

# UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

## Facultad de Ciencias de la Salud

### Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica



## TESIS

- Título** : **EXTRACCIÓN, CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ÁCIDOS GRASOS DEL ACEITE DE SEMILLA (*Opuntia Ficus-Indica*) “TUNA” PRODUCIDA EN ACOBAMBA - HUANCAVELICA – 2023**
- Para optar el** : **Título profesional de Químico Farmacéutico**
- Autores** : **Bach. Flores Macha, Reny Camila**  
: **Bach. Jeremias Vasquez, Janerin Milagros**
- Asesor** : **Dra. Molina Vallejos Gloria Mercedes**
- Línea de investigación** : **Salud y Gestión de la salud**
- Fecha de inicio y culminación de la investigación** : **Febrero del 2023 a enero del 2024**

Huancayo – Perú 2024

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida y las fuerzas necesarias para continuar con mis objetivos y metas trazadas.

A mi familia y a mis adorados padres, Sandro Flores, Ruth Macha, a mi hermana Rosa Flores por su apoyo incondicional que han hecho posible todo lo que he conseguido.

A mis maestros, por su paciencia infinita e impartir sus conocimientos para ser mejores profesionalmente.

*Flores Macha, Reny Camila*

## **DEDICATORIA**

A Dios y la Virgen María por guiar e iluminar mi camino del bien, brindarme sabiduría, salud y por permitir disfrutar junto a mis seres queridos los momentos más hermosos de mi vida.

A mi madre Carmen Vasquez con mucho amor por su confianza, por ser siempre mi apoyo incondicional, soporte en todo momento, pues sin ella no lo hubiera logrado.

A mis Maestros por su compromiso y paciencia infinita.

*Jeremias Vasquez, Janerin Milagros*

# CONSTANCIA DE SIMILITUD



NUEVOS TIEMPOS  
NUEVOS DESAFÍOS  
NUEVOS COMPROMISOS

## CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 00569-FCS -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la **Tesis Titulada:**

**EXTRACCIÓN, CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ÁCIDOS GRASOS DEL ACEITE DE SEMILLA (Opuntia Ficus-Indica) "TUNA" PRODUCIDA EN ACOBAMBA - HUANCVELICA – 2023**

Con la siguiente información:

Con autor(es) : BACH. FLORES MACHA RENY CAMILA  
BACH. JEREMIAS VASQUEZ JANERIN MILAGROS

Facultad : CIENCIAS DE LA SALUD

Escuela Profesional : FARMACIA Y BIOQUÍMICA

Asesor (a) : DRA. MOLINA VALLEJOS GLORIA MERCEDES

Fue analizado con fecha **27/12/2024** con **71 pág.;** en el Software de Prevención de Plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

Excluye Citas.

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

Otro criterio (especificar)

<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

El documento presenta un porcentaje de similitud de **24 %**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de Uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 30 de diciembre de 2024.



**MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI**  
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

## **AGRADECIMIENTO**

A DIOS por otorgarnos las fuerzas necesarias y darnos la oportunidad de aprovechar cada día.

A nuestros padres y familiares por darnos las fuerzas necesarias y confiar en cada paso que damos para ser mejores profesionalmente.

A nuestros Maestros por su paciencia infinita y dotarnos de conocimientos para lograr ser profesionales eficaces y eficientes.

A todas las personas de nuestro entorno cercano, quienes nos incentivaron a ser más perseverantes para la culminación de este trabajo de tesis.

*Flores Macha, Reny Camila  
Jeremias Vasquez, Janerin Milagros*

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis se estratifica de la siguiente manera; en el Capítulo I se establece la definición de la problemática de investigación asociado al aprovechamiento de la semilla de *Opuntia Ficus-indica* “tuna” ya que existe reducida información sobre la composición de ácidos grasos y características fisicoquímicas del aceite de dicha semilla. Por lo que la investigación propone como objetivo extraer por solvente y prensado en frío y su caracterización fisicoquímica, composición de ácidos grasos del aceite de semilla de *Opuntia ficus-indica* “tuna”.

En el Capítulo II se considera los antecedentes internacionales y nacionales relacionadas al aprovechamiento de aceites a partir de semillas de frutos, así como también la respectiva información teórica correspondiente a las variables de estudio, cómo son cuantificación de ácidos grasos, evaluación de características fisicoquímicas de la semilla de *Opuntia ficus-indica* “Tuna”, asimismo en el marco conceptual se presenta un listado de la terminología técnica con su respectiva definición.

El apartado del Capítulo III hace referencia a la formulación de la hipótesis general y las hipótesis específicas y el Capítulo IV determina la variable independiente (tipo de extracción) y la variable dependiente (rendimiento, perfil de ácidos grasos y características fisicoquímicas), de las cuales todas contienen su respectiva definición conceptual y operacional.

En el Capítulo V se hace mención sobre la metodología de la investigación científica, teniendo en cuenta que este estudio fue de tipo experimental y analítico de nivel explicativo donde la muestra fue 10 kg de tuna procedente de la provincia de Acobamba departamento de Huancavelica, seleccionadas mediante muestreo aleatorio. Las consideraciones éticas de esta investigación están alineados a los artículos 27° y 28° del Reglamento general de Investigación de la Universidad Peruana los Andes.

En el Capítulo VI se presenta el presupuesto de egresos e ingresos que se ejecutaron en la investigación, así mismo su respectivo cronograma de trabajo considerando las etapas desde el inicio hasta la presentación del informe final. El Capítulo VII presenta el listado el listado general de referencias bibliográficas según estilo Vancouver que fueron consideradas para la obtención de información sobre los apartados mencionados anteriormente.

# CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
CONSTANCIA DE SIMILITUD .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN .....	vi
CONTENIDO.....	vii
CONTENIDO DE TABLAS.....	x
CONTENIDO DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	14
1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA .....	14
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.3.1. Problema general .....	15
1.3.2. Problemas específicos .....	¡Error! Marcador no definido.
1.4. JUSTIFICACIÓN .....	15
1.4.1. Social .....	15
1.4.2. Teórica.....	16
1.4.3. Metodológica.....	16
1.5. OBJETIVOS .....	¡Error! Marcador no definido.
1.5.1. Objetivo general.....	¡Error! Marcador no definido.
1.5.2. Objetivos específicos .....	16
CAPITULO II .....	17
MARCO TEÓRICO .....	17
2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO .....	17
2.1.1. Internacionales.....	17
2.1.2. Nacionales .....	21
2.2. BASES TEÓRICAS .....	22
2.2.1. <i>Opuntia ficus-indica</i> “tuna” .....	22
2.2.1.1. Taxonomía de la <i>Opuntia Ficus-indica</i> “Tuna” ...	¡Error! Marcador no definido.
2.2.2. Ácidos grasos.....	24
2.2.3. Ácidos grasos omega-6.....	25
2.2.4. Ácidos grasos omega-3.....	25
2.2.5. Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas .....	26
2.3. MARCO CONCEPTUAL .....	28
2.3.1. <i>Opuntia ficus Tuna</i> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2. Cromatografía de Gas .....	28

2.3.3. Características fisicoquímicas .....	28
2.3.4. Perfil de ácidos grasos .....	28
2.3.5. Extracción por prensado (PE) .....	29
2.3.6. Extracción por solvente (Soxhlet) (SE).....	29
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>30</b>
<b>HIPÓTESIS .....</b>	<b>30</b>
3.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	30
3.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS .....	30
3.3. VARIABLES .....	30
3.3.1. Variable independiente: tipo de extracción.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.3.1. Definición conceptual: .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.3.1.2. Definición operacional.....	30
3.3.2. Variable dependiente:.....	31
3.3.2.1. Definición conceptual .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.3.2.2. Definición operacional.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>32</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>32</b>
4.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	32
4.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	32
4.3. NIVELES DE INVESTIGACIÓN.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	33
4.5. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	33
4.5.1. Criterios de Inclusión.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.5.2. Criterio de exclusión .....	34
4.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATO .....	34
4.6.1. Técnica general.....	34
4.6.2. Instrumentos .....	34
4.6.3. Procedimiento de recolección de datos .....	34
4.6.4. Procedimientos de la Investigación.....	35
4.7. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	38
4.7.1. Diseño Estadístico .....	38
4.8. ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	37
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>40</b>
5.1. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS .....	40
C. Composición química proximal de semilla de tuna producida en Colcabamba .....	42
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>47</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>49</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>50</b>

<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>55</b>
<b>1. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....</b>	<b>56</b>
<b>2. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....</b>	<b>57</b>
<b>3. Ficha de recolección de datos: Porcentaje de rendimiento de la extracción de aceite de semilla de tuna (Prensado en frio).....</b>	<b>58</b>
<b>4. Ficha de recolección: Porcentaje de rendimiento de la extracción de aceite de semilla de tuna (Solvente) .....</b>	<b>59</b>
<b>5. Ficha de recolección: Perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de tuna .....</b>	<b>60</b>
<b>GALERÍA FOTOGRÁFICA DE OBTENCIÓN DE FRUTOS DE TUNA.....</b>	<b>61</b>
<b>COMPROMISO DE AUTORÍA.....</b>	<b>66</b>
<b>COMPROMISO DE AUTORÍA.....</b>	<b>67</b>
<b>DECLARACION DE CONFIDENCIALIDAD.....</b>	<b>68</b>

## CONTENIDO DE TABLAS

<b>Tabla 1: Clasificación taxonómica de la “tuna” .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 2: Resultados de los componentes de aceite de semilla de tuna a través de la cromatografía.....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 3: Resultados de las características físicas presentadas del aceite de semilla de tuna.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 4: composición química de la semilla de tuna .....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 5: Propiedades fisicoquímicas obtenidas por prensado del aceite de semilla de opuntia ficus-indica.....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 6: Rendimiento del aceite de semilla de tuna por método de extracción y solvente.....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 7: Media de extracción por solvente y prensado de aceite de semilla de tuna.....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 8: Resultado de significancia bilateral de aceite de semilla de tuna.....</b>	<b>45</b>

## CONTENIDO DE FIGURAS

<b>Figura 1: Opuntia ficus-indica de la provincia de Acobamba.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 2: Fruto de la tuna extraído desde Acobamba.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 3: Esquema del procesamiento para la obtención y tratamiento de la semillade frutos de tuna recolectadas en la provincia de Acobamba, Departamento de Huancavelica.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 4 : Procedimiento de extracción de aceite por prensado .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 5: Procedimiento de extracción de aceite de semilla de tuna son solventes .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 6: Diagrama del proceso analítico de la Determinación del Perfil de ácidos grasos en el aceite de la semilla de tuna por GC-MS.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 7: Resultados de la cromatografía de gases del aceite de la tuna.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 8: Resultados de los componentes de ácidos grasos del aceite de semilla de tuna.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 9: Composición química de semilla de tuna obtenido por bromatología</b>	<b>43</b>
<b>Figura 10: Barra de error por extracción de solvente y prensado sobre el rendimiento del aceite de semilla de tuna.....</b>	<b>46</b>

## RESUMEN

La tuna en el Perú es uno de los frutos que desde antaño forma parte del crecimiento económico del sector rural, pues las características de su cultivo favorecen a la producción masiva, por lo que están disponibles en diversos mercados a nivel mundial. La globalización en la actualidad ha facilitado el acceso universal del consumo de las tunas. El óleo de la semilla de *Opuntia ficus-indica* más conocido como la “tuna” ha sido aprovechado por las propiedades beneficiosas que este presenta para la salud. Por este motivo el objetivo final de este estudio fue determinar el efecto de la variación de los métodos de extracción por solvente y por prensado sobre el rendimiento, características fisicoquímicas asimismo la composición de ácidos grasos del aceite de semilla *Opuntia ficus-indica* “tuna”. Esta investigación realizada es un estudio aplicado, con un diseño experimental, se hizo uso de la observación como técnica para la recolección de la información, de igual forma se empleó como instrumento la ficha de recolección de datos y para el procesamiento y análisis de datos se utilizó el método recomendado por la AOCS (2009). Para las características de la muestra seleccionada en este estudio se empleó los criterios de exclusión e inclusión. Los resultados obtenidos fueron que el promedio del índice de Iodo fue mayor en 106,73 siendo la más predominante y con mayor grado de instauración, a diferencia de la humedad que presento un menor promedio con 0,24. El contenido químico bromatológico de la semilla de la tuna por cada 100 g, presento alto contenido de fibra cruda con 67.96 % y proteínas de 8.66 % con un promedio mayor los demás componentes. La media de la extracción por solvente, fue la más representativa con 51 % a diferencia de la extracción por el otro método que fue 38% en relación al rendimiento del aceite de semilla *Opuntia ficus-indica*, para el procesamiento de los datos obtenidos se empleó en la hoja de cálculo del software MICROSOFT Excel 2016 y Stat Graphics V16. Concluyendo así el efecto significativo de la variación por el método de extracción con solvente y por prensado en frío sobre el rendimiento, las características fisicoquímicas como también de la composición de los ácidos grasos del aceite de semilla de *Opuntia ficus-indica* “tuna”.

**Palabras claves:** *Opuntia ficus-indica*, extracción por solvente, extracción por prensado en frío.

## ABSTRACT

The prickly pear in Peru is one of the fruits that has long been part of the economic growth of the rural sector, since the characteristics of its cultivation favor mass production, which is why it is available in various markets worldwide. Today's globalization has facilitated universal access to the consumption of prickly pears. The oil from the *Opuntia ficus-indica* seed, better known as the “prickly pear”, has been used for its beneficial health properties. For this reason, the final objective of this study was to determine the effect of the variation of solvent extraction and pressing methods on the yield, physicochemical characteristics as well as the fatty acid composition of *Opuntia ficus-indica* “prickly pear” seed oil. This research carried out is an applied study, with an experimental design, observation was used as a technique for collecting information, in the same way the data collection sheet was used as an instrument and for data processing and analysis used the method recommended by the AOCS (2009). For the characteristics of the sample selected in this study, the exclusion and inclusion criteria were used. The results obtained were that the average Iodine index was higher at 106.73, being the most predominant and with a higher degree of establishment, unlike humidity, which had a lower average with 0.24. The bromatological chemical content of the prickly pear seed per 100 g, presented a high content of crude fiber with 67.96% and proteins of 8.66% with a higher average of the other components. The average of the solvent extraction was the most representative with 51%, unlike the extraction by the other method, which was 38% in relation to the yield of *Opuntia ficus-indica* seed oil. To process the data obtained, in the spreadsheet software MICROSOFT Excel 2016 and Stat Graphics V16. Thus concluding the significant effect of the variation by the solvent extraction method and by cold pressing on the yield, the physicochemical characteristics as well as the composition of the fatty acids of the seed oil of *Opuntia ficus-indica* “prickly pear”.

