD-LX220A con una precisión de $\pm 0,0001$.

El cálculo se realizó de acuerdo a la ecuación:

$$\rho_{r_{aceite}} = \frac{W_m}{W_a} \quad Ec. 01$$

Donde:

W_m : Es la masa del aceite (muestra).

W_a : Es la masa de agua en el picnómetro.

- b) Determinación del potencial hidrogeno (pH) según (AOAC, 1995)**

Para determinar el pH, se calibró inicialmente el potenciómetro utilizando Buffer pH 4.01, pH 7.0 y pH 9.01. Luego, se llevó a cabo la medición del pH del aceite extraído del nogal andino utilizando dos métodos distintos.

- ✓ Se colocó la muestra en un vaso de precipitación y se mantuvo a una temperatura de 20°C.
- ✓ La membrana de vidrio del pH-metro se sumergió en la muestra.
- ✓ Se registró la lectura una vez que la medida en la pantalla del pH-metro se estabilizó."

3.4.2. Evaluación de características químicas del aceite

a) **Determinación de índice de refracción según (AOCS 28 Cc-7-25, 2002)**

Se empleó un refractómetro digital Rudolph Research modelo J157, que fue previamente calibrado con agua destilada a una temperatura de 23°C. Para obtener las lecturas se usó un prisma sobre el cual se puso una gota de aceite y se tomó nota hasta la cuarta cifra digital.

b) **Determinación del índice de acidez según (AOCS Ca 5a-40, 1997)**

Se realizó la medida de la acidez de la muestra de aceite extraído del nogal andino, para lo cual se realizó 2 métodos diferentes usando una sustancia alcalina.

Se utilizó un vaso de precipitados en el que se depositaron 5 g de aceite, los cuales se disolvieron en 50 ml de una mezcla de alcohol y éter, realizando una agitación intensa. A continuación, se añadió 5 ml de una solución de fenolftaleína al 1% y se llevó a cabo la valoración con una solución de KOH 0,5 N.

Para esta valoración, se empleó la fórmula que se indica a continuación

$$\text{índice de acidez} = \frac{V \times N \times 56.1}{\text{Peso en gramos de muestra}} \quad \text{Ec. 02}$$

Donde:

V= Volumen en ml de la solución álcali utilizada.

N= Normalidad de la solución KOH.

c) **Determinación de índice de yodo según (ISO 3961, 1996)**

Se pesaron alrededor de 0.2 g de aceite y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 500 ml, donde se disolvieron cuidadosamente en 10 ml de cloroformo. A continuación, se añadieron 25 ml de solución Wijs a la mezcla, que

se dejó reposar durante 1 hora en oscuridad, agitando ocasionalmente.

Tras este tiempo, se añadieron 20 ml de una solución de yoduro de potasio (KI) al 15 % mientras se mantenía una agitación continua. Luego, se incorporaron 100 ml de agua que había sido recién hervida y enfriada. Se tituló el yodo agregando gradualmente una solución de tiosulfato de sodio al 0.1 N hasta que el color amarillo característico desapareció. Finalmente, se añadió 1 ml de un indicador y se continuó la titulación hasta que el color azul se desvaneció completamente.

$$\text{índice de yodo} = \frac{(V - V') \times N \times 12,67}{\text{peso de muestra}} \quad \text{Ec. 03}$$

Donde:

V = Volumen de tiosulfato de sodio 0,1 N, ml, consumido en el ensayo.

V' = Volumen de tiosulfato de sodio 0,1 N, ml, consumido en el blanco.

N = Normalidad de la disolución de tiosulfato de sodio

d) Determinación de índice de saponificación según (AOAC 920.160, 1997)

En un balón debidamente acondicionado y pesado, redondo y de fondo plano, se depositó 3 gramos de aceite de nogal andino.

Se agregaron 25 ml de potasa alcohólica al aceite, y el fondo del balón se cubrió con perlas de ebullición.

Se llevó a cabo un proceso de reflujo a ebullición constante durante 2 horas, continuando hasta que la solución estuviera limpia y homogénea.

Se realizó agitación periódica y se agregó agua destilada antes realizar la desconexión del condensador. Posterior a ello se agregó 1 ml de solución indicadora de fenolftaleína.

Se tituló caliente la excedencia de KOH con HCL 0.5 N hasta lograr el punto de equivalencia, al mismo tiempo fue hecho un ensayo en blanco igualmente que para la muestra.

Los resultados son el índice de saponificación, calculados por la formula mostrada a continuación:

$$\text{indice de saponificacion} = \frac{(V_{HCl b} - V_{HCl m}) \times N_{HCl} \times P_{eq KOH}}{m_m} \quad Ec. 04$$

Donde:

$V_{HCl b}$ = volumen de HCl gastado en la titulación del blanco en mililitros.

$V_{HCl m}$ = volumen de HCl gastado en la titulación de la muestra en mililitros.

N_{HCl} = normalidad de la solución HCl

$P_{eq KOH}$ = peso equivalente del KOH (56,1 g/equiv.)

m_m = peso de la muestra (aceite) (g).

e) Determinación composición de ácidos grasos según el método estándar (AOAC-996.06, 2016)

El análisis de los ácidos grasos se realizó mediante cromatografía de gases utilizando un equipo TRACE Ultra de Thermo Fisher Scientific Inc. Este equipo contaba con una columna capilar TRACE TRFAME, compuesta por un 70% de polisilfenileno-siloxano de cianopropilo, con dimensiones de 100 m x 0,25 mm x 0,20 μ m. Se utilizó helio como gas portador, con una velocidad de flujo de 1,2 ml/minuto."

La temperatura de la columna se programó de la siguiente manera: comenzó a 100 °C, temperatura que se mantuvo durante 4 minutos, y luego se incrementó a 240 °C a una tasa de 3 °C/min, manteniéndose a 240 °C durante 10 minutos. Las temperaturas del inyector y del detector fueron de 225 °C y 250 °C, respectivamente.

f) Determinación de rendimiento de extracción

El rendimiento de extracción se calcula como la cantidad de aceite extraída dividida entre la cantidad de materia prima inicial, multiplicada por cien para expresar el resultado en porcentaje. La diferencia de aceite extraído se define como la cantidad de aceite extraída dividida entre la cantidad inicial en la muestra.

$$\text{Rendimiento de extracción (\%)} = \frac{\text{Aceite extraído}}{\text{Materia prima inicial}} \times 100 \quad \text{Ec.05}$$

3.5. Diseño de contratación

En la contrastación se empleó las siguientes hipótesis estadísticas.

Hipótesis nula-H₀: La comparación de los resultados en la evaluación del método más adecuado para extraer aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) en función a sus características físicas, características químicas y rendimiento, en los diferentes métodos son iguales

$$\bar{X}_i = \bar{X}_j$$

Hipótesis alterna-H_a: La comparación de los resultados en la evaluación del método más adecuado para extraer aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) en función a sus características físicas, características químicas y rendimiento en los diferentes métodos son diferentes

$$\bar{X}_i \neq \bar{X}_j, \text{ para algun } i, j \text{ (tratamiento)}$$

Pruebas paramétricas o cuantitativas: Pruebas paramétricas o cuantitativas; se llevaron a cabo conforme a la formulación y objetivos, así como al diseño metodológico propuesto por (Gutierrez, 2004) .En este contexto, se implementaron las siguientes pruebas estadísticas:

Nivel de significancia (α)

Para las comparaciones de tratamiento habitualmente se emplea $\alpha = 0.05$ de significancia.

3.6. Diseño experimental y análisis estadístico

3.6.1. Diseño experimental

Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) en este estudio, ya que se manipula una única variable de entrada: la extracción de aceite mediante los métodos Soxhlet y Ultrasonido de la semilla del nogal andino. Las variables de salida incluyeron características físicas, químicas y rendimiento. El arreglo experimental se detalla en la tabla 4."

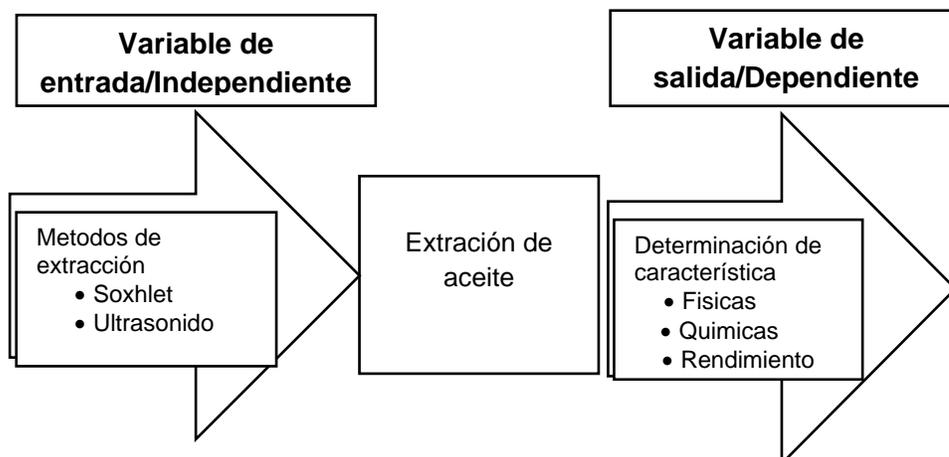
Tabla 10

Arreglo experimental – diseño completamente al azar (DCA)

| Variables independientes | Variable dependientes | | |
|--------------------------|--------------------------------|---|-------------|
| | Determinar las características | | Rendimiento |
| Método de extracción | Físicas | Químicas | |
| Soxhlet | Densidad pH | Índice de refracción Índice de acidez Índice de yodo Índice de saponificación Ácidos grasos | Porcentajes |
| Ultrasonido | | | |

Figura 7

Diagrama de contrastación y variables



3.6.2. Análisis estadístico

a) Pruebas paramétricas

En función de los objetivos planteados, se optó por un diseño metodológico experimental, longitudinal y descriptivo. En este marco, se realizaron las siguientes pruebas estadísticas para evaluar los datos obtenidos."

Se utilizó la prueba de ANOVA junto con el procedimiento de Tukey (análisis paramétrico) para comparar las diferencias significativas entre los tratamientos. Este análisis se centró en evaluar las características físicas, químicas y el rendimiento del aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) extraído mediante los métodos de Soxhlet y ultrasonido.

Tabla 11

ANOVA para el DCA

| F.V | Suma de Cuadrados | GI | Cuadrado medio | F _o | Valor – p |
|--------------|--|---------|---------------------------------------|--------------------------|--------------|
| Tratamientos | $SC_{TRAT} = \sum_{i=1}^K \frac{Y_i^2}{n_i} - \frac{Y_{..}^2}{N}$ | $k - 1$ | $CM_{TRAT} = \frac{SC_{TRAT}}{K - 1}$ | $\frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$ | $P(F > F_0)$ |
| Error | $SC_E = SC_T - SC_{TRAT}$ | $N - k$ | $CM_E = \frac{SC_E}{N - K}$ | | |
| Total | $SC_T = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$ | $N - 1$ | | | |

Fuente: Gutiérrez (2008)

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Determinación de las características físicas

4.1.1. Determinación de la densidad de aceite

Tabla 12

Densidad de aceite del nogal andino

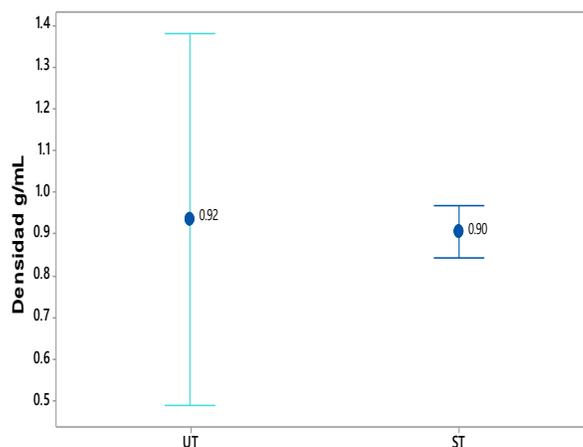
| Tratamiento | Densidad g/mL | | | C.V. (%) | * |
|-------------|---------------|-------|------|----------|---|
| | \bar{x} | \pm | S | | |
| UT | 0.92 | \pm | 0.04 | 4.38 | A |
| ST | 0.90 | \pm | 0.01 | 0.64 | A |

*Diferencia de medias Tukey, con α 5% (ANEXO 01)

La densidad del aceite del nogal andino por método ultrasonido y Soxhlet es de 0.90 g/ml a 0.92 g/ml (Tabla 12), asimismo; en la (figura 8), aunque esta diferencia no es significativa (p -value > 0.05) (Anexo 01).