**Keywords:** *Opuntia ficus-indica*, solvent extraction, cold pressing extraction.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

La tuna es una planta tropical de la familia de las cactáceas, originaria de América Latina, forma parte del paisaje natural y de los sistemas agrícolas, mundialmente muchas regiones han adaptado perfectamente a zonas áridas.

La fruta de la tuna que proviene del nopal está dando importancia en diferentes partes del mundo, especialmente en los países en desarrollo. Porque creen que esta fruta podría desarrollarse como una producción alternativa. Ya que no necesita mucha agua para poder reproducirse y no sólo por su superioridad sobre otros cultivos, sino también por su valor nutricional, las propiedades sensoriales que aporta el aroma y sabor característicos de la especie. En nuestro país, la tuna es predominante en zonas costeras, montañosas y selváticas debido a diversas condiciones ambientales. Cabe señalar que la tuna se produce en 15 departamentos del Perú, siendo Ayacucho y Cuzco los mayores productores con 32,6% y 22,8% respectivamente.

### **1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

Los pasos considerados para el desarrollo del proceso empírico de la investigación fueron los siguientes: Se cosecharán los frutos de tunas en la provincia de Acobamba departamento de Huancavelica y se procederá al procesamiento para separar y deshidratar las semilla de *Opuntia ficus* –indica “tuna” y su evaluación del perfil de ácidos grasos y características fisicoquímicas en el interior de los laboratorios de Bromatología y microbiología de la Carrera

profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Peruana los Andes ubicado en la Av. Mártires del periodismo cuadra 20 (Ex Calmell del Solar) Chorrillos-Huancayo Departamento de Junín.

### **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1. Problema general**

¿La variación de los métodos de extracción de aceite por solvente y por prensado en frío afectan en el rendimiento, características fisicoquímicas y composición de ácidos grasos del aceite de semilla de *Opuntia ficus-indica* “tuna”?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿La variación de los métodos de extracción por solvente y por prensado en frío afectan en el rendimiento del aceite de semilla de *Opuntia ficus-indica* “tuna”?
- ¿La variación de los métodos de extracción del aceite por solvente y por prensado en frío afectan en las características fisicoquímicas del aceite de semilla de *Opuntia ficus-indica* “tuna”?
- ¿La variación de los métodos de extracción del aceite por solvente y por prensado en frío afectan en la composición de ácidos grasos del aceite de semilla de *Opuntia ficus-indica* “tuna”?

### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

#### **1.4.1. Social**

Las nuevas fuentes aceites vegetales a partir de frutos nativos hoy en día tienen mucha importancia, por sus diferentes propiedades funcionales que presenta y considerando que existen reducidas investigaciones en el aprovechamiento de las semillas de frutos que representan un desecho agroindustrial.

Uno de los factores que impulsa el avance de nuevas investigaciones radica en el hecho de que gran parte de la población a nivel mundial siendo específicamente un 80% de personas quienes no tienen acceso a tratamientos farmacológicos. Es por ello que en esta investigación se tiene la necesidad de incrementar los conocimientos como también el consumo de aceite vegetales de nuevas fuentes naturales, a fin de conocer mejor las propiedades del aceite

para lograr un mejor aprovechamiento de estos recursos alimenticios no tradicionales.

#### **1.4.2. Teórica**

Las semillas de *Opuntia ficus-indica* “tuna” es una nueva fuente de aceites vegetales con un potencial de ácidos grasos insaturados de alta actividad biológica, además algunos autores constatan la existencia de las propiedades nutritivas y curativas frente a múltiples afecciones.

#### **1.4.3. Metodológica**

En la actualidad el Perú no cuenta con suficientes investigaciones sobre el aprovechamiento de nuevas fuentes de aceites vegetales, por ello es necesario que se establezca el proceso de cuantificación del contenido de ácidos grasos y características fisicoquímicas del aceite obtenido a partir de semilla de *Opuntia ficus-indica* “tuna” que se produce en la provincia de Acobamba perteneciente al departamento de Huancavelica de acuerdo a las especificaciones mencionadas en las Normas Técnicas peruanas relacionadas a aceites vegetales.

### **1.5. OBJETIVO**

#### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar el efecto de la variación de los métodos de extracción de aceite por solvente y por prensado en frío sobre el rendimiento, características fisicoquímicas y composición de ácidos grasos del aceite de semilla de *Opuntia ficus-indica* “tuna”.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de la variación de los métodos de extracción por solvente y por prensado en frío sobre el rendimiento expresado en porcentaje del aceite de semilla de *Opuntia ficus-indica* “tuna”.
- Determinar el efecto de la variación de los métodos de extracción por solvente y por prensado en frío sobre las características fisicoquímicas (acidez, índice de saponificación, peróxido, iodo e índice de refracción) del aceite de semilla de *Opuntia ficus-indica* “tuna”.
- Determinar el efecto de la variación de los métodos de extracción por solvente y por prensado en frío sobre la composición de ácidos grasos del aceite de semilla *Opuntia ficus-indica* “tuna”.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO**

##### **2.1.1. Internacionales**

Alya J. et al. <sup>(1)</sup>, en su estudio sobre los beneficios de cactus *Opuntia dillenii*. El objetivo de este estudio fue determinar el contenido y composición de semillas de frutos de higo chumbo de Irak. Los resultados mostraron que *Opuntia dillenii* contenía 9,5% de semillas del fruto entero mientras que el aceite extraído presentaba 6,5% de la composición total de semillas. El análisis de ácidos grasos reveló que el linoleico poliinsaturado (72,9%), el ácido palmítico saturado (15,12%) y el ácido esteárico (7,51%) presentaron los principales Ácidos grasos de semilla de *Opuntia dillenii*. El análisis del aceite de semilla de cactus demostró tener una fuerte capacidad antioxidante estimada por su capacidad para reducir la oxidación. Por su alta composición en ácidos grasos saturados (>22%) y rico linoleica composición ácida (72,9%), *Opuntia dillenii* presenta una fuente alternativa con varios beneficios para la salud beneficios al reducir los riesgos de colesterol.

Wit M. et al. <sup>(2)</sup>, en su investigación sobre la evaluación del rendimiento del aceite, los ácidos grasos compuestos de este, las propiedades fisicoquímicas, calidad y la estabilidad del aceite de semilla prensado de una muestra de doce cultivares de nopal comercialmente producido. La diferencia que se observó en el contenido del aceite como de su composición de ácidos grasos y propiedades fisicoquímicas fueron muy notorias. El porcentaje que oscilo el contenido de aceite fue entre 2,51% y 5,96% (Meyers y American Giant). en este mismo

estudio se llegaron a detectar ácidos grasos muy importantes como C16:0, C18:0, C18:1c9 Y C18:2c9,12, CON c18:2c9:12, ácido graso dominante, presento un rango de 58,57 a 65,73%, seguido de C18:1c9, con un rango de entre 13,18 y 16,07 %, C16:0, que osciló entre 10,97 y 15,07 %, y C18:0, que osciló entre 2,62 y 3,18 %. Se detectaron en pequeñas cantidades, asimismo se hallaron otros ácidos grasos como C14:0, C16:1c9, C 17:0, C17:1c10, C20:0, C18:3c9,12,15 y C20:3c8,11,14. El contenido de aceite, la composición de ácidos grasos y las propiedades fisicoquímicas han influenciado en gran cantidad en los parámetros de calidad. La correlación negativa entre el contenido de aceite, PV, %FFA, RI, IV, Tocoferoles, ORAC y el valor de p- anisidina entre el OSI. C18:0; C18:1c9; C18:2c9; MUFA; AGPI; n-6 PUFA/SFA Y OSI. Resultando así American Giant, el cultivar con rasgo de buena calidad en relación a la estabilidad oxidativa y el contenido de aceite.

Ramadan M. et al. <sup>(3)</sup>, en su estudio sobre la comparación de la y semillas y pulpa de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) en términos de ácidos grasos, clases de lípidos, esteroides, vitaminas liposolubles vitaminas y b-caroteno. Determinaron que los lípidos totales (LT) en semillas y pulpa liofilizadas fueron 98,8 (peso seco) y 8,70 g/kg, respectivamente. Se encontraron cantidades de lípidos neutros (87,0% de LT) en el aceite de semilla, mientras que los glicolípidos y fosfolípidos se encontraron en niveles altos en la pulpa. En ambos aceites, el ácido linoleico fue el ácido graso dominante, seguido por los ácidos palmítico y oleico, respectivamente. Los ácidos- $\alpha$ -linolénico se estimaron en cantidades más altas en el aceite de pulpa, entre tanto el ácido  $\alpha$ -linolénico únicamente se detectó en niveles bajos en aceite de semilla. La información provista por el presente trabajo es de importancia para futuras investigaciones químicas del aceite de tuna y su aprovechamiento industrial del fruto como materia prima de aceites y alimentos funcionales.

Paucara C. (4), en su investigación sobre las características fisicoquímicas de la tuna, realizando un proceso de 3 fases las cuales son: la caracterización física, composición química como también la percepción de la gente a través de una encuesta sobre el consumo de la fruta. Los resultados indican que el peso total, el peso de la cáscara, pulpa, así mismo como el tamaño y grosor de la semilla estadísticamente la variedad de color naranja, respecto al diámetro la diversidad

de color blanco y respecto al peso y el tamaño de la semilla y cascara respectivamente, los resultados fueron estadísticamente iguales. Respecto a la composición química de contenido de fibra, proteínas, grasas, cenizas, carbohidratos, minerales y vitaminas y de la cantidad de agua y sacarosa; Los niveles altos de Vitamina A y C, calcio, grasa y ° Brix, desatacan en tunas de color naranja, mientras tanto en los frutos de color rojo resultan altas cantidades de cenizas, valor energético, fosforo, fibra y carbohidratos y respecto a las tunas de color blanco presentan altos niveles de proteínas y humedad.

Alqurashi A. et al <sup>(5)</sup>, en su trabajo de investigación tuvo como objetivo la caracterización química del aceite de semilla de *Opuntia ficus-indica* proveniente desde Taif, Reino de Arabia Saudita. La metodología utilizada fue el análisis GC-MS y HPLC para evaluar sus actividades antioxidantes, antivirales, antifúngicas, antibacterianas y anticancerígenas. Los resultados indica que el ácido Linolénico fue el ácido graso predominante en el aceite *Opuntia ficus-indica*, seguido por ácido oleico, linoleico, palmítico y ácido esteárico. También se identificó el tocoferol total ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -tocoferol) con 24,02  $\mu\text{g/mL}$ ; el campesterol, fitosterol, seguido de  $\gamma$ - y  $\beta$ -sitosterol y estigmasterol. Los componentes fenólicos con 30,5 mg de equivalente de ácido gálico por ml de aceite con 89,2% de actividad antioxidante (% radical DPPH inhibición). El aceite *Opuntia ficus-indica* mostró una eficacia de inhibición contra las cepas microbianas especialmente *Saccharomyces cerevisiae* con un diámetro ( $28,3 \pm 0,4$ ), MBC (15  $\mu\text{g/mL}$ ) y MIC bacteriostático (10  $\mu\text{g/mL}$ ). El aceite *Opuntia ficus indica* exhibió un efecto antiviral ( $22.67 \pm 2.79\%$ ) a 300  $\mu\text{g/mL}$  de Aceite contra el virus herpes simplex tipo 2 (HSV-2). En conclusión, los compuestos bioactivos del aceite *Opuntia ficus indica*, así como sus principales actividades biológicas, lo convierten en un candidato prometedor para las enfermedades no transmisibles y el control de la enfermedad.

Mannoubi I. et al <sup>(6)</sup>, En su estudio tuvo como objetivo la caracterización del aceite de semilla de *Opuntia ficus-indica* provenientes desde Tunez. La metodología consistió en extraer la fracción lipídica de semillas de *Opuntia ficus indica* y el análisis de la composición química y de las propiedades fisicoquímicas como índice de acidez, porcentaje de ácidos grasos libres (% FFA), índice de yodo, índice de peróxido y valor de saponificación, así como el

índice de refracción y la densidad. Los resultados indican un 11,75% en relación al rendimiento de aceite de semilla. Los valores obtenidos sobre la acidez y ácidos grasos libres indicaron que el aceite tiene una acidez bastante baja. Los triacilglicerol, se identificaron ácidos grasos, esterol y tocoferol y se determinaron sus concentraciones. El ácido linoleico(60,69%) fue el ácido graso predominante, seguido de los ácidos oleico (21,42%) y palmítico (12,76%), respectivamente. Un alto nivel estaban presentes esterol que componían 16,06 g/kg de aceite de semilla. Se concluye que el marcador de esterol,  $\beta$ -sitosterol, representó el 71,60% del contenido total de esterol en el aceite de semilla y entre los tocoferol presentes en el aceite, el  $\gamma$ -tocoferol (421,08 mg/kg) fue el principal constituyente.

Al-Naqeb G. et al <sup>(7)</sup>, en la revisión sobre la tuna (*Opuntia ficus-indica* L.) es un miembro de la familia Cactaceae originalmente cultivada en América del Sur, y la planta ahora se distribuye a muchas partes del mundo, incluido el Medio Este. La composición química y las actividades biológicas de las diferentes partes de la tuna, incluyendo cladodios, flores, frutos, semillas y aceite de semillas, fueron previamente investigadas. El aceite de las semillas ha sido conocido por su valor nutritivo y puede ser potencialmente utilizado para la promoción de la salud. Esta reseña es un esfuerzo por cubrir lo que realmente hasta la fecha sobre la extracción de aceite de semillas de higo chumbo, características, composición química y beneficios potenciales para la salud para inspirar la necesidad de mayor investigación e investigación futura. El aceite de semillas de higo chumbo ha sido extraído utilizando diferentes técnicas de extracción, desde convencionales hasta avanzadas. Caracterización química del aceite ha sido suficientemente estudiada, y es suficientemente entendido que el aceite es un aceite alto en linoleico. Su composición está influenciada por la variedad y el ambiente y también por el método de extracción. Diversos investigadores informaron sobre los beneficios para la salud del aceite de semilla de higo chumbo. Para futuras investigaciones, Se justifican estudios adicionales sobre los mecanismos de acción de las actividades biológicas reportadas para desarrollar productos nutracéuticos para la prevención de diversas enfermedades crónicas humanas.

Masmoudi M. et al <sup>(8)</sup>, el análisis de las tortas de semilla se higo chumbo a través del método prensado con tornilla de cuatro variedades tunecinas con el objetivo de determinar su propiedades químicas, funcionales y antioxidantes, junto a las características fisicoquímicas procedentes de los aceites extraídos. Esta extracción rindió del 40,14 al 62,95% de aceite. La composición de ácidos grasos (AG) reveló dominancia de ácidos linoleico y oleico y alto contenido de AG poliinsaturados (~69-74 %) con presencia de ácidos  $\gamma$ -linolénico, docosadienoico y eicosapentanoico. Las altas cantidades de fibras dietéticas de la caracterización de las semillas de la torta fueron 82,41 – 83,54%, el contenido importante de polifenoles (~113-180.81 mg GAE/100g materia seca (MS)) y actividad secuestrante (IC50: 450-763  $\mu$ g/mL), buena capacidad de retención de aceite (4,31 g/g para la variedad *Opuntia Stricta*) y color beige claro. La composición de aminoácidos reveló que los componentes principales eran ácido glutámico, arginina y ácido aspártico. Se concluye que los datos indican que las semillas de *Opuntia* prensadas en frío podrían ser una fuente de concentrados de fibra que podrían utilizarse como ingredientes funcionales en la industria alimentaria, así como aceites de buena calidad.

### 2.1.2. Nacionales

Coavoy I. <sup>(9)</sup>, en su investigación sobre la valoración de la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos de la tuna morada (*Opuntia ficus-indica*) provenientes del distrito de San Bartolomé, Huarochirí, Lima. Tuvo como objetivo la evaluación de la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos de la tuna morada (*Opuntia ficus-indica*). Los resultados indican un pH de 6.61, La acidez presentante fue de 0.06 g. de ácido cítrico/100 mL, 11.67°Brix y un índice de madurez de  $182.86 \pm 8.96$ . Así mismo el mayor contenido de compuestos fenólicos fue de 1002.47mg ácido gálico/L y con una capacidad antioxidante del 40.18% a una concentración de etanol de 80%, y a una temperatura de 60°C.

Yupanqui F <sup>(10)</sup>, en su estudio que presenta como objetivo la evaluación de los efectos que presenta la harina de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en la concentración de detergentes en aguas residuales de lavandería provenientes del distrito de San Juan de Lurigancho. La metodología que se utilizó fue los procesos secuenciales para la obtención de la harina de tuna como también de la

obtención de muestras, con el fin de evaluar los efectos de ente en la reducción de detergentes en efluentes de la lavandería, haciendo uso equipos de prueba de jarras. Los resultados indicaron la utilización de 04 dosis de harina de tuna de 5 gr/1.10 gr/l, 15gr/l, 20 gr/l, r, respectivamente. Para el análisis de concentración de detergentes, antes y después de la prueba de jarras se realizó en el laboratorio. En conclusión, hay una reducción considerable de 74,34% con uso de la harina de Tuna (*Opuntia ficus-indica*) y una dosis más elevada de 20 gr/L de harina de tuna con el método de pruebas de jarras.

Mostacero Y. <sup>(11)</sup>, en su estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia del estadio de madurez y postcosecha en relación a las características físicas y químicas, como también sensoriales de la diversidad de la tuna amarilla. La metodología utilizada fue de un diseño de 18 experimentos, aplicando la metodología de superficie de respuesta para el análisis de los datos. Los resultados indican una influencia significativa ( $p$  valor  $< 0,05$ ) entre el estadio de madurez y postcosecha y la pérdida de peso del fruto. Así mismo no existió influencia significativa ( $p$  valor  $> 0.05$ ) entre el estadio de madurez y postcosecha en relación a la densidad. Empero se mostró una influencia significativa entre la humedad por el efecto del estadio de madurez. Existió influencia significativa entre la firmeza, solidos solubles y la acidez en relación al estadio de madurez y el tiempo. En cuanto al pH la significancia entre la temperatura de refrigeración. al pH, fue significativo a la temperatura de refrigeración. A través del proceso de investigación se concluye que existe una influencia significativa sobre la aceptabilidad del color en relación del estadio de madurez y postcosecha sobre el olor, sabor y textura. Resultando así una relación directamente proporcional entre el tiempo y la aceptabilidad de dichos atributos. Las condiciones consideradas óptimas para la tuna son las ser cosechadas en estadio 4 y almacenadas a 9° C hasta 4 semanas de almacenamiento, condiciones que dieron como resultado una fruta con aceptabilidad calificada entre “bueno” y “muy bueno”

## **2.2. BASES TEORICAS**

### **2.2.1. *Opuntia ficus-indica* “tuna”**

La *Opuntia ficus-indica* “tuna” proviene del país de México. La planta

presenta una longitud promedio de aproximadamente 15 cm de largo, el fruto como baya elipsoidal, de color amarillo o rojos, presentando en la superficie areolas con espinas muy finas que deben cortarse o removerse antes de comer la fruta. La característica de la pulpa es delgada y se deriva de la pared del ovario, constituyendo el 60% del fruto; el centro está relleno de una masa gelatinosa y verduzca donde hay numerosas semillas cubiertas por tejidos duros. <sup>(12)</sup>

#### 2.2.1.1. Taxonomía de la *Opuntia ficus-indica* “tuna”

La taxonomía de la *Opuntia ficus-indica* conocida vulgarmente como “Tuna” se encuentra distribuido en gran parte del Perú. De acuerdo al Museo de Historia Natural, de la Universidad Nacional Mayor De San Marcos, clasificada taxonómicamente según el Sistema De Clasificación APG IV (2016), pertenece al orden *Caryophyllales* Juss. Ex Bercht. & J. presl, familia *Cactaceae* Juss., género *Opuntia* Mill., especie *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.



**Figura 1:** *Opuntia ficus-indica* de la provincia de Acobamba  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 2:** Fruto de la tuna extraído desde Acobamba  
Fuente: Elaboración propia

### Clasificación taxonómica de la *Opuntia Ficus-Indica*

Orden	<i>Caryophyllales Juss. Ex Bercht. &amp; J. Presl</i>
Familia	<i>Cactaceae Juss.</i>
Genero	<i>Opuntia Mill.</i>
Especie	<i>Opuntia Ficus-Indica (L.) Mill.</i>

**Tabla 1:** *Opuntia ficus-indica*-Clasificación taxonómica

Fuente: Clasificación taxonómica realizado por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

#### 2.2.2. Ácidos grasos

Los ácidos grasos (AG) se oxidan para proporcionar energía, se almacenan en el tejido adiposo y se incorporan en los fosfolípidos (PL) de todas las membranas celulares. Los mamíferos no pueden sintetizar AGPI omega-3 y omega-6, por lo que deben ingerirse a través de la dieta. Estos FA se denominan ácidos grasos esenciales (AGE) [26]. Los AGPI omega-6 surgen del ácido linoleico (LA; 18:2n-6), mientras que los AGPI omega-3 se derivan del ácido  $\alpha$ -linoleico (ALA, 18:3n-3). Los ácidos grasos de la dieta pueden influir en las fracciones de lípidos en sangre, la presión arterial, la tendencia trombótica, la insulina resistencia, estrés oxidativo y función endotelial. <sup>(13)</sup>

Las grasas y aceites dietéticos consisten en triglicéridos, compuestos orgánicos que consisten en tres ácidos grasos (AG) unidos a una estructura de glicerol. Los triglicéridos pueden aparecer como líquidos o sólidos a temperatura ambiente dependiendo del estado de saturación de sus ácidos grasos. La estructura química de los FA está compuesta por una cadena de al menos 2 átomos de carbono (C), con un grupo metilo en la cola (extremo omega) y un grupo carboxilo en la cabeza (extremo delta), que se une a un glicerol cuando está en estructura de triglicéridos. Los ácidos grasos se dividen luego en categorías saturadas o insaturadas. Los ácidos grasos saturados carecen de dobles enlaces entre los átomos de C y se encuentran con mayor frecuencia en productos lácteos y grasas animales. <sup>(14)</sup>

Esta falta de dobles enlaces induce una estructura recta e inflexible que contribuye a la solidificación a temperatura ambiente. Los ácidos grasos insaturados tienen al menos un doble enlace entre los átomos de C y se encuentran con mayor frecuencia en los aceites vegetales. <sup>(14)</sup>

Los dobles enlaces imparten fuerza que permite doblar la estructura, cambiar su forma y contribuir a que el triglicérido sea líquido a temperatura ambiente. Los ácidos grasos insaturados se pueden dividir en función de su número de dobles enlaces. Los ácidos grasos monoinsaturados tienen solo un doble enlace, mientras que los PUFA tienen dos o más dobles enlaces. Los ácidos grasos también se pueden clasificar por la longitud de su cadena de carbono, ya sea como corta (2-4 C), media (6-10 C), larga (12-18 C) o muy larga (20 o más C). LA tiene la mayor abundancia de ácidos grasos en nuestra dieta, seguida por el ácido alfa-linoleico (18:3n-3, ALA). Principales fuentes de ácidos grasos poliinsaturados omega-3, ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA), son pescados y mariscos, mientras que los aceites vegetales de semillas, los huevos, las aves y la carne de cerdo contienen grandes cantidades de ácidos grasos omega-6. <sup>(14)</sup>

### **2.2.3. Ácidos grasos omega-6**

Hace más de 40 años, se sugirió que el LA disminuía la colesterolemia y la dieta se emitieron directrices sobre el aumento de la ingesta de AL. Consumo de grasas poliinsaturadas (principalmente LA) aumentó de aproximadamente el 3% de la energía en la década de 1950 a alrededor del 6-7% de la energía en EE. UU., y este aumento de la ingesta de AL se asoció con una reducción del 50 % de las enfermedades cardiovasculares en los Estados Unidos. Sin embargo, ya en 1966, también se informó que LA tenía efectos adipogénicos en humanos. Los estudios actuales no han cuestionado las capacidades para reducir el colesterol de la ingesta adecuada de LA, sin embargo, se ha sugerido que LA podría tener efectos adversos sobre el riesgo de enfermedades del corazón. Alto consumo de LA, que es un precursor del ácido araquidónico (AA), puede conducir a una mayor formación de proinflamatorios mediadores lipídicos. La proporción de ácidos grasos altamente insaturados omega-6 (HUFA) se puede utilizar como indicador de riesgo de enfermedad, y los datos sugieren que las muertes cardiovasculares se correlacionan con el porcentaje de n-6 HUFA en tejidos para la población mundial. <sup>(14)</sup>

### **2.2.4. Ácidos grasos omega-3**

El ácido graso omega-3 ALA, es precursor de EPA y DHA, que se encuentra en los aceites vegetales, provenientes de fuentes marinas. EPA y DHA se han

recomendado específicamente para la prevención secundaria de enfermedades cardiovasculares, y son el foco para la prevención y el tratamiento de trastornos con un componente inflamatorio, incluyendo diabetes tipo 2, síndrome del intestino irritable, reumatoide artritis, asma y varios tipos de cáncer. También se ha sugerido que los AGPI omega-3 tienen un efecto de mejora en los trastornos psiquiátricos. La ingestión de EPA y DHA reemplaza parcialmente ácidos grasos omega-6 (especialmente AA) en las membranas celulares, particularmente las de plaquetas, eritrocitos, neutrófilos, monocitos y células hepáticas. Esto lleva a<sup>(14)</sup>:

- Reducción de la producción de metabolitos de prostaglandina E2.
- Reducción de las concentraciones de tromboxano A2 (potente agregador plaquetario y vasoconstrictor)
- Disminución de la formación de leucotrina B4 (un inductor de inflamación)

Los estudios con roedores han evidenciado que las dietas enriquecidas con ácidos grasos poliinsaturados n-3 (PUFA) disminuyen el desarrollo de la obesidad inducida por la dieta. Ambos ácidos grasos poliinsaturados omega-3 y omega-6. Los PUFA son sustratos para las ciclooxigenasas y las lipoxigenasas, y se supone que los PUFA omega-3 actúan como antiinflamatorios. Por inhibición competitiva de la biosíntesis de pro inflamatorios derivados del ácido araquidónico prostaglandinas de la serie 2. Prostaglandinas derivadas de AGPI omega-3 de la serie 3 se cree que son menos inflamatorias.<sup>(15)</sup>

Los efectos metabólicos de los PUFA omega-3 de cadena larga (LC) dependen en gran medida de la modulación de los genes involucrado en la oxidación de ácidos grasos a través de la expresión del receptor activado por el proliferador de peroxisomas (PPAR $\alpha$ ), y la inhibición de la lipogénesis a través de la modulación de Srebf.<sup>(15)</sup>

### **2.2.5. Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas**

GC-MS es una de las plataformas más eficientes utilizadas en el campo de la metabólica. Está robusto y posee una excelente capacidad de separación, sensibilidad y reproducibilidad. GC-MS suele ser menos propenso a problemas comunes de LC-MS, como los efectos de matriz y la supresión de iones de la elución de compuestos. Sin embargo, tiende a lograr una mayor resolución cromatográfica; eso sólo se puede utilizar para identificar compuestos volátiles

de bajo peso molecular.<sup>(16)</sup>

La detección de metabolitos polares no volátiles requiere una derivatización química previa a los análisis. Los derivados se medirán en lugar de un compuesto real, haciendo elucidación de la estructura tarea aún más complicada, Además, un exceso del reactivo de derivatización puede oscurecer las respuestas de otras sustancias químicas. Aunque las columnas GC de uso común proporcionan alta resolución y capacidad máxima, la complejidad de las muestras biológicas, siendo un tema de experimentos basados en la metabolómica, sigue superando sustancialmente su capacidad de resolución de energía.<sup>(16)</sup>

Para muestras complejas, el uso de bidimensional (2D)-GC (GC) que utiliza dos columnas que tienen diferentes selectividades de fase estacionaria y están conectadas en serie puede aumentar las capacidades máximas y el poder de resolución de la separación. En sistemas 2D por lo general, se enfoca una columna no polar larga usando un modulador criogénico. Entonces la muestra se transfiere rápidamente a una segunda columna, típicamente polar corta, para la segunda separación de dimensiones, da como resultado una rápida separación y mejora de la segunda dimensión en la sensibilidad. El GC×GC se acopla a detectores rápidos, por ejemplo, de llama detector de ionización o espectrómetro de masas de tiempo de vuelo de adquisición rápida.<sup>(16)</sup>