Figura 8

Diagramas de medias para densidad de aceite



Los valores obtenidos están dentro del rango establecido por el (Codex Alimentarius, 1999) la densidad en aceites y grasas, que es de 0.896 a 0.904 g/ml.

Romero, (2015), obtuvo valores para la densidad 0.9153 g/ml y 0.9061 g/ml

en aceite vegetal de Euterpe precatoria Mart. (Asaí) por diferentes métodos de extracción, Arias y Lopez, (2015), en el aceite de semilla de lino (*Linum usitatissimum*) procedente de corongo y otusco, extraído por ultrasonido obtuvo valores para la densidad 0.944 y 0.943 g/ml, Jaimes, (2013), en el aceite de Linaza (*Linum Usitatissimum L.*) obtuvo valores para la densidad 0.944 y 0.943 g/ml, Salazar (2014) obtuvo valor de 0.91 para el aceite de sapote, Paucar *et al.*,(2015) obtuvo valores de la densidad entre 0.928 y 0.915 para el aceite de sachá inchi y aceite de oliva con el método de Soxhlet, (Ramirez, 2017) en el aceite de la semilla de mango (*tommy atkins*) obtuvo valores para la densidad 1.0251 g/cm³ y 1.0272 g/cm³, (Chagman, 2009) en la Caracterización de aceite de frutos de unguurahui (*Jessenia polycarpa*) y aguaje (*Maurita flexuosa*) de la amazonia peruana obtuvo valores de 0.9105 y 0.9121 g/ml.

La inestabilidad de la densidad del aceite varía tanto cuando está puro como fresco, y se ve afectada por factores como la edad, la rancidez y cualquier tratamiento aplicado al aceite. La densidad, a su vez, está condicionada por la temperatura y la presión (ICONCETEC 336 y MATIRSSEK, R., 1992).

Además, en la Figura 9 se puede apreciar que los tratamientos con Ultrasonido y Soxhlet muestran semejanza estadística al ser evaluados mediante el test de Tukey.

4.1.2. Determinación del pH de aceite

Tabla 13

pH de aceite del nogal andino

| Tratamiento | pH. | | | C.V. (%) | * |
|-------------|-----------|-------|------|-------------|---|
| | \bar{x} | \pm | S | | |
| UT | 4.03 | \pm | 0.09 | 2.11 | A |
| ST | 7.30 | \pm | 0.52 | 7.10 | B |

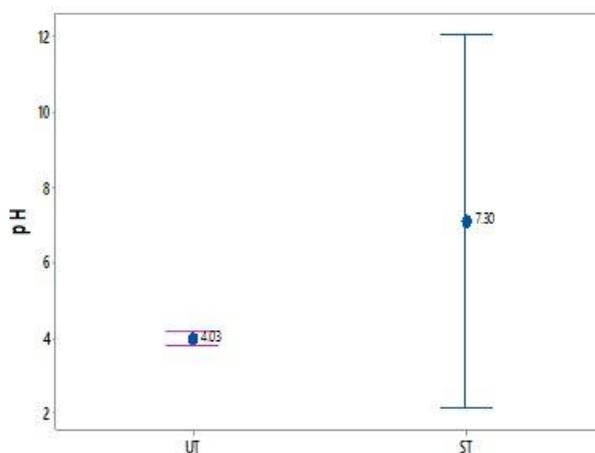
*Diferencia de medias Tukey, con α 5% (ANEXO 02)

Los resultados de pH se muestran en la Tabla 13, observa que el pH con el

método Ultrasonido presenta 4.03 y con el método Soxhlet 7.30, mostrando una diferencia estadísticamente significativa ($p\text{-value} < 0.05$) (ANEXO 2), tal hecho se puede apreciar también en la (Figura 9).

Figura 9

Diagramas de medias para el pH de aceite



Moreno, (2014) obtuvo valores de pH de aceite soya, aceite natural de eucalipto, aceite de girasol y aceite de olivo se encuentran dentro de los valores por debajo de 2 a 5.

En los aceites vegetales cuando son manipulados directamente con la mano del hombre estas pueden sufrir un daño al realizar la hidrogenación y esto los convierte en aceites espesos y malos (Moreno, 2014).

4.2. Determinación de las características químicas de aceite

4.2.1. Determinación de índice de refracción de aceite

Tabla 14

Índice de refracción de aceite del nogal andino

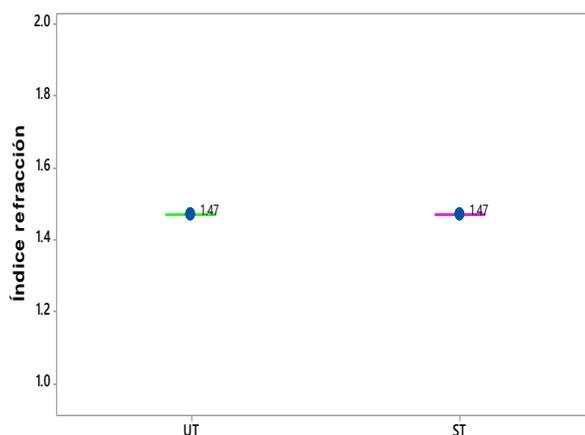
| Tratamiento | Índice refracción | | | C.V. (%) | |
|-------------|-------------------|-------|----------|-------------|---|
| | \bar{x} | \pm | S | | |
| UT | 1.47 | \pm | 0.01 | 0.79 | A |
| ST | 1.47 | \pm | 0.01 | 0.75 | A |

*Diferencia de medias Tukey, con α 5% (ANEXO 03)

En la Tabla 14, se aprecia que el índice de refracción de aceite extraído con el método ultrasonido presentan el mismo valor notablemente con el método Soxhlet, mostrando diferencia no significativa (p -value > 0.05) (ANEXO 3), como se aprecia en la (Figura 10).

Figura 10

Diagramas de medias para índice de refracción de aceite



Los valores obtenidos se encuentran dentro de los valores exigidos por la NTP 209.001:1983, CODEX STAN 210 1.448 – 1471.

Romero, (2015), reportó valores de índice de refracción de 1.4689 y 1.4660 para el aceite vegetal de Euterpe precatoria Mart. (Asaí) utilizando diferentes métodos de extracción. Arias y López (2015) encontraron que el índice de refracción del aceite de semilla de lino (*Linum usitatissimum*) extraído por ultrasonido en Corongo y Otusco era de 1.48 y 1.49. Jaimes, (2013), obtuvo un valor de 1.482 para el índice de refracción en el aceite de linaza (*Linum usitatissimum* L.).

Salazar (2014) obtuvo un valor de 1.47 para el índice de refracción en el aceite de sapote, Paucar *et al.*, (2015) obtuvo valores para el índice de refracción 1.475 y 1.469 para el aceite de sacha inchi y aceite de oliva con el método de Soxhlet, (Chagman, 2009) en la Caracterización de aceite de frutos de unguurahui

(*Jessenia polycarpa*) y aguaje (*Maurita flexuosa*) de la amazonia peruana obtuvo valores para el índice de refracción 1.467 y 1.465.

El índice de refracción de las grasas y ácidos grasos es un dato de gran interés, ya que guarda una estrecha relación con el peso molecular medio y el grado de saturación, según señala (Bailey, 1984). Según (Arellano, 2003), se menciona que el índice de refracción tiende a aumentar con el crecimiento de la longitud de la cadena y también con el grado de insaturación.

4.2.2. Determinación de índice de acidez de aceite

Tabla 15

Índice de acidez de aceite del nogal andino

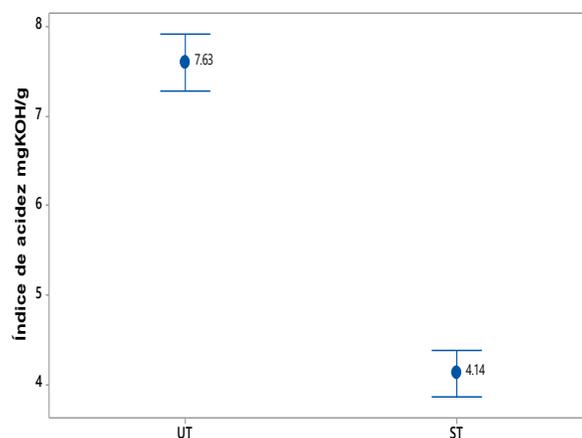
| Tratamiento | Índice de acidez mgKOH/g | | | C.V. (%) | |
|-------------|-----------------------------|------------|------|-------------|---|
| | \bar{x} | \pm | S | | |
| UT | 7.63 | \pm 0.07 | 0.07 | 0.91 | A |
| ST | 4.14 | \pm 0.04 | 0.04 | 1.05 | B |

*Diferencia de medias Tukey, con α 5% (ANEXO 04)

En la Tabla 15, claramente se aprecia que el índice de acidez del aceite de nogal andino con el método Ultrasonido presenta mayor acidez de 7.63 mg KOH/g en comparación de método Soxhlet 4.14 mg KOH/g, mostrando diferencia significativa (p -value < 0.05) (Figura 11).

Figura 11

Diagramas de medias para índice de acidez de aceite



Estos valores se encuentran por fuera de lo establecido por el Codex alimentarios (1989), en su norma general para grasas y aceites estable valor de índice de acidez no más de 4 mg KOH/g de aceite; los valores anteriormente señalados exceden esta especificación.

Romero, (2015), en la obtención de aceite vegetal de *Euterpe precatoria* Mart. (Asaí) obtuvo un índice de acidez de 5.1449 y 9.0840 mg KOH/g, Arias y Lopez (2015), obtuvieron valores de índice de refracción 1.48 y 0.49 del aceite de la semilla de lino procedente de Corongo y Otuzco, Jaimes, (2013), aceite de Linaza (*Linum Usitatissimum L.*) obtuvo un índice de acidez de 0.588 y 0.881 mg KOH/g, Salazar (2014) obtuvo valores 7.63 de para el aceite de sapote, Ortiz *et al.*, 2009), Extracción y caracterización de aceite de la semilla de zapallo (*Cucurbita moschata Duch*) obtuvo un índice de acidez de 3.25 mg KOH/g, (Paucar *et al.*, 2015) logro valores de 1.08 y 1.14 mg KOH/g al caracterizar aceite de sacha inchi y oliva, (Ramirez, 2017) Extracción de aceite de la semilla de mango (*tommy atkins*) obtuvo valores entre 1.58 y 1.54 mg KOH/g par el índice de acidez, (Chagman, 2009) en la Caracterización de aceite de frutos de unguurahui (*Jessenia polycarpa*) y aguaje (*Maurita flexuosa*) de la amazonia peruana obtuvo valores en el índice de acidez

5.59 y 5.11 mg KOH/g que es inferior a lo obtenido.