Este último es uno de los métodos de detección preferidos para el GC en la actualidad porque permite la deconvolución de picos superpuestos, la cuantificación y la identificación de analitos a través de bibliotecas de espectros de masas. En el pasado, la metabolómica basada en GC era carecer de herramientas adecuadas de procesamiento, alineación y análisis de datos. Hay una variedad de algoritmos está disponibles. Sin embargo, todo el procedimiento de obtención de biológicos el conocimiento de los datos sin procesar sigue siendo una tarea desafiante y que requiere mucho tiempo de automatización completa. Además, la precisión de los enfoques de deconvolución debe optimizarse aún más (Almstetter et al., 2012). GC × GC-MS podría convertirse en una principal herramienta de metabolómica una vez que los desafíos de la automatización y el alto rendimiento procesamiento de datos han sido resueltos.<sup>(16)</sup>

Los métodos basados en GC-MS utilizan, ionización química clásica (CI) y

otros enfoques de ionización suave como APCI y fotoionización a presión atmosférica (API). La aplicación de la ionización típicamente se realiza a 70 eV (considerada como “duro”) conduce a la fragmentación reproducible de moléculas en moléculas bien caracterizadas. Espectros que podrían utilizarse para la comparación de los datos adquiridos en los instrumentos fabricados por diferentes proveedores y entre instrumentos con diferentes analizadores. Esta característica y la disponibilidad relativamente grande de bases de datos y bibliotecas de espectros de masas proporcionada por muchos proveedores instrumentales (por ejemplo, Agilent y Thermo), NIST, o disponible públicamente, por ejemplo, MassBank, MassBank of North América o GOLM Metabolome Database. <sup>(16)</sup>

## **2.3. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.3.1. *Opuntia ficus-indica***

*Opuntia ficus-indica*, comúnmente conocida como nopal, chumbera, higuera, palera, penca y tuna, es una especie arbustiva del género *Opuntia* de la familia de las cactáceas *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. es la especie de cactus de mayor importancia económica en todo el mundo. <sup>(5)</sup>

### **2.3.2. Cromatografía de Gas**

La cromatografía de gases es considerada como un método basado en la separación de sustancias químicas que se asienta entre la diferencia de comportamiento de partición y la fase móvil que fluye como también la fase estacionaria con el objetivo de separar los componentes de una mezcla determinada. La ionización de llama (FID) es el detector de cromatografía de gases más sensible para hidrocarburos como butano o hexano. <sup>(16)</sup>

### **2.3.3. Características fisicoquímicas**

Las propiedades fisicoquímicas son características intrínsecas de una sustancia. Incluyendo la apariencia, punto de ebullición, densidad, volatilidad, solubilidad en agua e inflamabilidad, como también el índice de peróxidos, de acidez, etc. <sup>(8)</sup>

### **2.3.4. Perfil de ácidos grasos**

El perfil de ácidos grasos (también conocido como análisis de ésteres metílicos de ácidos grasos o FAME) determina la calidad de las semillas

oleaginosas y el aceite procesado al identificar y cuantificar los ácidos grasos presentes en una muestra. <sup>(15)</sup>

### **2.3.5. Extracción por prensado (PE)**

La muestra de 100 g fue prensada en caliente con aceite para tornillos DH-50prensa. Estaba compuesto de hilos infinitos en un cilindro, y el aceite se extraía de las semillas por fricción entre las roscas y la pared del cilindro. <sup>(2)-(17)-(18)</sup>

### **2.3.6. Extracción por solvente (Soxhlet) (SE).**

La muestra de 10 g se puso en una manga de papel y se colocó en un Extractor Soxhlet con una capacidad de 250 mL. Se usó éter de petróleo como solvente y la reacción se llevó a cabo a 40 °C durante 6 h. <sup>(19)-(20)-(21)</sup>

## **CAPÍTULO III**

### **HIPÓTESIS**

#### **3.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La variación de los métodos de extracción por solvente y por prensado en frío afecta sobre el rendimiento, características fisicoquímicas y composición de ácidos grasos del aceite de semilla de *Opuntia ficus-indica* “tuna”.

#### **3.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS**

- La variación de los métodos de extracción por solvente y por prensado en frío afecta sobre el rendimiento expresado en porcentaje del aceite de semilla de *Opuntia ficus-indica* “tuna”.
- La variación de los métodos de extracción por solvente y por prensado en frío afecta sobre las características fisicoquímicas (acidez, índice de peróxidos, índice de saponificación, índice de yodo, índice de refracción) del aceite de semilla *Opuntia ficus-indica* “tuna”.
- La variación de los métodos de extracción por solvente y por prensado en frío afecta sobre la composición de ácidos grasos del aceite de semilla de *Opuntia ficus-indica* “tuna”.

#### **3.3.VARIABLES**

##### **3.3.1. Variable independiente: Tipo de extracción**

###### **3.3.1.1. Definición conceptual**

Es la separación de un componente en el seno de una mezcla por la acción de un solvente, selectivamente. <sup>(21)</sup>

###### **3.3.1.2. Definición operacional**

Para la variable independiente se consideran dos dimensiones:  
extracción por solvente y extracción por prensado en frío.

### **3.3.2. Variable dependiente**

Rendimiento, Características fisicoquímicas (acidez, índice de peróxidos, de saponificación, índice de I. y de refracción) y composición de ácidos grasos

#### **3.3.2.1. Definición conceptual**

Composición de ácidos grasos y características físicas y químicas en función al tipo de extracción por solvente y prensado en frío.<sup>(8)</sup>

#### **3.3.2.2. Definición operacional**

Se consideran tres dimensiones: Rendimiento, características físicas y químicas y la composición de ácidos grasos.

## **CAPITULO IV**

### **METODOLOGÍA**

#### **4.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

**Método Científico:** Es un método utilizado para obtener nuevos conocimientos, incluyendo la observación, la medición, la experimentación, la formulación, el análisis y la revisión de hipótesis. Por lo tanto, el desarrollo de la investigación se entenderá como la conglomeración de postulados, reglas y normas para el estudio y la solución de los problemas de investigación. <sup>(22)</sup>

#### **4.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

**Tipo Aplicada:** El propósito de este estudio no es únicamente explorar, no obstante, también es la de modificar, convirtiendo los conocimientos en acción para crear bienes y servicios útiles y mejorar la calidad de nuestras vidas. La investigación-acción cae dentro de esta categoría. La investigación de enfoque experimental porque se manipula una o más variables de estudio, para controlar la variación de esas variables y su efecto en las conductas observadas. Con el objetivo de hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) y observar su efecto en otra variable (variable dependiente). Esto se lleva a cabo en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular. <sup>(23)</sup>

#### **4.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

**Nivel Explicativo:** Esta investigación es de nivel explicativo, con el objetivo de verificar las hipótesis causales o explicativas; descubrir nuevas leyes

científico-sociales que ayuden a las demás investigaciones y sirven de base para su estudio, descubrir nuevas micro teorías sociales que justifiquen la relación causal de las características, propiedades o dimensiones de hechos o eventos. Se trabajan con hipótesis causales, ya que explican la fuente de los hechos, fenómenos, eventos y procesos naturales o sociales. <sup>(23)</sup>

#### 4.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

**Diseño Experimental:** El desarrollo de trabajo de investigación encaja en un diseño experimental ya que se evaluará variables independientes (método de extracción) y dependientes (Rendimiento, Composición de ácidos grasos, características fisicoquímicas) y por su naturaleza Causa-Efecto como problema de investigación y se responde al esquema siguiente:

ST1.....O1  
 ST2 ..... X1 .....O1; O2; O3  
 ST3.....X2 ..... O1; O2; O3

**Donde:**

- ST1,2,3: Semilla de tuna
- X1: Extracción por solvente
- X2: Extracción por Prensado en frio.
- O1; O2; O3: respuestas(mediciones).
- Sin tratamiento

#### 4.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población estará conformada 1000 g de semillas obtenidas a partir de frutos de tunas provenientes desde la provincia de Acobamba perteneciente en el Departamento de Huancavelica - Perú.

**Tamaño de muestra:** Se estableció 420 g de semilla de tuna para la extracción por solvente con tres repeticiones; 420g de semillas de tuna para extraer por el método de prensado en frio con tres repeticiones y 160g de semillas como referencia para los análisis; con buen estado de conservación de acuerdo a los criterios establecidos para la elaboración de la investigación.

##### 4.5.1. Criterios de inclusión

- Semillas de los frutos de tuna, en buenas condiciones fisiológicas.
- Semillas frutos de tuna, que deberán estar en buen estado de madurez.

- Semillas de frutos de tuna, que deberán estar libre de presencia de microorganismos.
- Semillas de frutos de tuna, libres de indicios de presencia de insectos o agentes extraños.

#### **4.5.2. Criterio de exclusión**

- Semillas de frutos de tuna, en malas condiciones fisiológicas.
- Semillas de frutos de tuna, que no están en buen estado de madurez.
- Semillas de frutos de tuna, con presencia de microorganismos.
- Semillas de frutos de tuna, con indicios de presencia de insectos o agentes extraños.

### **4.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATO**

#### **4.6.1. Técnica general**

Para el desarrollo de la investigación se aplicará la técnica de observación estructurada, mediante la cual se recolectará las muestras para el análisis y registro de datos en relación al efecto que presenta el método de extracción de aceite de semilla de tuna en la prueba experimental, a la vez este originará datos secuenciales bajo condiciones establecidas de tiempos programados y los factores extrínsecos que influyen en la aplicabilidad del experimento.

#### **4.6.2. Instrumentos**

Para la identificación de los resultados producidos en la fase experimental se hará uso de la ficha de recolección de datos elaborada para recoger la información de los análisis de laboratorio; según el método de extracción como es la ficha de datos del perfil de ácidos grasos y las características fisicoquímicas (pH, acidez, proteínas, grasa, minerales y humedad) validados de acuerdo a las normas establecidas por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC).

#### **4.6.3. Procedimiento de recolección y análisis de datos**

##### **a) Software utilizado.**

El software de Design Expert Software, es una herramienta de simulación y Diseño de experimentos para la evaluación de tratamientos.

##### **b) Rendimiento de aceite**

Los aceites que se obtendrán según los métodos de extracción

utilizados al final controlado por su peso y se podrá calcular el rendimiento en base a la siguiente relación matemática:

$$\text{Rendimiento de extracción (\%)} = \frac{\text{Peso de aceite extraído} \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

### c) Calidad de aceite

La evaluación de la composición de ácidos grasos será determinada a través del cromatógrafo de gases con espectro de masas, Columna capilar RtTM – 2560 30 metros, 025 mm ID, 0.2 um df máx. de temperatura de 250° C mínima temperatura 220 °C. estándar utilizado: NLEA FAME MIX 30 mg/ml in Methylene Chloride; con 28 ácidos grasos.

### 4.6.3. Procedimientos de la Investigación

Para el procedimiento de las muestras de la investigación se realizará en los interiores de los laboratorios de Bromatología y microbiología de la Carrera profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Peruana los Andes que se encuentra ubicado en la dirección Av. Mártires del periodismo cdra. 20 (Ex Calmell del Solar) Chorrillos-Huancayo pertenecientes al Departamento de Junín.

### Procedimiento de recolección y acondicionamiento de semillas de frutos de tuna provenientes de Acobamba, departamento de Huancavelica.

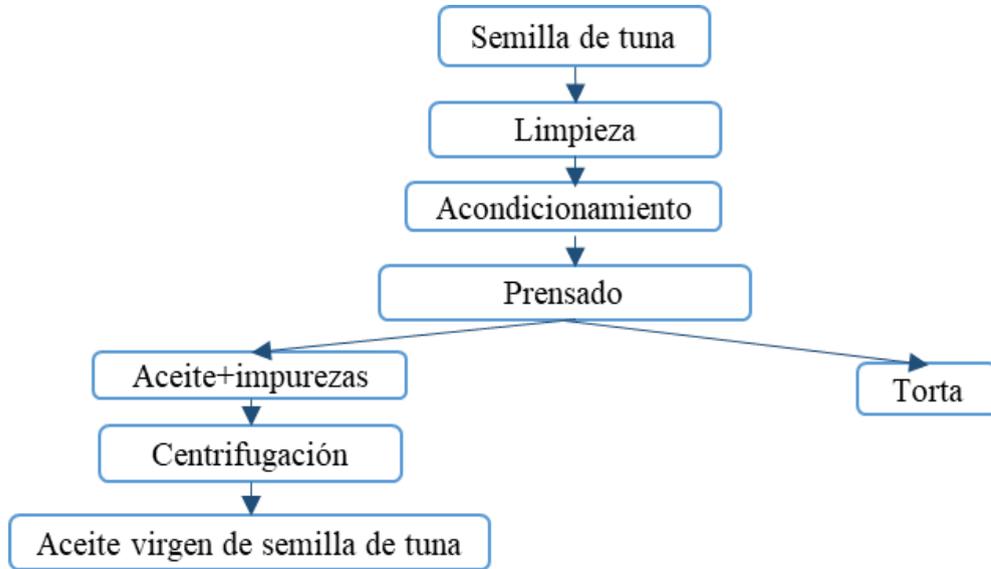


**Figura 3:** Esquema del procesamiento para la obtención y tratamiento de la semilla de frutos de tuna recolectadas en la provincia de Acobamba, Departamento de Huancavelica.

Fuente: elaboración propia

*Nota: figura muestra el proceso de recolección de las semillas de frutos de la tuna.*

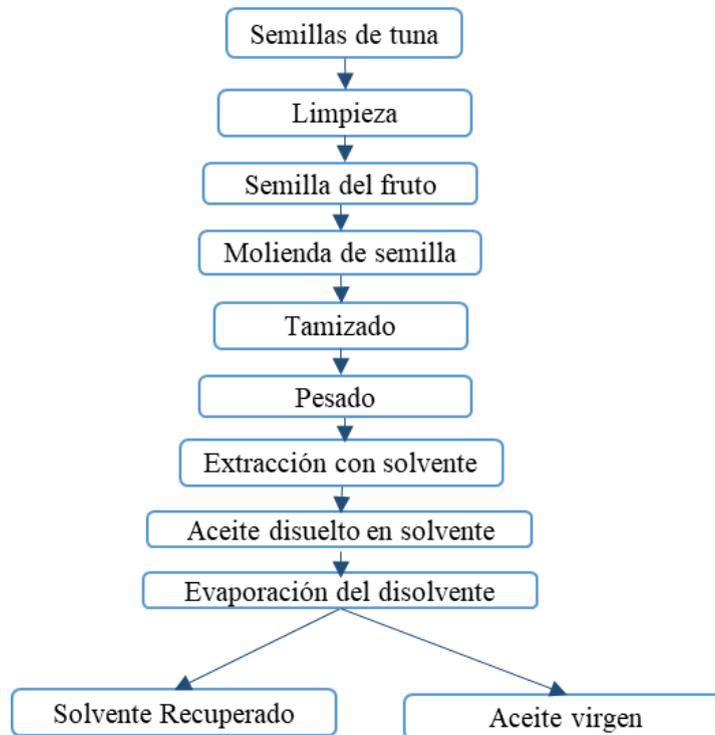
**Diagrama de flujo por extracción prensado en frío a partir de semilla *Opuntia ficus-indica* “tuna”.**



**Figura 4 :** Proceso de extracción de aceite por el método prensado

Fuente: Guzmán A. Medellín: Universidad EAFIT; 2015. <sup>(18)</sup>

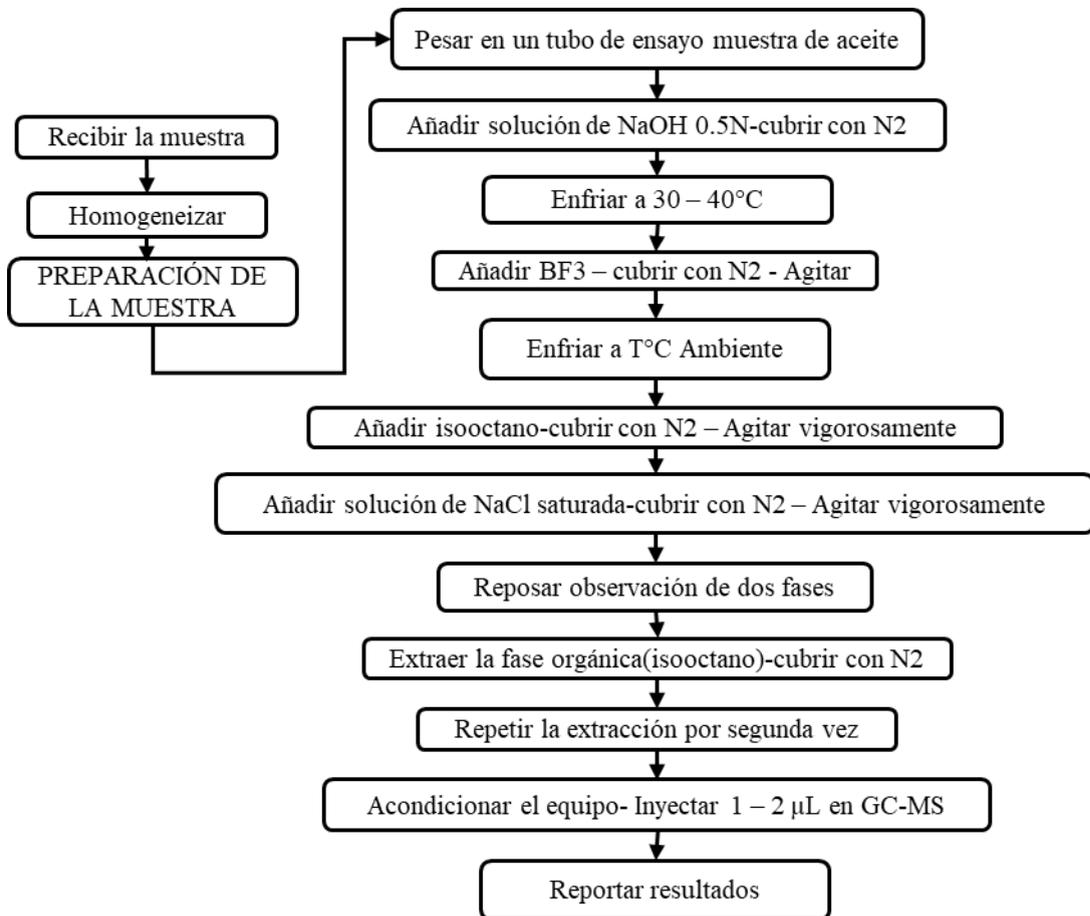
**Diseño experimental de extracción de aceite con solventes orgánicos**



**Figura 5:** Procedimiento extracción de aceite de semilla de tuna son solventes

Fuente: Naudé Y. Extracción de aceite. <sup>(21)</sup>

## Determinación del Perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de tunas recolectadas en la provincia de Acombaba, Departamento de Huancavelica.



**Figura 6:** Diagrama del proceso analítico de la Determinación del Perfil de ácidos grasos en el aceite de la semilla de tuna por GC-MS.

Fuente: Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society.  
(<sup>24</sup>) Modificado por Flores Macha. R. 'p. y Jeremias Vasquez J.M.

### Procedimiento de la determinación del perfil de ácidos grasos

Se realizará mediante el método de la AOAC método oficial 991.39 utilizando el GC-MS Clarus 690.

- Peso de 0,025 gr de la muestra objetivo.
- Añadir 1,5 ml de NaOH al tubo de ensayo y cubrir con N<sub>2</sub>
- Realizar calentamiento por baño maría (80-90°C) aproximadamente 5 min.
- Seguidamente enfriar los tubos de ensayo, luego se añadirá 2 ml de Trifluoruro de Boro (BF<sub>3</sub>), cubriendo con N<sub>2</sub>
- Cubrir y agitar para iniciar con baño maría de aprox. 30 min.

- Enfriaremos la muestra (30-40 °C)
- Se añadirá 1 ml de N<sub>2</sub>, agitando por 30 s.
- Añadir 5ml de NaCl y cubrir con N<sub>2</sub>, agitando vigorosamente.
- Para extraer la fase orgánica se dejará reposar hasta que sea observable las 2 fases, seguido de eso se cubrirá con N<sub>2</sub>.
- Se realizará el análisis en el Cromatógrafo de gases.

#### **Determinación de las características fisicoquímicas de la semilla de *Opuntia ficus-indica* “tuna”**

- Acidez método recomendado por A.O.A.C. 942.15: 2019
- pH método recomendado por A.O.A.C. 942.15:2019
- proteínas; método recomendado por AOAC 991.20, 2021
- grasa; método recomendado por AOAC 991.20, 2021
- minerales; método recomendado por AOAC 991.20, 2021
- humedad método recomendado por AOAC 991.20, 2021

### **4.7 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

#### **4.7.1. Diseño Estadístico**

Se utilizará el Diseño Completamente al Azar (DCA) con un factor, con un total de tres repeticiones y tres tratamientos, en el que se seleccionará el más adecuado.

Modelo estadístico:

Descripción:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + E_{ij}$$

$$i = 1, \dots, t$$

$$j = 1, \dots, r_i$$

$Y_{ij}$  = es la respuesta (variable de interés o variable media)

$\mu$  = Media general de la experimentación

$t_i$  = Efecto del tratamiento

$i$  = tratamientos

$e_{ij}$  = error aleatorio asociado a la respuesta

$Y_{ijj}$  = Repeticiones

#### **4.8 ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN**

El desarrollo del trabajo investigativo está alineado a los códigos de ética que fueron establecidas en los artículos 27° y 28° del Reglamento general que dispone la unidad de investigación de la Universidad Peruana los Andes, los cuales son:

##### **ARTÍCULO 27: Principio ético que rigen la actividad investigativa**

###### **a) Protección de la persona y diferentes grupos étnicos y socio-culturales**

En este proceso experimental, la dignidad humana, la identidad, la confidencialidad de todos aquellos que nos colaboren en concluir este proyecto será utilizado y protegido con mucha cautela.

###### **b) Consentimiento informado y expreso**

En el proceso experimental del estudio no se utilizarán reactivos químicos tóxicos, Las tesisas respetarán la confidencialidad de los datos que nos brindan las personas sujeto de investigación, que solo será utilizado con fines específicos e instaurados en este proyecto de estudio.

###### **c) Beneficencia y no maleficencia**

Las tesisas investigadoras del estudio protegerán la integridad absoluta de las personas que participan en las investigaciones, de ese modo cuidando el estado físico y psicológico. Erradicaremos los posibles efectos adversos y potenciaremos los beneficios.

###### **d) Protección al medio ambiente y respeto a la biodiversidad**

En el proceso experimental del estudio no se utilizarán reactivos químicos tóxicos, de uso controlado que puedan ocasionar efectos perjudiciales al medio ambiente y biodiversidad.

###### **e) Responsabilidad**

Las tesisas investigadores de dicho estudio internalizan la pertinencia del estudio como las posibles repercusiones que estará relacionada con la línea de investigación institucional y de la facultad.

###### **f) Veracidad**

Las tesisas de la investigación garantizarán que la información y datos

obtenidos en la investigación corresponderán a la verdad, sin distorsión alguna de los mismos.

#### **ART 28°. NORMAS DE COMPORTAMIENTO ÉTICO DE QUIENES INVESTIGAN**

- a.** La investigación será original y de acuerdo a la línea de investigación, y a la línea de la escuela profesional de Farmacia y Bioquímica.
- b.** La investigación sostendrá la veracidad y confiabilidad de fuentes y datos para ejecutar un buen proyecto de estudio.
- c.** Durante el desarrollo de la investigación, se ha de tener el compromiso de ser realistas ante las consecuencias individuales, académicas como sociales que se originan en el desarrollo del proyecto.
- d.** Las tesis investigadoras protegerán el anonimato y confidencialidad de los colaboradores en la investigación, excepto si se coordina lo contrario.
- e.** Se informarán los hallazgos de manera oportuna, extensa y abierta a la organización científica, asimismo retornarán estos resultados a dichas personas, grupo y comunidades que participaron en la investigación cuando el caso amerita.
- f.** Las tesis investigadoras utilizarán la información obtenida sin fines de lucro, ni beneficio propio.
- g.** En el desarrollo de esta investigación se establecerá y cumplirá con las normas establecidas de las instituciones, nacionales e internacionales que regulan la investigación, de los cuales tienen como objetivo la protección de los seres humanos, flora y fauna.
- h.** Las tesis deben de exponer los conflictos e intereses que se puedan dar en distintos roles como autor, evaluador y asesor.
- i.** En las publicaciones investigativas, se deben evitar incidir en las faltas deontológicas:
  - Falsificación o invento de los datos.
  - Reproducir total o parcialmente lo publicado por otros investigadores.
  - Agregar como autor (a) a quien no ha colaborado en el diseño y realización del trabajo.
  - Reproducir los mismos hallazgos.

- j.** No se aceptan subvenciones de investigaciones en condiciones inconsistentes, con su juicio científico, con la misión y visión la Universidad Peruana Los Andes.
- k.** Los trabajos de investigación serán publicados correctamente con el reglamento apropiado establecido por la Universidad Peruana Los Andes y normas que relacionan a derechos de autor.

## CAPÍTULO V

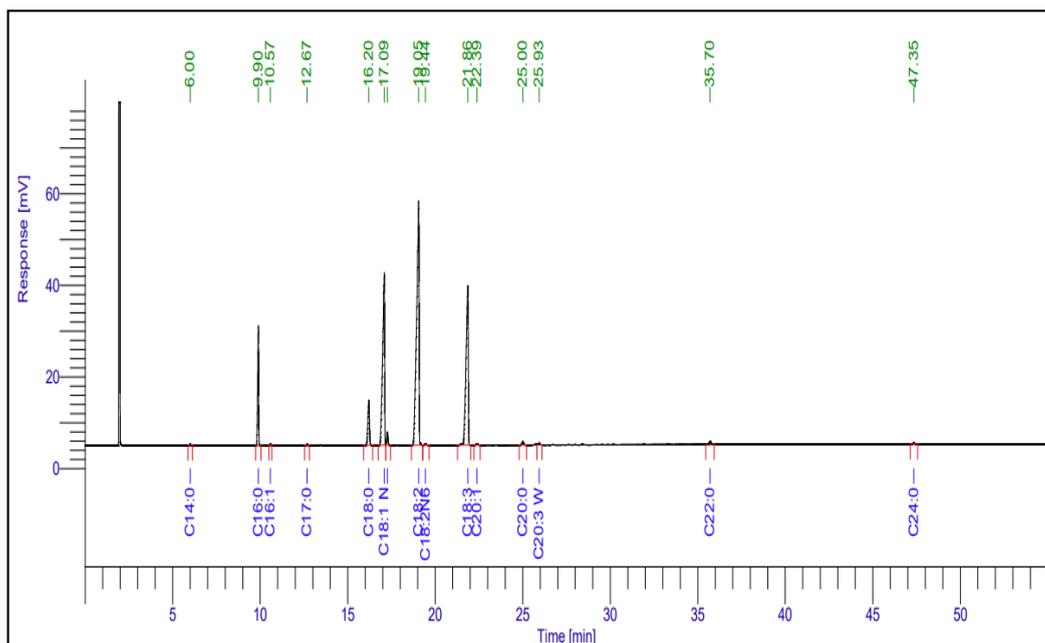
### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 5.1. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

##### A. Perfil ácido graso del aceite de semilla de *Opuntia ficus-indica* "tuna".

El perfil ácido graso del aceite de *Opuntia ficus-indica* de la "tuna" realizado a través de la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) representado en la figura 5, muestra que presenta en mayor proporción (C18:2), (C18:3), (C18:1N9) además de otros componentes presentados en la figura 6.