El valor de la acidez establece la cantidad de ácidos grasos originados por la lipólisis de los triacilglicéridos que forman al aceite Stier (1997), la extracción de aceite por el método ultrasonido no provoca daños a las células y se puede operar de forma continua.

Rodríguez (2017). Indica que es crucial destacar que el índice de acidez representa convencionalmente el contenido en porcentaje de ácidos grasos libres, generalmente expresado como porcentaje de ácido oleico.

La cuantificación de los ácidos grasos libres se realiza mediante la neutralización con hidróxido de potasio, utilizando fenoltaleína como indicador, conforme a Pearson (1891).

4.2.3. Determinación de índice de yodo de aceite

Tabla 16

Índice de yodo de aceite del nogal andino

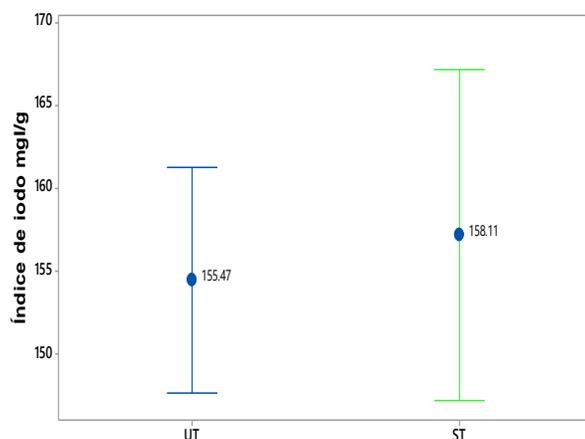
| Tratamiento | Índice de yodo mg I/g | | | C.V. (%) | * |
|-------------|--------------------------|------------|------|-------------|---|
| | \bar{x} | \pm | S | | |
| UT | 155.47 | \pm 1.83 | 1.18 | A | |
| ST | 158.11 | \pm 1.74 | 1.10 | A | |

*Diferencia de medias Tukey, con α 5% (ANEXO 05)

La extracción de aceite de nogal andino se realizó utilizando dos métodos: ultrasonido (UT) y Soxhlet (ST), y los resultados se muestran en la Tabla 16. El contenido del índice de yodo en el aceite de nogal andino fue de 155.47 y 158.11 mg I/g, respectivamente, y la diferencia entre estos valores no es estadísticamente significativa (p -valor > 0.05), como se ilustra en la Figura 12.

Figura 12

Diagramas de medias para índice de yodo de aceite



Los valores obtenidos se encuentran fuera del rango que establece el (Codex Alimentarius , 1999) que establece un rango de índice de yodo en aceites y grasas de 45 -70 mg I /g. Romero, (2015), en la obtención del aceite vegetal de Euterpe precatoria Mart. (Asái) obtuvo un índice de yodo de 133.5631 y 136.5625 mg I/100g, Arias y Lopez (2015), obtuvieron valores de índice yodo 196.02 y 195.07 g I/kg del aceite de la semilla de lino procedente de Corongo y Otuzco, Jaimes, (2013), aceite de Linaza (*Linum Usitatissimum L.*) obtuvo un índice de yodo de 195.985 y 196.386 mg I/g, Salazar (2014) obtuvo valores 115.52 mg I/g de para el aceite de sapote, (Montenegro *et al.*, 2015) Extracción y caracterización de aceite de nuez del marañón (*Anacardium occidentale L.*)”, reveló un índice de yodo de 90.33 mg I/g, (Chagman, 2009) en la Caracterización de aceite de frutos de unguirahui (*Jessenia polycarpa*) y aguaje (*Maurita flexuosa*) de la amazonia peruana obtuvo valores en el índice de yodo 85.03 y 95.30 mg I/g

El índice de yodo está relacionado con el grado de instauración de un aceite. Un índice de yodo más alto indica una mayor presencia de ácidos grasos insaturados y un mayor grado de instauración del aceite. Esta relación se refleja en propiedades físicas como un mayor índice de refracción y una mayor densidad. El índice de yodo es un parámetro clave para evaluar la calidad del aceite, ya que

proporciona información sobre la cantidad de enlaces dobles en los ácidos grasos, los aceites con un índice de yodo elevado suelen tener una mayor proporción de ácidos grasos insaturados, lo que puede influir en su sabor, estabilidad y en sus aplicaciones en la industria alimentaria y otros campos. Determinación de grasas y aceites (2009).

4.2.4. Determinación de índice de saponificación de aceite

Tabla 17

Índice de saponificación de aceite del nogal andino

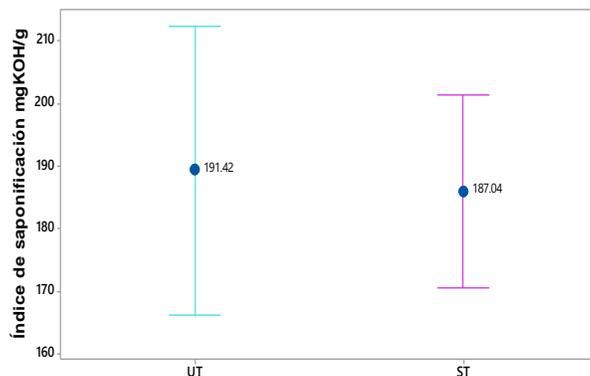
| Tratamiento | Índice de saponificación mgKOH/g | | | C.V. (%) | * |
|-------------|----------------------------------|------------|------|----------|---|
| | \bar{x} | \pm | S | | |
| UT | 191.42 | \pm 4.12 | 2.15 | 2.15 | A |
| ST | 187.04 | \pm 2.34 | 1.25 | 1.25 | A |

*Diferencia de medias Tukey, con α 5% (ANEXO 06)

Tabla 17 muestra el índice de saponificación del aceite de nogal andino. Se puede ver que el índice de saponificación es más alto cuando se utiliza el método de ultrasonido en comparación con el método Soxhlet. Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa, con un p-valor > 0.05 según el análisis ANEXO 06.

Figura 13

Diagramas de medias para índice de saponificación de aceite



Este mismo hecho se puede apreciar en la Figura 13, donde el método ultrasonido tiene 191.42 mg KOH/g y método Soxhlet de 187.04 mg KOH/g de índice de saponificación, los valores obtenidos se encuentra dentro del rango que establece la NTP 209.058 señala que el índice de saponificación para aceites deben de encontrarse entre 160 y 250 mg KOH/g y el (Codex Alimentarius , 1999) establece un rango de índice de saponificación en aceites y grasas de 192 – 203 mg KOH/ g. (Bernardini, 1981) Se sugiere que, dado el índice de saponificación obtenido, el aceite de nogal andino podría ser utilizado en la industria de jabones y cosméticos, donde se requiere un valor mínimo de 185 mg KOH/g. valor en la cual se encuentra el aceite de nogal andino. Romero, (2015); Euterpe precatoria Mart. (Asaí) obtuvo un índice de saponificación de 265.3865 y 250.4908 mg KOH/g, Jaimes, (2013), aceite de Linaza (*Linum Usitatissimum L.*) obtuvo un índice de saponificación de 189.675 Y 191.584 mg KOH/g, Salazar (2014) obtuvo valores 210.84 mg KOH/g de para el aceite de sapote, (Montenegro *et al.*, 2015) Extracción y caracterización de aceite de nuez del marañón (*Anacardium occidentale L.*)”, reveló un índice de saponificación de 178.02 mg KOH/g , (Chagman, 2009) en la Caracterización de aceite de frutos de unguirahui (*Jessenia polycarpa*) y aguaje (*Maurita flexuosa*) de la amazonia peruana obtuvo valores en el índice de saponificación 193.47 191.83 mg KOH/g. Un mayor índice de saponificación indica un mayor contenido de ácidos grasos de bajo peso molecular. Pearson (1981).

4.2.5. Determinación de ácidos grasos de aceite

4.2.5.1. Determinación de ácido palmítico

Tabla 18

Ácido palmítico de aceite de nogal andino

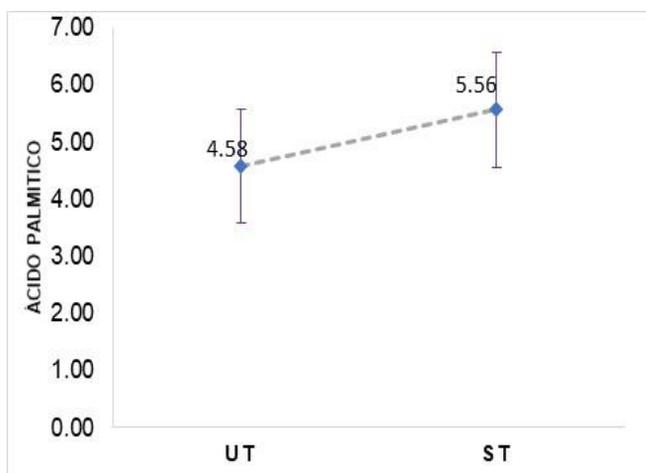
| Tratamiento | ácido palmítico | | | C.V (%) | |
|-------------|-----------------|-------|------|------------|---|
| | \bar{x} | \pm | S | | |
| UT | 4.59 | \pm | 0.04 | 0.79 | A |
| ST | 5.58 | \pm | 0.04 | 0.75 | A |

*Diferencia de medias Tukey, con α 5% (ANEXO 07)

Ácido palmítico de aceite del nogal andino extraído por dos métodos ultrasonido 4.59 % y Soxhlet 5.58 % muestra diferencia significativa ($p\text{-value} < 0.05$), (ANEXO 7), sin embargo, existe ligero aumento con el método de Soxhlet, tal como se puede apreciar en la Tabla 18, (Figura 14).

Figura 14

Diagramas de medias para ácido linolénico de aceite



Los valores obtenidos se encuentran fuera del rango que establece el Codex STAN210, 1999 en el ácido palmítico para aceites y grasas 5 %. (Salazar, 2014) Obtuvo valores de 18.52 % en la caracterización físico – química de la semilla de Sapote *Capparis scabrida* esta se encuentra por encima del valor obtenido para el aceite de nogal andino, asimismo; (franco, 2015) obtuvo valores de ácido palmítico de 6.6 % a 9.8 % La delegación señaló que el contenido de ácidos grasos libres de aceite es expresado como ácido palmítico, siendo este el principal ácido graso de los aceites ocurrirá una disparidad de acidez expresada como el índice de acidez de 10 mgKOH/g como la especificación de 5 % como ácido palmítico, según el STAN210, 1999.

4.2.5.2. Determinación de ácido palmitoleico

Tabla 19

Ácido palmitoleico de aceite de nogal andino

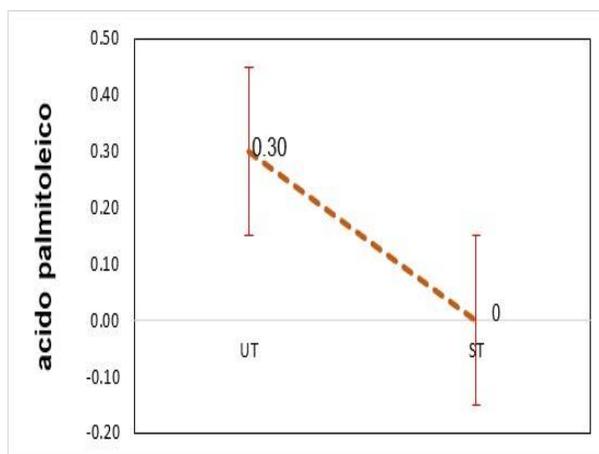
| Tratamiento | <u>ácido palmitoleico</u> | | C.V. (%) | * |
|-------------|---------------------------|------|----------|---|
| UT | 0.30 | 0.00 | 0.91 | A |
| ST | 0.00 | 0.00 | 0.00 | A |

Diferencia de medias Tukey, con α 5% (ANEXO 08)

Ácido palmitoleico de aceite del nogal andino extraído por dos métodos ultrasonido 0.30 % y Soxhlet 0.00 % muestra diferencia significativa (p -value < 0.05), (ANEXO 8), sin embargo, existe ligero aumento con el método de Soxhlet, tal como se puede apreciar en la Tabla 15, (Figura 15).

Figura 15

Diagramas de medias para ácido palmitoleico de aceite



Los valores obtenidos se encuentra fuera del rango que estable el Codex STAN 210, 1999 en el ácido palmítoleico para aceites y grasas 0.1 – 0.2 % (Salazar, 2014) Obtuvo valores de 8.03 % de ácido palmitoleico en la caracterización físico – química de la semilla de Sapote Capparis scabrida esta se encuentra por debajo del valor obtenido para el aceite de nogal andino.

Los niveles de lipoproteínas de alta densidad (HDL), conocidas como

'colesterol bueno', son significativamente más bajos en dietas altas en ácido palmitoleico en comparación con las dietas ricas en ácido palmítico. Según (Power, 1997), el ácido palmitoleico se comporta más como un ácido graso saturado que como un ácido graso monoinsaturado en relación con su efecto sobre el colesterol de baja densidad (LDL).

4.2.5.3. Determinación de ácido linolénico (Omega 3) de aceite

Tabla 20

Ácido linolénico de aceite del nogal andino

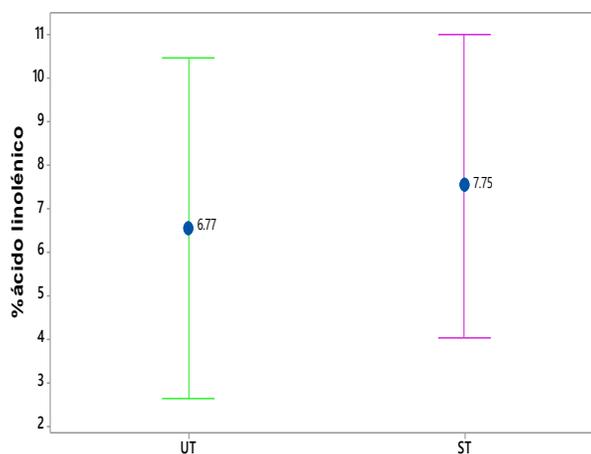
| Tratamiento | ácido linolénico | | | C.V. (%) | * |
|-------------|------------------|-------|------|----------|---|
| | \bar{x} | \pm | S | | |
| UT | 6.77 | \pm | 0.49 | 7.19 | A |
| ST | 7.75 | \pm | 0.47 | 6.07 | A |

*Diferencia de medias Tukey, con α 5% (ANEXO 09)

Ácido linolénico de aceite del nogal andino extraído por dos métodos ultrasonido 6.77 % y Soxhlet 7.75 % no muestra diferencia significativa (p -value > 0.05), (ANEXO 9), sin embargo, existe ligero aumento con el método de Soxhlet, tal como se puede apreciar en la Tabla 20, (Figura 16).

Figura 16

Diagramas de medias para ácido linolénico de aceite



Los valores obtenidos se encuentran dentro del rango que establece el Codex alimentarius 1999 en el ácido linolénico para aceites y grasas 6-18 %. Arias y Lopez (2015), obtuvieron valores de ácido linolénico 72.27 y 73.30 % en la semilla de lino procedente de Corongo y Otuzco, (Ortiz *et al.*, 2009), Extracción y caracterización de aceite de la semilla de zapallo (*Cucurbita moschata Duch*) obtuvo ácido linolénico de 0.66 %, (Ramirez, 2017) Extracción de aceite de la semilla de mango (*tommy atkins*) obtuvo valores entre 0.51 y 0.58 % en el ácido linolénico, (Chagman, 2009) en la Caracterización de aceite de frutos de unguirahui (*Jessenia polycarpa*) y aguaje (*Maurita flexuosa*) de la amazonia peruana obtuvo valores en el ácido linolénico 0.89 y 1.02 %

Bailey (1961), señala que la presencia de los ácidos grasos debe ser en cantidades mayores al 20 % en el aceite. NTP (CODEX STAN 210 – 1999), los bajos valores de ácido linolénico se deben a que la fuente tiene una baja cantidad de sustancias propensas a la acidificación."

4.2.5.4. Determinación de ácido linolénico (Omega 6) de aceite

Tabla 21

Ácido linolénico de aceite del nogal andino

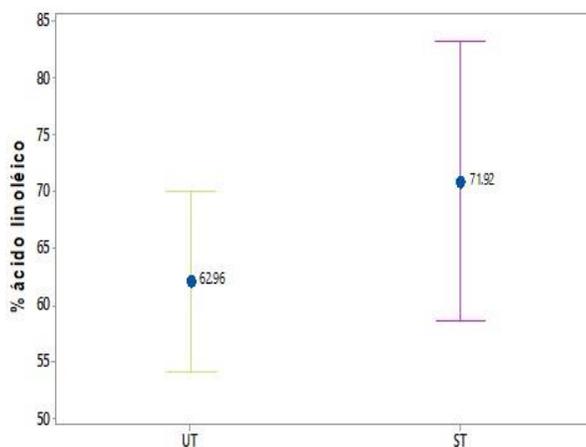
| Tratamiento | ácido linolénico | | | C.V. (%) | * |
|-------------|------------------|-------|----------|-------------|---|
| | \bar{x} | \pm | S | | |
| UT | 62.96 | \pm | 1.58 | 2.51 | A |
| ST | 71.92 | \pm | 1.98 | 2.75 | A |

*Diferencia de medias Tukey, con α 5% (ANEXO 10)

Es evidentemente que uno de los métodos utilizados en la extracción de aceite del nogal andino tiene mayor porcentaje de ácido linolénico, en la Tabla 21 se observa que el método Soxhlet presenta 71.92 %, con el método ultrasonido disminuye a 62.96 %, mostrando diferencia significativa (p -value < 0,05) (Figura 17) (Anexo 8).

Figura 17

Diagramas de medias para ácido linoléico de aceite



Según lo establecido por el reglamento sanitario de los alimentos (2008), el contenido de ácido linoléico es de 58 - 78 % para aceites y grasas, el (Codex Alimentarius , 1999) que establece un rango para el ácido linoleico en aceites y grasas de 35-69 %, los resultados obtenidos se encuentran dentro del reglamento y norma establecido para aceites y grasas . Sin embargo Arias y Lopez (2015), obtuvieron valores en el ácido linoléico 12.76 y 13.61 % del aceite de la semilla de lino procedente de Corongo y Otuzco, Salazar (2014) obtuvo un valor ácido linoléico 7.04 % de para el aceite de sapote, (Ortiz *et al.*, 2009), Extracción y caracterización de aceite de la semilla de zapallo (*Cucurbita moschata Duch*) obtuvo un ácido linoléico de 48.23 y 62.41, (Ramirez, 2017) Extracción de aceite de la semilla de mango (*tommy atkins*) obtuvo valores 4.90 y 5.36 para el ácido linoléico, (Chagman, 2009) en la Caracterización de aceite de frutos de unguirahui (*Jessenia polycarpa*) y aguaje (*Maurita flexuosa*) de la amazonia peruana obtuvo valores en el ácido linoléico de 3.24 y 1.89. Para el aceite de la especie (*Cucumis melon*) (melón), se observó un perfil de ácidos grasos en el que el ácido linoleico predominaba, representando el 78.21% del total.

4.2.5.5. Determinación de ácido oleico (Omega 9) de aceite

Tabla 22

Ácido oleico de aceite del nogal andino

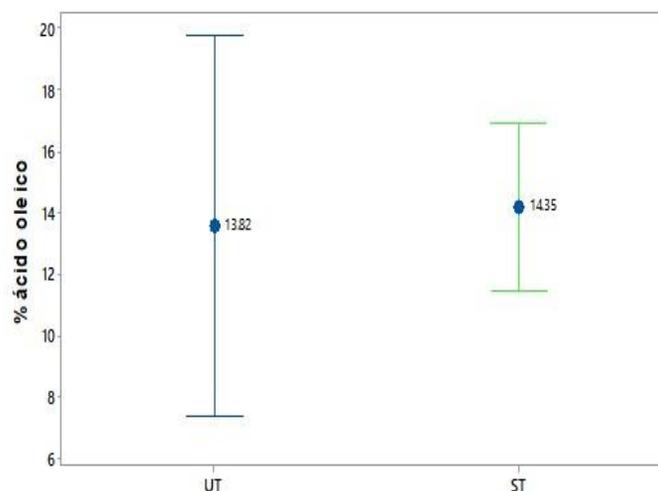
| Tratamiento | ácido oleico | | | C.V. (%) | * |
|-------------|--------------|-------|----------|----------|---|
| | \bar{x} | \pm | S | | |
| UT | 13.82 | \pm | 0.67 | 4.84 | A |
| ST | 14.35 | \pm | 0.36 | 2.53 | A |

*Diferencia de medias Tukey, con α 5% (ANEXO 11)

El ácido oleico de aceite del nogal andino extraído por ultrasonido y Soxhlet no muestra diferencia significativa (p -value > 0.05) (Anexo 11), el método Soxhlet presenta 14.35 % de ácido oleico mientras el método ultrasonido 13.82 % tal como se puede apreciar en la (Tabla 21) (Figura 18).

Figura 18

Diagramas de medias para ácido oleico de aceite



Los valores obtenidos están dentro del rango establecido por la NTP, que es de 12 a 19 %." (CODEX STAN 210 - 1999).

Salazar (2014) obtuvo valores 27.83 % de para el aceite de sapote, (Ramirez, 2017) Extracción de aceite de la semilla de mango (*tommy atkins*) obtuvo valores entre 39.97 y 40.45 para ácido oleico , (Chagman, 2009) en la

Caracterización de aceite de frutos de unguirahui (*Jessenia polycarpa*) y aguaje (*Maurita flexuosa*) de la amazonia peruana obtuvo valores para ácido oleico entre 78.45 y 74.61, Cisneros y Diaz (2006) reporto que el ácido oleico de aceite del sachá inchi es de 14.16 %, aceite de palma 36.6 % y aceite de oliva 72.5 %.

4.2.6. Determinación de lípidos totales de aceite

Tabla 23

Lípidos totales de aceite del nogal andino

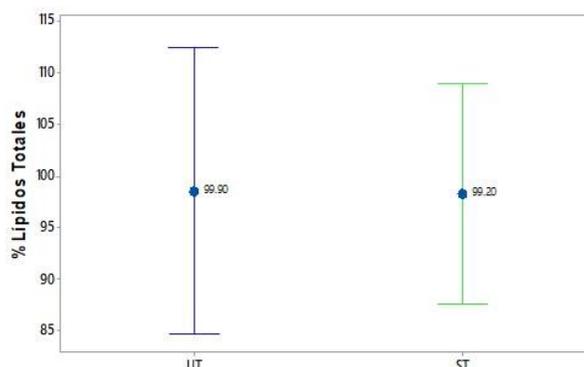
| Tratamiento | Lípidos Totales | | | C.V. (%) | * |
|-------------|-----------------|-------|------|----------|---|
| | \bar{x} | \pm | S | | |
| UT | 99.90 | \pm | 2.65 | 2.65 | A |
| ST | 99.20 | \pm | 1.84 | 1.85 | A |

*Diferencia de medias Tukey, con α 5% (ANEXO 12)

En la Tabla 23, claramente se aprecia que el porcentajes de lípidos totales en el aceite de nogal andino extraído por dos métodos ultrasonido y Soxhlet, teniendo mayor valor por el método ultrasonido de 99.90 % de lípidos totales y como mínimo valor por el método Soxhlet de 99.20 % de lípidos totales, mostrado diferencia no significativa (p -value > 0.05) (figura 19).