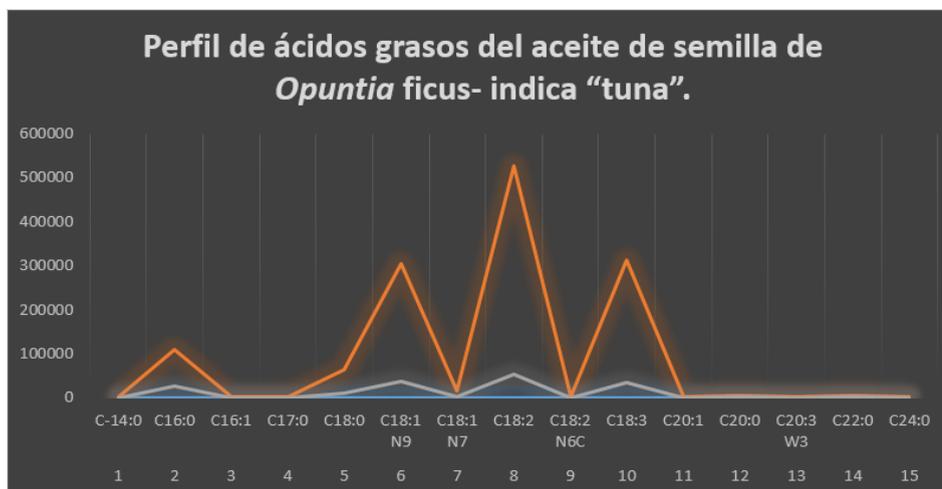
**Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) del aceite de semilla de *Opuntia Ficus-indica* "tuna"**



**Figura 7:** Resultados de cromatografía de gases de aceite de tuna

Fuente: Elaboración propia.

**Componentes presentados del aceite de semilla de *Opuntia ficus- indica* “tuna”.**



**Figura 8:**Resultados de los componentes de ácidos grasos de aceite de semilla *Opuntia ficus-indica*

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados provenientes de la cromatografía (tabla 1), muestra el porcentaje de variación del área de los componentes ácidos grasos, teniendo así una variación de 38.96% en cuanto a C18:2.

**Componentes de aceite de semilla de *Opuntia ficus-indica* “tuna” mediante GC-MS**

PEAK	COMPONEN TNAME	TIME (MIN)	AREA	HEIGH T	AREA %	NORM . AREA %
1	C-14:0	6.002	838.14	323.07	0.06	0.06
2	C16:0	9.897	108301.31	26053.82	8.03	8.03
3	C16:1	10.572	950.69	241.96	0.07	0.07
4	C17:0	12.672	1105.86	229.25	0.08	0.08
5	C18:0	16.203	62523.43	9849.38	4.64	4.64
6	C18:1 N9	17.089	303786.13	37653.92	22.52	22.52
7	C18:1 N7	17.269	15154.59	2914.06	1.12	1.12
8	C18:2	19.055	525470.38	53354.86	38.96	38.96
9	C18:2 N6C	19.44	1959.02	258.19	0.15	0.15
10	C18:3	21.862	311201.12	34777.92	23.07	23.07
11	C20:1	22.388	2244.39	288.3	0.17	0.17
12	C20:0	24.999	4854.92	666.23	0.36	0.36
13	C20:3 W3	25.934	2244.46	338.09	0.17	0.17
14	C22:0	35.703	5755.71	649.26	0.43	0.43
15	C24:0	47.345	2302.63	243.08	0.17	0.17

**Tabla 2:** Resultados de los componentes de aceite de semilla de tuna mediante cromatografía

Fuente: Elaboración propia.

## B. Características fisicoquímicas de aceite de semilla *Opuntia ficus-indica* “tuna” por extracción por solvente

Los resultados evidenciados en la tabla 2 sobre las características fisicoquímicas del aceite semilla *Opuntia ficus-indica* “tuna” por extracción por solvente, donde el promedio del índice de Iodo es mayor en 106,73 siendo la más predominante y con mayor grado de insaturación, a diferencia de la humedad que presenta menor promedio con 0,24 favoreciendo en si a la activación del catalizador evitando su saponificación. Además, el índice de acidez y la humedad presentan una variabilidad muy alta. La densidad promedio es de 0,92. El índice de refracción para el aceite extraído por solvente es de 1,46.

### Características fisicoquímicas aceite de semilla *Opuntia ficus-indica* "tuna" por extracción por solvente.

Características	R1	R2	R3	$\mu$	$\sigma(\pm)$	CV
Índice de acidez ( mg de KOH/g )	0,630	0,680	0,640	0,65	0,026	0.041
Índice de I (g de I absorbido/100 g de aceite)	108,320	105,450	106,420	106,73	1,460	0.014
Índice peróxidos (meq O <sub>2</sub> /kg de aceite)	1,520	1,480	1,470	1,49	0,026	0.018
Índice refractario a 20°C	1,467	1,463	1,469	1,46	0,003	0.002
Densidad a 20°C ( g/cm <sup>3</sup> )	0,923	0,921	0,924	0,92	0,002	0.002
Humedad del aceite %	0,230	0,250	0,240	0,24	0,010	0.042

**Tabla 3:** Características fisicoquímicas obtenidos de semilla *Opuntia ficus-indica*.

**Fuente:** Elaboración propia

Leyenda:  $\mu$  =Promedio;  $\sigma$  = desviación estándar; CV=coeficiente de variación

## C. Composición química proximal de semilla de tuna producida en Colcabamba

Como se puede observar en la tabla 3 y figura 7, por cada 100 g de semilla proveniente de la tuna el contenido bromatológico resultante son alto contenido de fibra cruda con 67.96 y proteínas de 8.66 con un promedio mayor los demás componentes. Carbohidratos totales de 8.54, humedad de

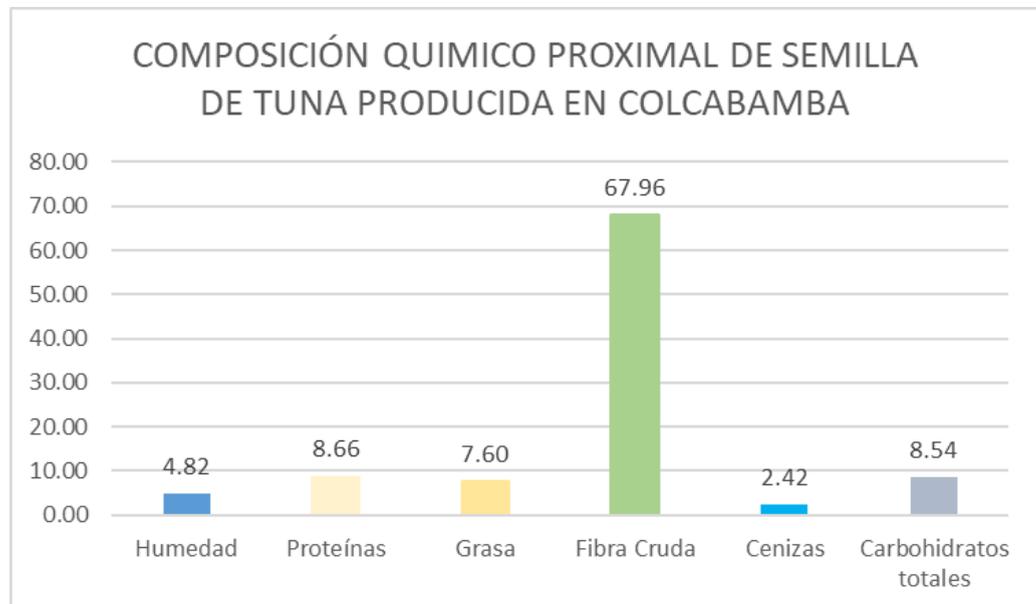
4.82 y grasa de 7.60.

**Composición química proximal de semilla de tuna producida en Colcabamba**

Características	R1	R2	R3	semilla de tuna
Humedad	4.87	4.79	4.81	4.82±0.04
Proteínas	8.67	8.73	8.58	8.66±0.08
Grasa	7.56	7.41	7.83	7.60±0.21
Fibra Cruda	68.32	67.74	67.82	67.96±0.31
Cenizas	2.13	2.65	2.47	2.42±0.26
Carbohidratos totales	8.45	8.68	8.49	8.54±0.12

**Tabla 4:** composición química de la semilla de tuna  
Fuente: Elaboración propia de la investigación

**Contenido químico bromatológico de la semilla de la tuna por cada 100 g**



**Figura 9:** Composición química resultante por bromatología de la semilla *opuntia ficus-indica*  
Fuente: Elaboración propia.

**D. Características fisicoquímicas provenientes de aceite de semilla *opuntia ficus-indica* por extracción prensado en frio**

Los resultados evidenciados en la tabla 4 muestra las características físicas y químicas de aceite de semilla *opuntia ficus-indica* “Tuna” obtenidas por extracción prensado en frio. El valor de índice de I. resultante para el aceite de tuna, presento un promedio de 110.887 a diferencia de la humedad con 0.215, presentando así una variabilidad muy alta. Pero a diferencia de la extracción con solvente, el índice de acidez extraídos a través de este proceso es mayor que la anterior con un

1.350 de promedio y con una variabilidad muy baja. Mientras tanto el índice de acidez extraído por prensado en frío fue de 1.350 presentando una variabilidad muy baja con un coeficiente de variación 0%.

**Evaluación resultante de las propiedades fisicoquímicas de aceite de semilla de *opuntia ficus-indica* “tuna” por el método de extracción prensado.**

Características	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	μ	σ(±)	cv
I. de acidez (mg de KOH/g )	1.350	1.345	1.356	1.350	0.01	0%
I. de iodo( g de yodo absorbido/100 g de aceite)	112.340	110.430	109.890	110.887	1.29	1%
I. de peróxidos ( meq O <sub>2</sub> /kg de aceite)	2.670	2.860	2.740	2.757	0.096	3%
Índice refractario a 40°C	1.467	1.467	1.467	1.467	0.000	0%
Densidad a 20° C (g/cm <sup>3</sup> )	0.919	0.921	0.923	0.921	0.002	0%
Humedad %	0.220	0.203	0.221	0.215	0.010	5%

**Tabla 5:** Propiedades fisicoquímicas obtenidas por prensado en frío.

Fuente: Elaboración propia.

Leyenda: μ =Promedio; σ = desviación estándar; CV=coeficiente de variación

**Rendimiento por método de extracción por solvente y prensado en frío de aceite de semilla *opuntia ficus-indica*.**

Se muestra en la tabla 5 el rendimiento de la extracción del aceite de semilla *opuntia ficus-indica* “tuna”, por medio de solvente y por prensado en frío, del cual se puede inferir que existe diferencia en cuanto a la media y desviación típica mostradas en la tabla 6.

**Rendimiento de extracción del aceite de semilla *opuntia ficus-indica* “Tuna”**

Muestra	METODO DE EXTRACCIÓN			
	Extracción por solvente	%	Extracción por prensado en frío	%
1	4.3300	4%	3.7238	4%
2	5.3300	5%	3.8648	4%
3	5.2826	5%	3.8845	4%
4	5.2673	5%	3.8964	4%
5	5.4567	5%	3.8971	4%
6	5.2745	5%	3.7576	4%
7	4.4560	4%	3.8792	4%
8	5.2815	5%	3.7724	4%
9	5.2825	5%	3.8969	4%

10                      5.2824                      5%                      3.8970                      4%

Fuente: Elaboración propia de la investigación

**Tabla 6:** Rendimiento del aceite de semilla de tuna por método de extracción y solvente

En la tabla 6 se muestra la media de la extracción por solvente, siendo esta la más representativa con 5,12 en comparación por prensado en frio 3,84.

**Prueba T de rendimiento de extracción de aceite de semilla *opuntia ficus-indica* “tuna”**

	Tipo de extracción	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Rendimiento	Solvente	5,1244	,39060	,12352
	Prensado	3,8470	,06785	,02146

**Tabla 7:** Media de extracción por solvente y prensado de aceite de semilla de tuna

Fuente: Elaboración propia de la investigación

Existe una significancia bilateral menor a 0.05, indicándonos así una diferencia significativa de las medias y desviaciones estándar del rendimiento de extracción por solvente y por prensado en frio.

**Prueba de muestras independientes del rendimiento de extracción de aceite de semilla de tuna**

		Prueba de muestras independientes prueba t para la igualdad de medias								
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas							95% de intervalo de confianza de la diferencia	
RENDIMIENTO		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
		Se asumen varianzas iguales	9,462	,007	10,189	18	,000	1,27738	,12537	1,01399
No se asumen varianzas iguales				10,189	9,543	,000	1,27738	,12537	,99621	1,55855

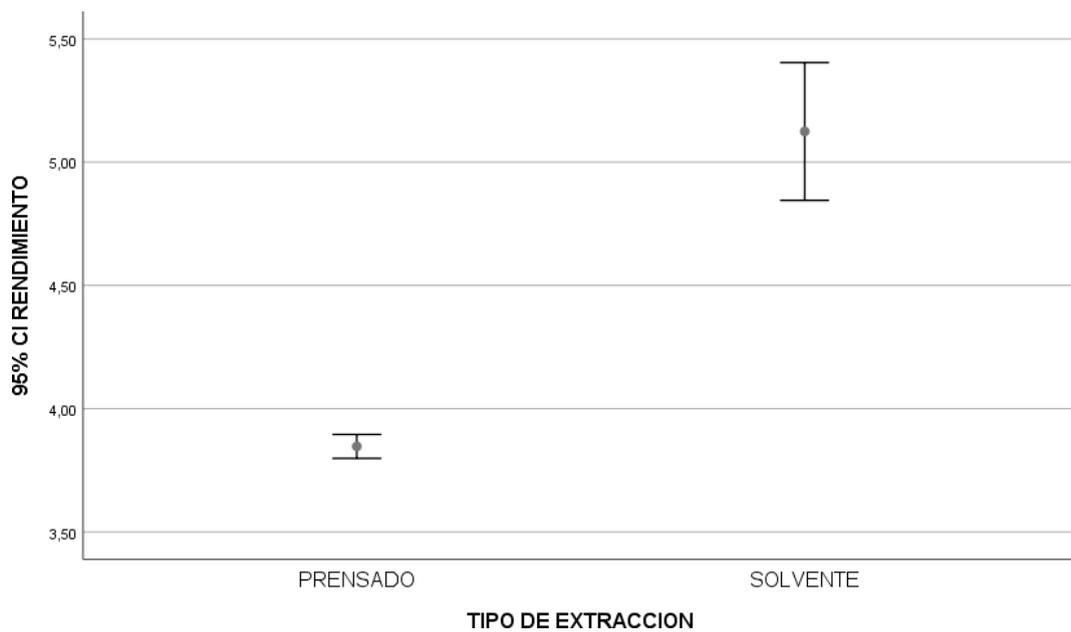
**Tabla 8:** Resultado de significancia bilateral de aceite de semilla de tuna

Fuente: Elaboración propia de la investigación

En la figura 8, se muestra la barra de error que se comprueba que la media para la extracción por prensado en frío con intervalo de confianza de 95% no solapa con la media en relación a la extracción por solvente con intervalo de confianza en 95%. Demostrando así que las medias de ambos tipos de extracción son diferentes.