Figura 19

Diagramas de medias para lípidos totales de aceite



Romero (2015) señala una reducción en el contenido de lípidos totales en el aceite de Asia extraído mediante el método convencional, que muestra un 11.5%,

en comparación con el rendimiento del pretratamiento ultrasónico y prensado, que alcanza el 35.3%."

4.2.7. Determinación de rendimiento de extracción de aceite

Tabla 24

Rendimiento de extracción de aceite de dos métodos

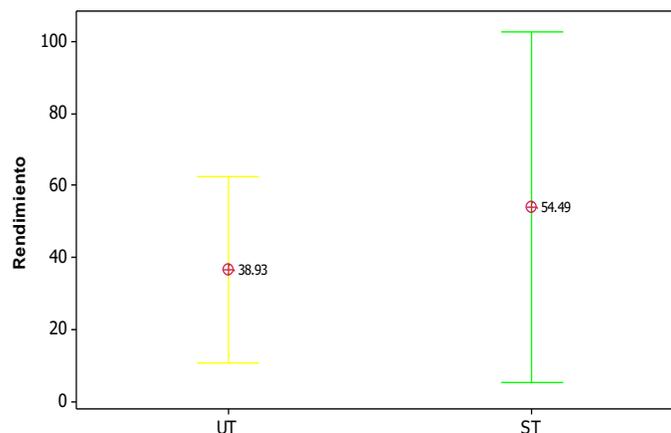
| Tratamiento | Rendimiento | | | C.V. (%) | * |
|-------------|-------------|-------|------|-------------|---|
| | \bar{x} | \pm | S | | |
| UT | 38.93 | \pm | 4.50 | 11.56 | A |
| ST | 54.49 | \pm | 3.96 | 7.27 | B |

*Diferencia de medias Tukey, con α 5% (ANEXO 13)

El rendimiento de extracción de aceite del nogal andino por métodos Ultrasonido y Soxhlet se muestra en la Tabla 240, en ella se aprecia el mayor rendimiento por método Soxhlet y en la seguida del método Ultrasonido, mostrando diferencia significativa (p -value < 0.05) (Anexo 13).

Figura 20

Diagramas de medias para el rendimiento de aceite



Este mismo hecho se puede apreciar en la Figura 20, donde con el método Soxhlet tiene un 54.49 % de rendimiento, con el método Ultrasonido de 38.93 % claramente se puede apreciar que los métodos tienen rendimiento diferente, se debe a que la muestra ha estado a temperatura constante y solvente a circulación

constante por el Soxhlet mientras en el ultrasonido el periodo de exposición a las ondas ultrasónicas fue de poco tiempo y la temperatura de prensado fue baja a comparación con el Soxhlet en la extracción de aceite.

Romero (2015) reporta valores de rendimiento de pre tratamiento ultrasónico prensado fue 35,3 % en la extracción de aceite de Asai, Suarez (2001) presenta los rendimientos que obtuvo están alrededor del 4.7 % para arrastre con vapor, 3.7 % para hidrodestilación y 6.5 % para extracción con solventes.

CONCLUSIONES

- Se determinó que el método más adecuado para extraer aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) es el método Soxhlet, ya que ofrece mejores características físicas, químicas y de rendimiento.
- Se determinó que el método más adecuado para extraer aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) en función de las características físicas es el método Soxhlet, debido a que presenta una mejor densidad (0.90 g/ml). Por otro lado, el método de ultrasonido se destaca en términos de pH, ya que muestra un pH más bajo (4.03).
- Según las características químicas, se determinó que los métodos más adecuados para la extracción de aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) son el ultrasonido y Soxhlet. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores de referencia establecidos por las Normas Técnicas Peruanas y otras normativas similares para el índice de refracción, índice de acidez, índice de yodo, índice de saponificación, y los ácidos grasos específicos como el linolénico, linoleico y oleico. Es importante destacar que el método Soxhlet muestra un mayor porcentaje de ácidos grasos esenciales.
- La determinación el método más adecuado en función a su rendimiento de aceite de nogal andino (*Junglans regia L.*) es el método Soxhlet por presentar mayor porcentaje de rendimiento (54.49 %).

RECOMENDACIONES

- Continuar realizando estudios con la semilla del nogal andino (*Juglans regia L.*) en aceites para su posible industrialización en jabones, cosméticos y alimentaria.
- Realizar investigaciones sobre la conservación y prolongación de la vida útil del aceite de nogal andino.
- Investigar la extracción de aceite de nogal andino utilizando diferentes solventes, como hexano, etano y éter de petróleo, para evaluar sus características físicas y químicas.
- Promover una mayor investigación en aceites para optimizar el uso de semillas oleaginosas, debido a la presencia de ácidos grasos esenciales para el organismo humano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alimentarius, C. (1989). norma general de del Codex para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales del Codex stan .
- AOAC. (1995). Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC 920.160. (1997). Association of Official Analytical Chemists, Washington.
- AOAC-996.06, c. (2016). *Association of Official Analytical Chemists*.
- AOCS 28 Cc-7-25. (2002). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. Champaign, Illinois: American Oil Chemists Society ed. Firestone.
- AOCS Ca 5a-40. (1997). Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. Champaign, Illinois: American Oil Chemists Society.
- AOCS Cc 13c-50. (1997). Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. Champaign, Illinois: American Oil Chemists Society.
- Arellano, P. (2003). Utilizacion de enzimas en la extraccion de aceite de semilla de sacha inchi. Tesis para optar el titulo de ingeniero en industrias alimentarias, . *Universidad Nacional Agraria, La molina*.
- Arias, J. y Lopez, N. (2015). Estabilidad oxidativa y perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de lino (*Linun usitatissimum*) procedente de Coronto y Otuzco, extraido por prensado en frio.
- Ayersa, R. (2005). Rediscovering a forgotten crop of the Atecs. USA: Tucson.
- Badui, S. (2006). *quimica de los alimentos*. México: Pearson educacion de México.

- Badui, S. (2006). Química de los alimentos. Mexico: MX, Parson.
- Bailey, A. (1961). *Aceites y grasas industriales*. Barcelona.
- Bailey, A. (1984). Aceites y grasas industriales . En *Aceites y grasas industriales* . España: Zaragoza, España, Reverté.
- Beauregard, L. (1995). Producción de Aceite de Soya de alta Calidad. Notas del Curso Internacional sobre Refinación de Aceites vegetales y su utilización en la Industria. *Universidad de Sonora*, 26.
- Bernardini, A. (1993). Tecnología de aceites y grasas. Zaragoza, España: Alambra,.
- Bernardini, E. (1981). *Tecnología de aceites y grasas*. Barcelona: Alhambra.
- calderon, F. (2010). <http://WWW.drcalderonlabs.com>.
- Cavitch, S. (2003). Guia practica para hacer jabón . (1era. ed). *Barcelona España : Paidotribo*.
- Chagman, G. (2009). caracterizacionde aceite de frutos de unguahui (*Jessenia polycarpa*) y aguaje (*Maurita flexuosa*) de la amazonia peruana. *Rev Soc Quim Perú* 72 (2), 1-15.
- Chusquillo, L. (2014). Diseño de un proceso para la optención de compuestos fenólicos del pericarpio de la semilla del nogal (*Juglans regia* L.) (tesis de pregrado).Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Codex Alimentarius . (1999). *Norma general para grasa y aceites comestibles no regulados por normas individuales*.
- CODEX STAN 210. (1999). Norma del Codex para acietes vegetales especificos. Lima, Perú.
- Diaz, W. (1982). Ensayo de extracción y caracterización del aceite del fruto del

- Sapote *Capparis angulata*. *Tesis (Ing. Industrias alimentarias)*., 95.
- Egan, J. e. (1996). Extracción de aceites vegetales por medio de solventes organicos.
- FONCESAV, L. J. (2000). *operaciones de alimentos* . mexico: cowell, A.E.V.
- Fuentes, L. (2013). Comparación de los Métodos de Extracción Soxhlet, Extracción Asistida por Microondas y Extracción Asistida por Ultrasonido, en el Proceso de Obtención de Extracto de Aloe Vera. *Tesis pregrado Ingeniero quimico, Escuela de Ingeniería Química: Universidad Central de Venezuela, Caracas.*
- Gallegos, S. (2003). Diseño y desarrollo de kekitos elaborados a partir de torta de Castañas (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). *Tesis (Ing. de Industrias Alimentarias)*. Lima, PE,, 232.
- Garcia, F. (2014). Efecto de rango punto de ebullición del eter de petróleo en las características fisicoquimicas del aceite extraido del grano de mani (*Arachis hypogaea* L).
- Gomez, M. (2013). *salud*. Obtenido de salud [blog]: http://www.ehowenespanol.com/cuales-son-beneficios-del-omega-3-6-9-sobre_39481/
- Gordillo, G. E. (2015). Extraccion mecamica y manoencapsulación del aceite de *Junglans neotropica* mediante SPRAY-DRYING.
- Graciani, C. (2006). Los aceites y grasas: composicion y propiedades. En E. G. Constante, *Los aceites y grasas: composicion y propiedades*. España: MUNDI_PRENSA calle Almansa, 94,28040- Madrid (España).
- Gutierrez, H. y. (2004). *Análisis de diseño de experimentos*. México: McGrawHill.
- Herrera, P. (2012). Aportes a la sustentabilidad de la cadena de valor de frutos

secos: Obtencion de aceite y harina de nuez. *produccion agropecuaria y desarrollo sostenible*.

Herrero, M., Cifuentes, A., & Ibañez, E. (2006). Sub and supercritical fluid extraction of functional ingredients from, different natural sources: plants, food-by-products, algae and microalge.

Holford, P. (2015). Nutrición óptima antes, durante y después del embarazo. Barcelona: Amat S.

ISO 3961. (1996). Animal and vegetable fats and oils: Determination of iodine value.

Jaimes, S. G. (2013). Caracterización físico-química del Aceite de Linaza (*Linum usitatissimum* L.) del Departamento Cajamarca, Perú. 2-13.

Kirk, R., Sawyer, R., & Egan, H. (1996). *Composición y análisis de alimentos*. Madrid: Pearson.

Lawson, H. (1999). Aceites y Grasas alimentarios. En H. Lawson, *Aceites y grasas alimentarios*. España: ACRIBIA, S.A. ZARAGOZA (España).

Lozano, S. (1997). Extracción y caracterización físico-química de los aceites contenidos en la semilla de Copoazú y Maraco y su posible utilización como fuentes alternativas en la industria de los aceites comestibles. *Bogotá D. C.*

Martinez, J. E. (1980). Inchi" (*Caryodendron orinocense* Karst.) En El Agro. *Quito, Ecuador*.

Medina, M. (2010). Aceites y Grasas comestibles. *Farmacía Bromatología*.

Mendez, J. (2000). Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina, costa rica .

Montenegro, M., & Obando, R. (2015). *Extraccion y caracterizacion de aciete de la nuez de marañon (Anacardium Occidentale L.)*. Nicaragua.

- Nollet, L., & Grob, R. (2006). *Chromatographic Analysis of the Environment*. 3era.
- Ortiz, J. (2009). extracción y caracterización de aceite de semilla de zapallo (Cucurbita moschata Duch). Lima.
- Paez, S. (2011). Extracción y caracterización fisicoquímica del aceite de semilla (Almendra). *informacion tecnologica*. Vol 22 (2).
- Paucar, L. a. (2015). Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. *Scientia Agropecuaria* v. 6(4), 1-5.
- Pearson, D. (1981). *Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos*. España: Zaragoza, Acribia.
- Ramirez, c. (2017). Extracción de aceite de mango Tommy Atkins. En C. d. Ramirez. Mexico.
- Rodriguez, B. L. (2014). Efecto de tratamiento enzimático, microondas y ultrasonido en la extracción de grasa de semilla de mango (*Mangifera Indica* L.).
- Rojas, F. y Torres, G. (2008). Árboles del valle central de Costa Rica: reproducción. *forestales KURÚ*. VOL. 5(13).
- Rojas, M. F. (2011). Efecto de un pretamamiento enzimático en el proceso de obtención de aceite de la semilla del mango (*Mangifera Indica* L.). *Universidad del valle, Facultad de ingeniería, Escuela de ingeniería de alimentos Santiago de Cali*.
- Romero, O. (2015). Obtención del aceite vegetal de *Euterpe precatoria* Mart. (Asái) por diferentes métodos de extracción: evaluación del rendimiento y calidad (características físico-químicas, actividad antioxidante y estabilidad).
- Rosales. (17 de Octubre de 2015). *Agroforum.pe*. Obtenido de *Agroforum.pe*: <https://www.agroforum.pe> >fruticultura

- Saavedra, H. (1998). Extracción y Caracterización de aceite de Castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). *Tesis (Ingeniero de Industrias Alimentarias)*, 135.
- Salazar, J. (2014). Caracterización físico – química de la semilla de Sapote *Capparis scabrida* H.B.K. de la zona de Motupe – Lambayeque. *Lima- Perú*.
- Shahidi, F. (2005). *Industrial oil and fat products*. New Jersey, EUA, Wiley Interscience.
- Spinella, E. M. (2015). Extracción de aceite asistida por ultrasonido de granos de girasol alto esteárico alto oleico. Argentina.
- Suárez, C. (2001). Extracción y caracterización de aceite de cardamomo (*Elettaria cardamomum*).
- Tito, H. (2002). Proyecto DRBC/ GTZ-RSS. Cauca Colombia.
- Torres, C. (2006). Obtención de aceite de nuez *Caryodendron orinocense*. *universidad la salle facultad de ingeniería de alimentos Bogotá D.C.*
- Trevejo, C. M. (2002). Extracción y caracterización del aceite de Paraqueiba. *Revista amazónica de investigación alimentaria*.
- Zamorano, R. (2005). Extracción de aceite de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) y su caracterización de dos ecotipos provenientes del secano costero de la región VI de Chile.
- Ziller, S. (1994). *Grasas y aceites alimentarios*. Zaragoza, España: Acribia, S. A.

ANEXOS

ANEXO 1. Datos y análisis de la densidad del aceite del nogal andino

| Tratamiento | UT | ST |
|-------------|------|------|
| T1 | 0.97 | 0.90 |
| T2 | 0.90 | 0.91 |
| T3 | 0.90 | 0.90 |

Tabla ANOVA.

| Fuente | Suma de cuadrados | Df | Cuadro medio | Razon-F | Valor-p |
|------------------|-------------------|----|--------------|---------|---------|
| Entre grupos | 0.0006 | 1 | 0.0006 | 0.72 | 0.4439 |
| Dentro de grupos | 0.00333333 | 4 | 0.000833333 | | |
| Total (Corr.) | 0.00393333 | 5 | | | |

Pruebas de rango múltiple

Método: 95.0 por ciento Tukey HSD

| tratamiento | casos | Media | Grupos homogéneos |
|-------------|-------|----------|-------------------|
| ST | 3 | 0.903333 | X |
| UT | 3 | 0.923333 | X |

| contraste | Sig. | diferencia | +/- limites |
|-----------|------|------------|-------------|
| ST - UT | | -0.02 | 0.0654416 |

* denota una diferencia estadísticamente significativa

ANEXO 2. Datos y análisis de pH de aceite del nogal andino

| tratamiento | UT | ST |
|-------------|------|------|
| T1 | 4.00 | 6.71 |
| T2 | 3.97 | 7.49 |
| T3 | 4.13 | 7.69 |

Tabla ANOVA

| Fuente | Suma de cuadrados | Df | Cuadro medio | Razon-F | Valor-p |
|------------------|-------------------|----|--------------|---------|---------|
| Entre grupos | 15.974 | 1 | 15.974 | 116.02 | 0.0004 |
| Dentro de grupos | 0.550733 | 4 | 0.137683 | | |
| Total (Corr.) | 16.5248 | 5 | | | |

Pruebas de rango múltiple

Método: 95.0 por ciento Tukey HSD

| Tratamiento | casos | media | Grupos homogéneos |
|-------------|-------|---------|-------------------|
| ST | 3 | 4.03333 | X |
| UT | 3 | 7.29667 | X |

| Contraste | Sig. | diferencia | +/- limites |
|-----------|------|------------|-------------|
| ST – UT | * | 3.26333 | 0.841173 |

* denota una diferencia estadísticamente significativa

ANEXO 3. Análisis de índice de refracción de aceite del nogal andino

| tratamiento | UT | ST |
|-------------|------|------|
| T1 | 147 | 1.47 |
| T2 | 1.47 | 1.47 |
| T3 | 1.49 | 1.49 |

Tabla ANOVA

| Fuente | Suma de cuadrados | Df | Cuadro medio | F-Ratio | Valor-p |
|------------------|-------------------|----|--------------|---------|---------|
| Entre grupos | 3529.83 | 1 | 3529.83 | 1.00 | 0.3739 |
| Dentro de grupos | 14117.4 | 4 | 3529.35 | | |
| Total (Corr.) | 17647.2 | 5 | | | |

Pruebas de rango múltiple

Método: 95.0 por ciento Tukey HSD

| Tratamiento | Casos | media | Grupos homogéneos |
|-------------|-------|------------|-------------------|
| ST | 3 | 1.47667 | X |
| UT | 3 | 49.9867 | X |
| contraste | Sig. | diferencia | +/- limites |
| ST - UT | | -48.51 | 134.677 |

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

ANEXO 4. Análisis de índice de acidez de aceite del nogal andino

| tratamiento | UT | ST |
|-------------|------|------|
| T1 | 7.62 | 4.14 |
| T2 | 7.57 | 4.10 |
| T3 | 7.70 | 4.19 |

Tabla ANOVA

| Fuente | Suma de cuadrados | Df | Cuadro medio | F-Ratio | Valor-p |
|------------------|-------------------|----|--------------|---------|---------|
| Entre grupos | 18.2353 | 1 | 18.2353 | 5758.51 | 0.0000 |
| Dentro de grupos | 0.0126667 | 4 | 0.00316667 | | |
| Total (Corr.) | 18.2479 | 5 | | | |

Pruebas de rango múltiple

Método: 95.0 por ciento Tukey HSD

| tratamiento | Casos | media | Grupos homogéneos |
|-------------|-------|--------|-------------------|
| ST | 3 | 4.1433 | X |
| | | 3 | |
| UT | 3 | 7.63 | X |

| contraste | Sig. | diferencia | +/- limites |
|-----------|------|------------|-------------|
| ST - UT | * | -3.48667 | 0.127569 |

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

ANEXO 5. Análisis de índice de Yodo de aceite del nogal andino

| tratamiento | UT | ST |
|-------------|--------|--------|
| T1 | 155 | 158 |
| T2 | 153.92 | 156.42 |
| T3 | 157.48 | 159.90 |

Tabla ANOVA

| Fuente | Suma de cuadrados | Df | Cuadro medio | F-Ratio | Valor-p |
|------------------|-------------------|----|--------------|---------|---------|
| Entre grupos | 10.4544 | 1 | 10.4544 | 3.28 | 0.1442 |
| Dentro de grupos | 12.7357 | 4 | 3.18393 | | |
| Total (Corr.) | 23.1901 | 5 | | | |

Pruebas de rango múltiple

Método: 95.0 por ciento Tukey HSD

| tratamiento | Casos | media | Grupos homogéneos |
|-------------|-------|---------|-------------------|
| ST | 3 | 155.467 | X |
| UT | 3 | 158.107 | X |

| contraste | Sig. | diferencia | +/- limites |
|-----------|------|------------|-------------|
| ST - UT | | 2.64 | 4.04508 |

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

ANEXO 6. Análisis de índice de saponificación de aceite de nogal andino

| tratamiento | UT | ST |
|-------------|--------|--------|
| T1 | 191.1 | 187.1 |
| T2 | 187.47 | 184.67 |
| T3 | 195.69 | 189.35 |

Tabla ANOVA

| Fuente | Suma de cuadrados | Df | Cuadro medio | F-Ratio | Valor-p |
|------------------|-------------------|----|--------------|---------|---------|
| Entre grupos | 28.7766 | 1 | 28.7766 | 2.56 | 0.1846 |
| Dentro de grupos | 44.8944 | 4 | 11.2236 | | |
| Total (Corr.) | 73.671 | 5 | | | |

Pruebas de rango múltiple

Método: 95.0 por ciento Tukey HSD

| tratamiento | Caso | media | Grupos homogéneos |
|-------------|------|--------|-------------------|
| ST | 3 | 187.04 | X |
| UT | 3 | 191.42 | X |

| contraste | Sig. | diferencia | +/- limites |
|-----------|------|------------|-------------|
| ST - UT | | -4.38 | 7.5947 |

* denota una diferencia estadísticamente significativa

ANEXO 7. Datos y análisis de ácido palmítico de aceite de nogal andino

| Tratamiento | UT | ST |
|-------------|------|------|
| T1 | 4.58 | 5.56 |
| T2 | 4.57 | 5.55 |
| T3 | 4.63 | 5.63 |

Tabla ANOVA

| Fuente | Suma de cuadrados | Df | Cuadrado medio | Razon -F | Valor -P |
|---------------|-------------------|----|----------------|----------|----------|
| Entre grupos | 1.46027 | 1 | 1.46027 | 995.64 | 0.0000 |
| Intra grupos | 0.00586667 | 4 | 0.00146667 | | |
| Total (Corr.) | 1.46613 | 5 | | | |

Pruebas de rango múltiple

Metodo : 95.0 por ciento Tukey HSD

| tratamiento | casos | Media | Grupos homogenios |
|-------------|-------|-------|-------------------|
| ST | 3 | 0 | X |
| UT | 3 | 0.3 | X |

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Limites |
|-----------|------|------------|-------------|
| ST - UT | * | -0.3 | 0 |

* denota una diferencia estadísticamente significativa

ANEXO 8. Datos y análisis de ácido palmitoleico de aceite del nogal andino

| Tratamiento | UT | ST |
|-------------|------|------|
| T1 | 0.30 | 0.00 |
| T2 | 0.30 | 0.00 |
| T3 | 0.30 | 0.00 |

Tabla ANOVA

| Fuente | Suma de cuadrados | Df | Cuadrado medio | Razon-F | P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---|
| Entre grupos | 0.135 | 1 | 0.135 | | |
| Intra grupos | 0 | 4 | 0 | | |
| Total (Corr.) | 0.135 | 5 | | | |

Pruebas de rango múltiple

Metodo : 95.0 por ciento Tukey HSD

| tratamiento | Casos | Media | Grupos homogenios |
|-------------|-------|-------|-------------------|
| ST | 3 | 0 | X |
| UT | 3 | 0.3 | X |

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Limites |
|-----------|------|------------|-------------|
| ST - UT | * | -0.3 | 0 |

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

ANEXO 9. Ácido linolénico (omega 3) de aceite de nogal andino

| tratamiento | UT | ST |
|-------------|------|------|
| T1 | 6.86 | 7.8 |
| T2 | 6.24 | 7.25 |
| T3 | 7.20 | 8.19 |