La extracción por prensado presenta un menor rendimiento en cuanto a la extracción por solvente.

**Barra de error de rendimiento por extracción de solvente y prensado en frío de aceite de semilla de tuna.**



**Figura 10:** Barra de error por extracción de solvente y prensado sobre el rendimiento de aceite de semilla *opuntia ficus-indica*

Fuente: Elaboración propia.

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según Wit M, Motsamai, V. K. et al. <sup>(2)</sup>, al evaluar el rendimiento del aceite de las semillas del nopal así como también las propiedades fisicoquímicas y su composición de los ácidos grasos de este, resulto una diferencia significativa observándose una estabilidad oxidativa, lo que se corrobora con nuestra investigación que presenta una variación de 38.96% en cuanto a C18:2 en mayor proporción (C18:2), (C18:3),(C18:1N9) favoreciendo en si a la activación del catalizador evitando su saponificación hecho que este resultado es sustancial ya que concede la evaluación del rendimiento y calidad de aceite extraído por ambos métodos.

Alqurashi A. et al <sup>(5)</sup>, en su estudio resulto que el ácido linoleico era el más predominante de todos los ácidos grasos que contenía el aceite de la tuna lo cual se puede corroborar con nuestra investigación realizada ya que presenta un 38.96% de este acido, por lo que es muy importante ya que permite validar las propiedades de este aceite en el organismo.

Paucara C. <sup>(4)</sup>, en su estudio realizado puede evidenciarse sobre la composición química de la tuna, donde presenta hidratos de carbono en mayor proporción siendo así la tuna blanca con 9.51%, la roja con 10.40% y la naranja con 9.56%, en cuanto a la fibra la tuna blanca presenta 3,63%, la roja con 4,97% y la naranja con 3,14% hecho que no contrasta a la pesquisa realizada ya que nuestro el resultado de composición química presenta alto contenido de fibra cruda con 67.96 % y proteínas de 8.66% con un promedio mayor los demás componentes. Carbohidratos totales de 8.54%.

La caracterización que realizo Mannoubi I. et al <sup>(6)</sup>, en su estudio sobre el aceite de semilla de la tuna en relación a las propiedades fisicoquímicas y su composición química, resultaron un nivel bajo de acidez, con un 60,69% de ácido oleico y 12,76 de palmítico, las evidencias de nuestra investigación realizada por ambos métodos mencionados anteriormente, resultaron un índice de Iodo mayor en 106,73 siendo la más predominante y con mayor grado de insaturación, a diferencia de la humedad que presento menor promedio con 0,24. Además, el índice de acidez y la humedad presentaron una variabilidad muy alta. Con 0,92 de densidad promedio. El índice de

refracción para el aceite extraído por solvente fue de 1,46. Mientras tanto por extracción prensado en frío. El valor del índice de Iodo obtenido del aceite de semilla *opuntia ficus-indica*, resulto con un promedio de 110.887 a diferencia de la humedad con 0.215, presentando así una variabilidad muy alta. Pero a diferencia de la extracción con solvente, el índice de acidez extraídos a través de este proceso es mayor que la anterior con un 1.350 de promedio y con una variabilidad muy baja. Sin embargo, los resultados obtenidos por el método prensado en frío presento un índice de acidez de 1.350 presentando una variabilidad muy baja con un coeficiente de variación 0%.

Mostacero Y. <sup>(11)</sup>, en su estudio realizado se puede evaluar la influencia del estadio de madurez y pos cosecha en las características fisicoquímicas de la tuna teniendo una variación significativa en cuanto a su pH, OLOR, SABOR Y TEXTURA, Con nuestro estudio también podemos evidenciar una variación significativa sobre el pH, en su características químicas (I. de acidez, I de iodo, humedad y densidad) de aceite de semilla *opuntia ficus-indica* “tuna”, concluyendo así que la extracción por solvente fue la más representativa con 51% en contraste a la extracción por el método prensado en frío 31%.

## CONCLUSIONES

1. Se determinó una variación significativa en las dimensiones establecidas que son: rendimiento, características físicas y químicas y composición de los ácidos grasos al ser mediante solvente como también por prensado. Además, se comprueba que la media de la extracción por prensado con 95% intervalo de confianza no solapa con la media en relación de la extracción por solvente con intervalo de confianza en 95%. Demostrando así que las medias de ambos tipos de extracción son diferentes.
2. Se logró determinar el efecto de la variación por los métodos de extracción por solvente como por prensado en frío de aceite de semilla de *opuntia ficus-indica* “tuna”, presentando una variación significativa con ambos métodos en cuanto al rendimiento de la extracción por solvente presentando un promedio de 5,12 %, siendo esta la más representativa en comparación de 3,84 % por el método de extracción por prensado.
3. Se determinó la variación de las características fisicoquímicas (I. acidez, I. de Iodo, de peróxidos, de refracción a 20°C, densidad a 20°C y la Humedad del aceite %) de semilla de *opuntia ficus-indica* “tuna” por el método de extracción a través de solvente y prensado, donde se observó ciertas variaciones significativas. El Índice de acidez extraído por prensado en frío fue de 1.350 presentando una variabilidad muy baja con un coeficiente de variación 0%.
4. Se determinó el perfil de ácidos grasos de *opuntia ficus-indica* “tuna”, obteniendo el componente C18:2 en mayor cantidad con 38.96% de área del pico, seguido de otros componentes importantes. Existiendo variación significativa por ambos métodos realizados.

## RECOMENDACIONES

- Se Sugiere al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, realizar capacitaciones y sensibilizaciones a las personas dedicadas al cultivo y a las exportaciones en cuanto a las propiedades que presenta el aceite del *opuntia ficus-indica* “tuna” para mejorar la producción y aprovechamiento de esta.
- Se propone a los profesionales Químicos Farmacéuticos que se desempeñan en Laboratorios, realizar mayores estudios con otros métodos de extracción del aceite de semilla de la “tuna” para la identificación de las características fisicoquímicas y composición de ácidos grasos y de ese modo aprovechar los beneficios para la salud pública.
- Se recomienda a la comunidad investigadora realizar estudios de otros aceites de frutos con diferentes métodos de extracción.
- Se recomienda a los universitarios de los últimos semestres de la facultad de Farmacia y Bioquímica analizar las composiciones del perfil del *opuntia ficus-indica* “tuna” con estudios y métodos más complejos para un mejor aprovechamiento de sus propiedades.

## BIBLIOGRAFIA

1. Alsaad AJA, Altemimi AB, Aziz SN, Lakhssassi N. Extraction and Identification of Cactus *Opuntia dillenii* Seed Oil and its added Value for Human Health Benefits. *Pharmacogn J* [Internet]. el 10 de mayo de 2019 [citado el 8 de septiembre de 2023];11(3):579–87. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/333046998\\_Extraction\\_and\\_Identification\\_of\\_Cactus\\_Opuntia\\_dillenii\\_Seed\\_Oil\\_and\\_its\\_added\\_Value\\_for\\_Human\\_Health\\_Benefits](https://www.researchgate.net/publication/333046998_Extraction_and_Identification_of_Cactus_Opuntia_dillenii_Seed_Oil_and_its_added_Value_for_Human_Health_Benefits)
2. de Wit M, Motsamai VK, Hugo A. Cold-pressed cactus pear seed oil: Quality and stability. *Grasas y Aceites* [Internet]. el 14 de septiembre de 2021 [citado el 8 de septiembre de 2023];72(3). Disponible en: <https://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/1886/2766>
3. Ramadan MF, Mörsel JT. Oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.). *Food Chem* [Internet]. el 1 de agosto de 2003 [citado el 8 de septiembre de 2023];82(3):339–45. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814602005502>
4. Paucara Condori CM. Caracterización física y química de la tuna (*Opuntia ficus indica*) en el municipio de Luribay provincia Loayza del departamento de la Paz. 2017 [citado el 8 de septiembre de 2023]; Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/13345>
5. Alqurashi AS, Al Masoudi LM, Hamdi H, Abu Zaid A. Chemical Composition and Antioxidant, Antiviral, Antifungal, Antibacterial and Anticancer Potentials of *Opuntia ficus-indica* Seed Oil. *Mol* 2022, Vol 27, Page 5453 [Internet]. el 25 de agosto de 2022 [citado el 8 de septiembre de 2023];27(17):5453. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/17/5453/htm>
6. El Mannoubi I, Barrek S, Skanji T, Casabianca H, Zarrouk H. Characterization of *Opuntia ficus indica* seed oil from Tunisia. *Chem Nat Compd* [Internet]. 2009 [citado el 8 de septiembre de 2023];45(5):616–20. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/225228133\\_Characterization\\_of\\_Opuntia\\_ficus\\_indica\\_seed\\_oil\\_from\\_Tunisia](https://www.researchgate.net/publication/225228133_Characterization_of_Opuntia_ficus_indica_seed_oil_from_Tunisia)
7. Al-Naqeb G, Fiori L, Ciolli M, Aprea E. Prickly Pear Seed Oil Extraction, Chemical Characterization and Potential Health Benefits. *Mol* 2021, Vol 26, Page 5018 [Internet]. el 19 de agosto de 2021 [citado el 8 de septiembre de 2023];26(16):5018.

Disponible en: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/16/5018/htm>

8. Masmoudi M, Baccouche A, Borchani M, Besbes S, Blecker C, Attia H. Physico-chemical and antioxidant properties of oils and by-products obtained by cold press-extraction of Tunisian *Opuntia* spp. seeds. *Appl Food Res*. el 1 de diciembre de 2021;1(2):100024.
9. Coavoy Sánchez IA. Evaluación de la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos de la tuna morada (*Opuntia ficus-indica*) del distrito de San Bartolomé, Huarochirí, Lima. *Repos UPeU* [Internet]. el 23 de diciembre de 2015 [citado el 9 de septiembre de 2023];1(4):53. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/232>
10. Yupanqui Perez F. Efecto de la harina de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en la concentración de detergentes en agua residual de lavandería, San Juan de Lurigancho 2019. *Univ Cont* [Internet]. 2022 [citado el 10 de septiembre de 2023]; Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11134>
11. Mostacero Vargas BY. Evaluación de la madurez y características físico-químicas y sensoriales en poscosecha de tuna (*Opuntia ficus-indica*) variedad amarilla almacenada en refrigeración. *Univ Nac Jorge Basadre Grohmann* [Internet]. 2018 [citado el 10 de septiembre de 2023]; Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3248>
12. Leon J. *Botánica de los cultivos tropicales* [Internet]. 3ra edic. Agroamerica, editor. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA); 2000. 510 p. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7228>
13. Mataix J, Gil A. *Libro Blanco de los Omega-3. Los ácidos grasos poliinsaturados Omega 3 y monoinsaturados tipo oleico y su papel en la salud*. 1era ed. Panamericana; 2004. 162 p.
14. Valenzuela B A, Sanhueza C J. Estructuración De Lípidos Y Sustitutos De Grasas, ¿Lípidos Del Futuro? *Rev Chil Nutr* [Internet]. el 1 de diciembre de 2008 [citado el 11 de septiembre de 2023];35(4):394–405. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S071775182008000500001&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071775182008000500001&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
15. Valenzuela A, Morgado N. Trans fatty acid isomers in human health and in the food industry. *Biol Res* [Internet]. 1999 [citado el 11 de septiembre de 2023];32(4):27387. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10983247/>

16. Kaur G, Sharma S. Gas Chromatography – A Brief Review. *Int J Inf Comput Sci* [Internet]. 2018;5(7):125–31. Disponible en: [http://hiq.lindegas.com/en/images/Application%2520Note\\_HiQ%2520Hydrogen%2520as%2520an%2520alternative%2520to%2520Helium%2520for%2520GC\\_tcm899-90120.pdf](http://hiq.lindegas.com/en/images/Application%2520Note_HiQ%2520Hydrogen%2520as%2520an%2520alternative%2520to%2520Helium%2520for%2520GC_tcm899-90120.pdf)
17. Arce Guzmán AY. Diseño de una prensa tipo Expeller para el proceso de extracción de aceite a partir de semillas oleaginosas, mediante la metodología de ingeniería inversa [Internet]. Vol. 4. Universidad Eafit Escuela De Ingeniería Ingeniería Mecánica Medellín; 2015. Disponible en: [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8316/AndersonYadilthon\\_ArceGuzman\\_2015\\_Tesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8316/AndersonYadilthon_ArceGuzman_2015_Tesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
18. Kumar SPJ, Prasad SR, Banerjee R, Agarwal DK, Kulkarni KS, Ramesh K V. Green solvents and technologies for oil extraction from oilseeds. *Chem Cent J* [Internet]. el 23 de enero de 2017 [citado el 11 de septiembre de 2023];11(1):1–7. Disponible en: <https://link.springer.com/articles/10.1186/s13065-017-0238-8>
19. Li Y, Fine F, Fabiano-Tixier AS, Abert-Vian M, Carre P, Pages X, et al. Evaluation of alternative solvents for improvement of oil extraction from rapeseeds. *Comptes Rendus Chim.* el 1 de marzo de 2014;17(3):242–51.
20. Naudé Y, De Beer W, Jooste S, Van Rensburg SJ, Merwe L Van Der. ISSN 0378-4738 = *Water SA* Vol. 24 No. 3 July 1998 205 Nomenclature ANOVA analysis of variance BLMS between-locations mean square BMMS between-methods mean square CI confidence interval CL confidence limits CO<sub>2</sub> carbon dioxide DCB 4,4-dichlorobiphenyl DDD 1,1-dichlor. *ResearchGate* [Internet]. 1998;24:20514. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/288369991\\_Comparison\\_of\\_Supercritical\\_Fluid\\_Extraction\\_and\\_Soxhlet\\_Extraction\\_for\\_the\\_Determination\\_of\\_DDT\\_DDD\\_and\\_DDE\\_in\\_Sediment](https://www.researchgate.net/publication/288369991_Comparison_of_Supercritical_Fluid_Extraction_and_Soxhlet_Extraction_for_the_Determination_of_DDT_DDD_and_DDE_in_Sediment)
21. Bonilla Castro Elssy, Rodríguez Sehk Penélope. Mas allá del dilema de los métodos: La investigación en ciencias sociales [Internet]. 1era ed. Vol. 3. Bogota: Grupo Editorial Norma; 2005. 120–145 p. Disponible en: <https://laboratoriociudadut.files.wordpress.com/2018/05/mas-alla-del-dilema-de-los-metodos.pdf>