Tabla ANOVA

| Fuente | Suma de cuadrados | Df | Cuadro medio | F-Ratio | Valor-p |
|------------------|-------------------|----|--------------|---------|---------|
| Entre grupos | 1.4406 | 1 | 1.4406 | 6.26 | 0.0666 |
| Dentro de grupos | 0.919933 | 4 | 0.229983 | | |
| Total (Corr.) | 2.36053 | 5 | | | |

Pruebas de rango múltiple

Método: 95.0 por ciento Tukey HSD

| tratamiento | Casos | media | Grupos homogéneos |
|-------------|-------|--------|-------------------|
| ST | 3 | 6.7667 | X |
| UT | 3 | 7.7467 | X |

| Contraste | Sig. | diferencia | +/- limites |
|-----------|------|------------|-------------|
| ST – UT | | 0.98 | 1.08716 |

* denota una diferencia estadísticamente significativa

ANEXO 10. Análisis de ácido linoléico (omega 6) de aceite de nogal andino

| tratamiento | UT | ST |
|-------------|-------|-------|
| T1 | 62.75 | 71.9 |
| T2 | 61.50 | 69.96 |
| T3 | 64.63 | 73.91 |

Tabla ANOVA

| Fuente | Suma de cuadrados | Df | Cuadro medio | F-Ratio | Valor-p |
|------------------|-------------------|----|--------------|---------|---------|
| Entre grupos | 120.512 | 1 | 120.512 | 37.76 | 0.0036 |
| Dentro de grupos | 12.7667 | 4 | 3.19167 | | |
| Total (Corr.) | 133.279 | 5 | | | |

Pruebas de rango múltiple

Método: 95.0 por ciento Tukey HSD

| tratamiento | Casos | media | Grupos homogéneos |
|-------------|-------|---------|-------------------|
| ST | 3 | 62.96 | X |
| UT | 3 | 71.9233 | X |

| contraste | Sig. | diferencia | +/- límites |
|-----------|------|------------|-------------|
| ST - UT | * | 8.96333 | 4.04999 |

* denota una diferencia estadísticamente significativa

ANEXO 11. Análisis de ácido oléico (omega 9) de aceite de nogal andino

| tratamiento | UT | ST |
|-------------|-------|-------|
| UT | 14.05 | 14.4 |
| UT | 13.07 | 13.97 |
| UT | 14.35 | 14.69 |

Tabla ANOVA

| Fuente | Suma de cuadrados | Df | Cuadro medio | F-Ratio | Valor-p |
|------------------|-------------------|----|--------------|---------|---------|
| Entre grupos | 0.42135 | 1 | 0.42135 | 1.45 | 0.2943 |
| Dentro de grupos | 1.15873 | 4 | 0.289683 | | |
| Total (Corr.) | 1.58008 | 5 | | | |

Pruebas de rango múltiple

Método: 95.0 por ciento Tukey HSD

| tratamiento | Casos | media | Grupos homogéneos |
|-------------|-------|---------|-------------------|
| ST | 3 | 13.8233 | X |
| UT | 3 | 14.3533 | X |

| contraste | Sig. | Diferencia | +/- límites |
|-----------|------|------------|-------------|
| ST - UT | | 0.53 | 1.22013 |

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

ANEXO 12. Análisis del porcentaje de lípidos de aceite de nogal andino

| tratamiento | UT | ST |
|-------------|--------|--------|
| T1 | 99.6 | 99.1 |
| T2 | 97.41 | 97.42 |
| T3 | 102.69 | 101.08 |

Tabla ANOVA

| Fuente | Suma de cuadrados | Df | Cuadro medio | F-Ratio | Valor-p |
|------------------|-------------------|----|--------------|---------|---------|
| Entre grupos | 0.735 | 1 | 0.735 | 0.14 | 0.7260 |
| Dentro de grupos | 20.787 | 4 | 5.19675 | | |
| Total (Corr.) | 21.522 | 5 | | | |

Pruebas de rango múltiple

Método: 95.0 por ciento Tukey HSD

| tratamiento | Casos | media | Grupos homogéneos |
|-------------|-------|-------|-------------------|
| ST | 3 | 99.2 | X |
| UT | 3 | 99.9 | X |

| contraste | Sig. | Diferencia | +/- límites |
|-----------|------|------------|-------------|
| ST - UT | | -0.7 | 5.16786 |

* denota una diferencia estadísticamente significativa

ANEXO 13. Análisis del porcentaje de rendimiento de aceite de nogal andino

| tratamiento | UT | ST |
|-------------|-------|-------|
| T1 | 34.58 | 50.07 |
| T2 | 38.65 | 57.72 |
| T3 | 43.57 | 55.68 |

Tabla ANOVA

| Fuente | Suma de cuadrados | Df | Cuadro medio | F-Ratio | Valor-p |
|------------------|-------------------|----|--------------|---------|---------|
| Entre grupos | 363.015 | 1 | 363.015 | 20.19 | 0.0109 |
| Dentro de grupos | 71.9159 | 4 | 17.979 | | |
| Total (Corr.) | 434.931 | 5 | | | |

Pruebas de rango múltiple

Método: 95.0 por ciento Tukey HSD

| tratamiento | Casos | media | Grupos homogéneos |
|-------------|-------|---------|-------------------|
| ST | 3 | 38.9333 | X |
| UT | 3 | 54.49 | X |

| contraste | Sig. | Diferencia | +/- límites |
|-----------|------|------------|-------------|
| ST - UT | * | 15.5567 | 9.6123 |

* denota una diferencia estadísticamente significativa

ANEXO 14. . Análisis químico de aceite del nogal andino



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0595-18-LAQ

SOLICITANTE: MARIA MARGARITA PACCO PORRAS
INSTITUCION: UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE MARIA ARGUEDAS
PROVINCIA : ANDAHUAYLAS
REGION : APURIMAC
MUESTRA : ACEITE ESENCIAL DE NOGAL
UT1 y ST1
FECHA : C/30/10/2018

RESULTADO ANALISIS:

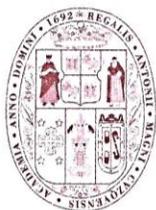
| | UT1 | ST1 |
|----------------------------------|--------|--------|
| Indice de Refraccion | 1.4746 | 1.4747 |
| Indice de Acidez mgKOH/g | 7.62 | 4.14 |
| Indice de Iodo mgI/g | 155.00 | 158.00 |
| Indice de Saponificación mgKOH/g | 191.10 | 187.10 |
| Lípidos totales % | 99.60 | 99.10 |

* Analisis Moderno de los Alimentos F.L. HART, H.J. FISHER

Análisis de Alimentos WINTON WINTON

Cusco, 09 de Noviembre 2018

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios Análisis
Melquiades Herrera Aruñaca
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
DE ANÁLISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICO
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0596-18-LAQ

SOLICITANTE: MARIA MARGARITA PACCO PORRAS
INSTITUCION: UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE MARIA ARGUEDAS
PROVINCIA : ANDAHUAYLAS
REGION : APURIMAC
MUESTRA : ACEITE ESENCIAL DE NOGAL
 UT2 y ST2
FECHA : C/01/11/2018

RESULTADO ANALISIS:

| | UT2 | ST2 |
|----------------------------------|--------|--------|
| Indice de Refraccion | 1.4747 | 1.4747 |
| Indice de Acidez mgKOH/g | 7.57 | 4.10 |
| Indice de Iodo mgI/g | 153.92 | 156.42 |
| Indice de Saponificación mgKOH/g | 187.47 | 184.67 |
| Lipidos totales % | 97.41 | 97.42 |

* Analisis Moderno de los Alimentos F.L. HART, H.J. FISHER

Análisis de Alimentos WINTON WINTON

Cusco, 09 de Noviembre 2018

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios Análisis

 Melquiades Herrera Arivilca
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO
 DE ANÁLISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICO
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0597-18-LAQ

SOLICITANTE: MARIA MARGARITA PACCO PORRAS
INSTITUCION: UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE MARIA ARGUEDAS
PROVINCIA : ANDAHUAYLAS
REGION : APURIMAC
MUESTRA : ACEITE ESENCIAL DE NOGAL
 UT3 y ST3
FECHA : C/03/11/2018

RESULTADO ANALISIS:

| | UT3 | ST3 |
|----------------------------------|--------|--------|
| Indice de Refraccion | 1.4947 | 1.4947 |
| Indice de Acidez mgKOH/g | 7.70 | 4.19 |
| Indice de Iodo mgI/g | 157.48 | 159.90 |
| Indice de Saponificación mgKOH/g | 195.69 | 189.35 |
| Lipidos totales % | 102.69 | 101.08 |

* Analisis Moderno de los Alimentos F.L. HART, H.J. FISHER

Análisis de Alimentos WINTON WINTON

Cusco, 09 de Noviembre 2018

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios Análisis

 Melquiades Herrera Arizaca
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO
 DE ANALISIS QUIMICO

ANEXO 15 Análisis de ácidos grasos de aceite de nogal andino



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS

LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad
AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973868855

Resultados

Cusco, 12 de Noviembre del 2018

Solicitante : Maria Pocco Porres
Tipo de Análisis : Determinación de Acidos Grasos
Metodo : Cromatografía de Gases GC-MS.
Tipo de Muestras : Frasco con liquido denominado "Aceite de Nogal"
Cantidad de Muestra : 2 aproximadamente 10 mL de cada uno
Almacenamiento : 4 °C.

Ácidos Grasos

| | Nombre | Nogal ST1 % | Nogal-UT1 % |
|----|------------------------------------|----------------|----------------|
| 1 | Caprilic Acid ME(C8:0) | 0 | 0 |
| 2 | Capric Acid ME (C10:0) | 0 | 0 |
| 3 | Lauric Acid ME (C12:0) | 0 | 0 |
| 4 | Tridecanoic Acid ME(C13:0) | 0 | 0 |
| 5 | Myristic Acid ME(C14:0) | 0 | 0 |
| 6 | Myristoleic Acid ME(C14:1 n9c) | 0 | 0 |
| 7 | Pentadecanoic Acid ME (C15:0) | 0 | 0 |
| 8 | Palmitic Acid ME (C 16:0) | 5.6 | 4.58 |
| 9 | Palmitoleic Acid ME (C16:1 n9c) | 0.3 | 0 |
| 10 | Heptadecanoic Acid ME (C17:0) | 0 | 0.00 |
| 11 | Stearic Acid ME(C18:0) | 0 | 0 |
| 12 | Elaidic Acid ME(C18:1n9t) | 0 | 0.00 |
| 13 | Oleic Actd ME(C18:1n9c) | 14.4 | 14.05 |
| 14 | Linoleic Acid ME(C18:2n6c) | 71.9 | 62.75 |
| 15 | LinolenicAcid ME(C18:3n3) | 7.8 | 6.86 |
| 16 | Arachidic Acid ME (C20:0) | 0 | 0 |
| 17 | cis-11 -Eicosenoic Acid ME (C20:1) | 0 | 0 |
| 18 | Behenic Acid ME (C22:0) | 0 | 0 |
| 19 | Erucic Acid ME(C22:1 n9) | 0 | 0 |

Nota: La identificación se baso mediante la comparación de un mix de 19 acidos grasos, la metodología desarrollada para la determinación de ácidos grasos es de acuerdo a la literatura descrito con algunas modificaciones:

- Frank David Improving the Analysis of Fatty Acid Methyl Esters Using Retention Time Locked Methods and Retention Time Databases Agilent Technologies, Inc. 2008

Quim. Jorge Choquenaira Parí
Analista del Laboratorio de Cromatografía y
Espectrometría – UNSAAC.
CQP - 914



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS

LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRIA – Pabellón de Control de
CalidadAV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973868855

Resultados

Cusco, 12 de Noviembre del 2018

Solicitante : Maria Pocco Porres
Tipo de Análisis : Determinación de Acidos Grasos
Metodo : Cromatografia de Gases GC-MS.
Tipo de Muestras : Frasco con liquido denominado "Aceite de Nogal"
Cantidad de Muestra : 2 aproximadamente 10 mL de cada uno
Almacenamiento : 4 °C.

Ácidos Grasos

| | Nombre | Nogal ST3 % | Nogal-UT3 % |
|----|------------------------------------|----------------|----------------|
| 1 | Caprylic Acid ME(C8:0) | 0 | 0 |
| 2 | Capric Acid ME (C10:0) | 0 | 0 |
| 3 | Lauric Acid ME (C12:0) | 0 | 0 |
| 4 | Tridecanoic Acid ME(C13:0) | 0 | 0 |
| 5 | Myristic Acid ME(C14:0) | 0 | 0 |
| 6 | Myristoleic Acid ME(C14:1 n9c) | 0 | 0 |
| 7 | Pentadecanoic Acid ME (C15:0) | 0 | 0 |
| 8 | Palmitic Acid ME (C 16:0) | 5.63 | 4.63 |
| 9 | Palmitoleic Acid ME (C16:1 n9c) | 0.3 | 0 |
| 10 | Heptadecanoic Acid ME (C17:0) | 0 | 0.00 |
| 11 | Stearic Acid ME(C18:0) | 0 | 0 |
| 12 | Elaidic Acid ME(C18:1n9t) | 0 | 0.00 |
| 13 | Oleic Actd ME(C18:1n9c) | 14.69 | 14.35 |
| 14 | Linoleic Acid ME(C18:2n6c) | 73.91 | 64.63 |
| 15 | LinolenicAcid ME(C18:3n3) | 8.19 | 7.20 |
| 16 | Arachidic Acid ME (C20:0) | 0 | 0 |
| 17 | cis-11 -Eicosenoic Acid ME (C20:1) | 0 | 0 |
| 18 | Behenic Acid ME (C22:0) | 0 | 0 |
| 19 | Erucic Acid ME(C22:1 n9) | 0 | 0 |

Nota: La identificación se baso mediante la comparación de un mix de 19 acidos grasos, la metodología desarrollada para la determinación de ácidos grasos es de acuerdo a la literatura descrito con algunas modificaciones:

- Frank David Improving the Analysis of Fatty Acid Methyl Esters Using Retention Time Locked Methods and Retention Time Databases Agilent Technologies, Inc. 2008

Quim. Jorge Choquenaira Pari
Analista del Laboratorio de Cromatografía y
Espectrometría – UNSAAC.
CQP - 914



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS

LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de
CalidadAV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973868855

Resultados

Cusco, 12 de Noviembre del 2018

Solicitante : Maria Pocco Porres
Tipo de Análisis : Determinación de Acidos Grasos
Metodo : Cromatografía de Gases GC-MS.
Tipo de Muestras : Frasco con liquido denominado "Aceite de Nogal"
Cantidad de Muestra : 2 aproximadamente 10 mL de cada uno
Almacenamiento : 4 °C.

Ácidos Grasos

| | Nombre | Nogal ST2 % | Nogal-UT2 % |
|----|------------------------------------|----------------|----------------|
| 1 | Caprilic Acid ME(C8:0) | 0 | 0 |
| 2 | Capric Acid ME (C10:0) | 0 | 0 |
| 3 | Lauric Acid ME (C12:0) | 0 | 0 |
| 4 | Tridecanoic Acid ME(C13:0) | 0 | 0 |
| 5 | Myristic Acid ME(C14:0) | 0 | 0 |
| 6 | Myristoleic Acid ME(C14:1 n9c) | 0 | 0 |
| 7 | Pentadecanoic Acid ME (C15:0) | 0 | 0 |
| 8 | Palmitic Acid ME (C 16:0) | 5.55 | 4.57 |
| 9 | Palmitoleic Acid ME (C16:1 n9c) | 0.3 | 0 |
| 10 | Heptadecanoic Acid ME (C17:0) | 0 | 0.00 |
| 11 | Stearic Acid ME(C18:0) | 0 | 0 |
| 12 | Elaidic Acid ME(C18:1n9t) | 0 | 0.00 |
| 13 | Oleic Actd ME(C18:1n9c) | 13.97 | 13.05 |
| 14 | Linoleic Acid ME(C18:2n6c) | 69.96 | 61.50 |
| 15 | LinolenicAcid ME(C18:3n3) | 7.25 | 6.24 |
| 16 | Arachidic Acid ME (C20:0) | 0 | 0 |
| 17 | cis-11 -Eicosenoic Acid ME (C20:1) | 0 | 0 |
| 18 | Behenic Acid ME (C22:0) | 0 | 0 |
| 19 | Erucic Acid ME(C22:1 n9) | 0 | 0 |

Nota: La identificación se baso mediante la comparación de un mix de 19 acidos grasos, la metodología desarrollada para la determinación de ácidos grasos es de acuerdo a la literatura descrito con algunas modificaciones:

- Frank David Improving the Analysis of Fatty Acid Methyl Esters Using Retention Time Locked Methods and Retention Time Databases Agilent Technologies, Inc. 2008

Quim. Jorge Choquenaira Pari
Analista del Laboratorio de Cromatografía y
Espectrometría – UNSAAC.
CQP - 914

ANEXO 16. Panel fotográfico



Recojo del nogal andino



Selección



obtención de la nuez del nogal andino

Fotografía de la extracción de aceite del nogal andino por dos diferentes métodos Soxhlet y ultrasonido



Preparación de la muestra para el secado



secado en estufa



Triturado del nogal andino



cortado del papel filtro para Soxhlet



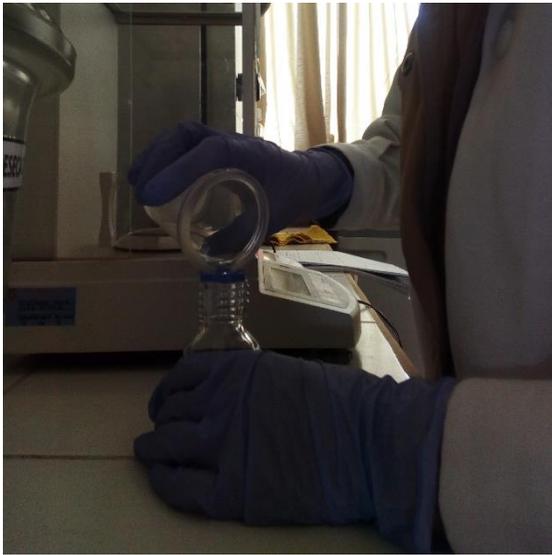
Preparación de la nuez del nogal para su extracción en el equipo Soxhlet



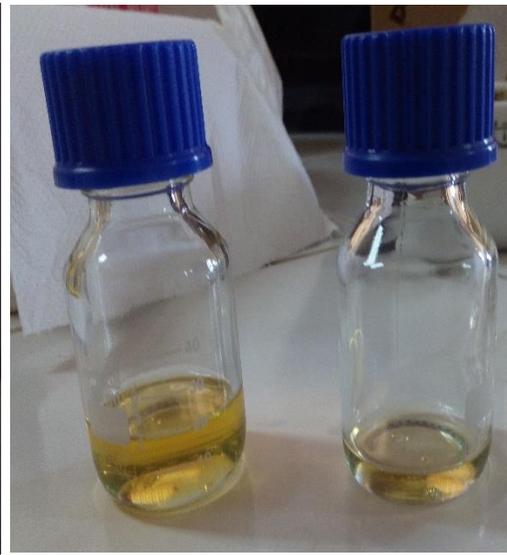
Extracción en equipo Soxhlet



Aceite extraído



Envasado de aceite en frascos de autoclave



almacenado de aceite

Fotografía de la experimentación en la extracción de aceite del nogal andino por ultrasonido



Preparación de muestra



Prensado y acondicionamiento de T°



Centrifugado



Aceite después del centrifugado



torta residual

APÉNDICE

CONSTANCIA DE TRADUCCIÓN
AL INGLÉS

Yo **ANTAY CCACCYA RIDHER REMIGIO** con DNI.N° 45638414 domiciliado en la Av. José Gálvez de la provincia de Andahuaylas con examen TOELF iBT con registro N° **00000030213688** confiero la constancia a la señorita **MARIA MARGARITA POCCO PORRAS** Se le expide la constancia, para los fines que estime conveniente.

Andahuaylas 01 de Julio del 2019


TOEFL iBT
AUTHORIZED TRANSLATOR
Ridher R. Antay Ccaccya
ESP. INGLÉS

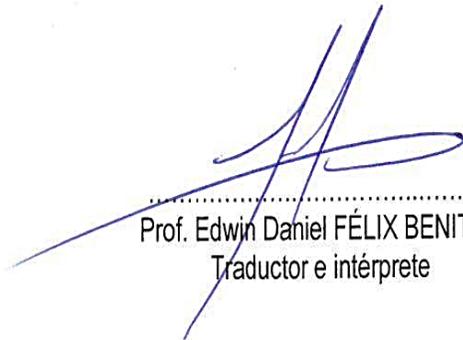
CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE EL PRESENTE DOCUMENTO, prof. Edwin Daniel FÉLIX BENITES, hace constar lo siguiente:

Que, el resumen del trabajo de investigación titulado *Comparación de métodos de extracción de aceite por soxhlet y ultrasonido a partir del nogal andino (junglas regia L.)*, que corresponde a la autoría de la Br. MARÍA MARGARITA POCO PORRAS, egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas, HA SIDO TRADUCIDO A LA LENGUA QUECHUA, por el suscrito.

Se expide la presente, a solicitud verbal de la interesada para los fines que estime por conveniente.

Andahuaylas, 03 de julio de 2019



Prof. Edwin Daniel FÉLIX BENITES
Traductor e intérprete



LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAJMA.

Con la autorización de depósito de mi trabajo de investigación otorgo a la Universidad Nacional de José María Arguedas, una Licencia No Exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAJMA, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la Universidad Nacional de José María Arguedas, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Nacional de José María Arguedas consignará el nombre del/los autores/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

- SI autorizo que se deposite inmediatamente.
 No autorizo.

Fecha: 19 de Julio del 2019


Firma

Documento de identidad: 70234327

Nombres y apellidos: María Margarita Pocco Porras





**FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL DE LA UNAJMA**

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de José María Arguedas, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 0203-2021 que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de José María Arguedas.

1. DATOS DEL AUTOR:

Nombres y Apellidos: María Margarita Pocco Porras

DNI / Carnet de Extranjería: 70234327

Pasaporte N°: --

Correo Institucional: 1011820121@unajma.edu.pe

Teléfono/Celular: 998346205

Correo Electrónico: mariapoccoporres@gmail.com

2. GRADO, TÍTULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

| Bachiller | Título Profesional | Magíster | Doctor | Segunda Especialidad |
|-----------|--------------------|----------|--------|----------------------|
| | X | | | |

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

| Tesis | Trabajo Académico | Trabajo de investigación | Trabajo de Suficiencia profesional |
|-------|-------------------|--------------------------|------------------------------------|
| X | | | |



**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ MARÍA ARGUEDAS**

licenciada por la Sunedu

4. DATOS DE LA PUBLICACION:

Título: COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE POR SOXHLET Y
ULTRASONIDO A PARTIR DE NOGAL ANDINO (*Junglas regia L.*)

5. DATOS DEL ASESOR:

Nombres y Apellidos: Fidelia Tapia Tadeo

DNI/Pasaporte/Cédula: 23934065

ORCID: 0000-0003-4892-941X

Firma

DOCUMENTO DE IDENTIDAD: María Margarita Pocco Porras

NOMBRES Y APELLIDOS: 70234327