22. Murillo J. Métodos de investigación de enfoque experimental [Internet]. Vol. 3º Educaci, Metodología de la investigación educativa. 2012. p. 167–93. Disponible en: <http://www.postgradoune.edu.pe/documentos/Experimental.pdf>
23. Maya E. Métodos y Técnicas de investigación. Una propuesta ágil para la presentación de trabajos científicos en las áreas de arquitectura, urbanismo y disciplinas afines [Internet]. 1ra edicio. Universidad Nacional Autónoma de México. México; 2014. 90 p. Disponible en: [http://www.librosoa.unam.mx/bitstream/handle/123456789/2418/metodos\\_y\\_tecnica\\_s.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://www.librosoa.unam.mx/bitstream/handle/123456789/2418/metodos_y_tecnica_s.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
24. AOCS. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society [Internet]. 6aº. USA; 2019. 1–4 p. Disponible en: [https://bibliotecadigital.uchile.cl/permalink/56UDC\\_INST/litqr/alma991000501759%0A703936](https://bibliotecadigital.uchile.cl/permalink/56UDC_INST/litqr/alma991000501759%0A703936)

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO:** “EXTRACCIÓN, CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y ÁCIDOS GRASOS DEL ACEITE DE SEMILLA (*Opuntia Ficus-Indica*)  
“TUNA” PRODUCIDA EN ACOBAMBA – HUANCVELICA – 2023

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	FORMULACION DE OBJETIVOS	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	VARIABLES		METODOLOGÍA
			Variablen	Dimensión	
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿La variación de los métodos de extracción de aceite por solvente y por prensado en frío afectan en el rendimiento, características fisicoquímicas y composición de ácidos grasos del aceite de semilla de <i>Opuntia ficus-indica</i> “tuna”?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Determinar el efecto de la variación de los métodos de extracción de aceite por solvente y por prensado en frío sobre el rendimiento, características fisicoquímicas y composición de ácidos grasos del aceite de semilla de <i>Opuntia ficus-indica</i> “tuna”.</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>La variación de los métodos de extracción por solvente y por prensado en frío afecta sobre el rendimiento, características fisicoquímicas y composición de ácidos grasos del aceite de semilla de <i>Opuntia ficus-indica</i> “tuna”.</p>	<p><b>V.I</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de extracción</li> </ul>	<p>Extracción con: solventes Con hexano</p>	<p><b>Método de Investigación</b></p> <p>Método Científico</p> <p><b>Tipo de Investigación</b></p> <p>Tipo aplicada</p> <p><b>Nivel de investigación</b></p> <p>Explicativo</p> <p><b>Diseño de Investigación</b></p> <p>Experimental</p> <p><b>Población y Muestra:</b></p> <p>La población estará conformada 1000 g de semillas obtenidas a partir de frutos de tunas provenientes de la Provincia Acobamba perteneciente al Departamento de Huancavelica-Perú</p> <p><b>Técnicas de Recolección de datos:</b></p> <p>Observación estructurada</p> <p><b>Instrumento:</b> ficha de recolección de datos-validadas por la AOAC</p> <p><b>Técnica de procesamiento y Análisis de Datos:</b> Método recomendado por la AOCS (2009) método recomendado por la AOCS (2009)</p> <p>Gráficos de control estadísticos</p> <p>Software Microsoft Excel</p> <p>Software Stat grapáis V.16</p>
<p><b>Problemas Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿La variación de los métodos de extracción por solvente y por prensado en frío afectan en el rendimiento del aceite de semilla de <i>Opuntia ficus-indica</i> “tuna”?</li> <li>• ¿La variación de los métodos de extracción de aceite por solvente y por prensado en frío afectan en las características fisicoquímicas del aceite de semilla de <i>Opuntia ficus-indica</i> “tuna”?</li> <li>• ¿La variación de los métodos de extracción de aceite por solvente y por prensado en frío afectan en la composición de ácidos grasos del aceite de semilla de <i>Opuntia ficus-indica</i> “tuna”?</li> </ul>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar el efecto de la variación de los métodos de extracción por solvente y por prensado en frío sobre el rendimiento expresado en porcentaje del aceite de semilla de <i>Opuntia ficus-indica</i> “tuna”.</li> <li>• Determinar el efecto de la variación de los métodos de extracción por solvente y por prensado en frío sobre las características fisicoquímicas (acidez, índice de peróxidos, índice de saponificación, índice de iodo, índice de refracción) del aceite de semilla de <i>Opuntia ficus-indica</i> “tuna”.</li> <li>• Determinar el efecto de la variación de los métodos de extracción por solvente y por prensado en frío sobre la composición de ácidos grasos del aceite de semilla de <i>Opuntia ficus-indica</i> “tuna”.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis específica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La variación de los métodos de extracción por solvente y por prensado en frío afecta sobre el rendimiento expresado en porcentaje del aceite de semilla de <i>Opuntia ficus-indica</i> “tuna”</li> <li>• La variación de los métodos de extracción por solvente y por prensado en frío afecta sobre las características fisicoquímicas (acidez, índice de peróxidos, índice de saponificación, índice de iodo, índice de refracción) del aceite de semilla <i>Opuntia ficus-indica</i> “tuna”.</li> <li>• La variación de los métodos de extracción por solvente y por prensado en frío afecta sobre la composición de ácidos grasos del aceite de semilla de <i>Opuntia ficus-indica</i> “tuna”.</li> </ul>		<p><b>V.D</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendimiento</li> <li>• Características fisicoquímicas</li> <li>• composición de ácidos grasos</li> </ul>	

## ANEXO 2

### 2. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO Y ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>  Método de extracción  - Por solvente  - Por prensado en frío	Proceso que hace uso de disolventes para la extracción de aceites	Determinación de la variación de las propiedades del aceite de semilla <i>opuntia ficus indica</i> por solvente	Extracción con solvente	100g en extractor Soxhlet a 40°C  Por 6 horas	CUANTITATIVA
	Extracción del aceite crudo extraído mecánicamente por prensado	Determinación de la variación de las propiedades del aceite de semilla <i>opuntia ficus indica</i> por prensado	Extracción por prensado en frío	Prensado mecánico a una presión de 300 PSI por 10 minutos	
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>  ● Rendimiento  ● Características fisicoquímicas (acidez, índice de peróxidos, índice de saponificación, índice de iodo, índice de refracción)  ● composición de ácidos grasos	Propiedades paramétricas que determinan la calidad y cantidad del aceite  Propiedades que determinan la funcionabilidad del aceite de la semilla de la tuna  Moléculas orgánicas de naturaleza lipídica presente en las semillas de la tuna	Determinación del rendimiento del aceite por extracción por solvente y prensado  Determinación de acidez, índice de peróxidos, índice de saponificación, índice de iodo y de refracción del aceite de la semilla de la tuna según normas A.O.A.C  Identificación de ácidos grasos presentes en la muestra.	Rendimiento en %  Densidad  Componentes fisicoquímicas Acidez Índice de iodo Índice de acidez Índice de peróxidos Índice de refracción	Rendimiento en %  g/mL  % Mg de I <sub>2</sub> /100g % Miliequivalentes de O <sub>2</sub> /1000g % %	CUANTITATIVA

### ANEXO 3

#### 3. Ficha de recolección de datos: Porcentaje de rendimiento de la extracción de aceite de semilla de tuna (prensado en frío)

		<b>RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN</b>			
		<b>Prensado en frío</b>			
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>N<sup>o</sup></b>	<b>R 1</b>	<b>R 2</b>	<b>R 3</b>	<b>PROMEDIO</b>
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7				3	
8					

#### ANEXO 4

#### 4. ficha de recolección: Porcentaje de rendimiento de extracción de aceite de semilla de tuna (Solvente)

TRATAMIENTO	N°	RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN SOLVENTE			PROMEDIO
		R 1	R 2	R 3	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8				3	



## ANEXO 6 OBTENCIÓN DE FRUTOS DE TUNA



Leyenda: Recolección de frutos de tuna con criterios especificadas  
Fuente: Elaboración propia octubre, 2023

## SELECCIÓN DE FRUTOS DE TUNA



Leyenda: Lavado y desinfección de frutos de *opuntia ficus-indica*.  
Fuente: Elaboración propia octubre, 2023

**ANEXO 7**  
**GALERÍA FOTOGRÁFICA DE LA OBTENCIÓN DE LA SEMILLA DE FRUTOS**  
**DE TUNA**



Leyenda: Proceso de pelado de frutos de tuna  
Fuente: Elaboración propia de la investigación octubre, 2023

**PROCESO DE OBTENCIÓN DE SEMILLAS DEL FRUTO DE TUNA**



Leyenda: proceso de separación de pulpa y semilla de la fruta de tuna  
Fuente: Elaboración propia octubre, 2023

**ANEXO 8**  
**GALERÍA FOTOGRÁFICA DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE DE**  
**SEMILLA DE LA TUNA**



Leyenda: proceso de separación de pulpa y semilla de la fruta de tuna e inserción a la estufa  
Fuente: Elaboración propia octubre, 2023

**ANEXO 9**  
**GALERÍA FOTOGRÁFICA DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE DE**  
**SEMILLA DE LA TUNA POR SOLVENTE**



Leyenda: proceso de separación de aceite extraído por solvente y observación de resultados de cromatografía

Fuente: Elaboración propia octubre, 2023

## ANEXO 10

### CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE *OPUNTIA FICUS-INDICA*



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)  
MUSEO DE HISTORIA NATURAL



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

#### CONSTANCIA N° 116-USM-MHN-2024

LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (Fértil) recibida de **Camila Reny Flores Macha y Milagros Janerín Jeremías Vasquez**, estudiante pre grado Universidad Peruana los Andes ha sido estudiada y clasificada como: *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación APG IV (2016).

ORDEN : Caryophyllales Juss. ex Bercht. & J. Presl

FAMILIA : Cactaceae Juss.

GÉNERO : *Opuntia* Mill.

ESPECIE : *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.

Nombre vulgar: "Tuna"

Procedencia: Acobamba, Huancavelica

Determinado por: Dra. Monica Arakaki.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 21 de mayo de 2024

Dra. Joaquina Albán Castillo

JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

## COMPROMISO DE AUTORÍA

En la fecha, yo **Flores Macha Reny Camila**, identificada con DNI **73423122**, domiciliada en **Av. Bolivia #778 San Jerónimo de Tunan- Huancayo**; egresada de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Peruana Los Andes, por la presente me COMPROMETO a asumir las consecuencias administrativas y/o penales que hubiera lugar si en la elaboración de mi investigación titulada **“EXTRACCIÓN,CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y ÁCIDOS GRASOS DEL ACEITE DE SEMILLA ( Opuntia Ficus-Indica) “TUNA” PRODUCIDA EN ACOBAMBA – HUANCAVELICA – 2023**, se haya considerado datos falsos, falsificación, plagio, auto plagio, etc. y declaro bajo juramento que este trabajo de investigación es de mi autoría, los datos presentados serán reales y se respetarán las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.

Huancayo, 16 de Junio de 2023

The image shows a handwritten signature in black ink on the left and a fingerprint impression on the right. Both are positioned above a horizontal line. The signature is cursive and appears to read 'Reny Camila Flores Macha'.

Bach. Flores Macha Reny Camila

DNI N° 73423122

## COMPROMISO DE AUTORÍA

En la fecha, yo **Jeremias Vasquez, Janerin Milagros**, identificado con DNI N° **70400287** Domiciliado en la Dirección Julio C.Tello El Tambo -Huancayo, Junín, estudiante de la Facultad Ciencias de la Salud de la Universidad Peruana Los Andes, me **COMPROMETO** a asumir las consecuencias administrativas y/o penales que hubiera lugar si en la Elaboración de mi investigación titulada: **“EXTRACCIÓN, CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ÁCIDOS GRASOS DEL ACEITE DE SEMILLA (Opuntia Ficus-Indica) “TUNA” PRODUCIDA EN ACOBAMBA – HUANCAVELICA – 2023**

Se haya considerado datos falsos, falsificación, plagio, auto plagio, etc. y declaro bajo juramento que el trabajo de investigación es de mi autoría y los datos presentados son reales y he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.

Huancayo, 10 de abril 2023



---

Bach. Jeremias Vasquez, Janerin Milagros

D.N.I. **70400287**



**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**Facultad de Ciencias de la Salud  
Escuela Profesional de Farmacia y  
Bioquímica**

### **DECLARACION DE CONFIDENCIALIDAD**

Yo **Flores Macha, Reny Camila**, identificada (o) con DNI **73423122**, estudiante /docente/egresado de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Peruana Los Andes vengo implementando el proyecto de investigación titulado; **“EXTRACCIÓN, CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y ÁCIDOS GRASOS DEL ACEITE DE SEMILLA (*Opuntia Ficus-Indica*) “TUNA” PRODUCIDA EN ACOBAMBA –**

**HUANCAVELICA – 2023** en ese contexto declaro bajo juramento que los datos que se generen como producto de la investigación, así como la identidad de los participantes serán preservados y únicamente con fines de investigación de acuerdo a lo especificado en los artículos 27 y 28 del Reglamento General de Investigación y en los artículos 4 y 5 del Código de Ética, para la investigación científica de la Universidad Peruana Los Andes, salvo con Autorización expresa y documentada con alguno de ellos.

Huancayo, 27 de junio del 2023



---

Apellidos y nombres: **Flores Macha, Reny Camila**  
**Responsable de investigación**



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela Profesional de Farmacia y

Bioquímica

---

**DECLARACION DE CONFIDENCIALIDAD**

Yo **Jeremias Vasquez, Janerin Milagros**, identificada (o) con DNI **70400287**, estudiante /docente/egresado de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Peruana Los Andes vengo implementando el proyecto de investigación titulado; **“EXTRACCIÓN, CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y ÁCIDOS GRASOS DEL ACEITE DE SEMILLA ( *Opuntia Ficus-Indica*) “TUNA” PRODUCIDA EN ACOBAMBA – HUANCAVELICA – 2023** en ese contexto declaro bajo juramento que los datos que se generen como producto de la investigación, así como la identidad de los participantes serán preservados y únicamente con fines de investigación de acuerdo a lo especificado en los artículos 27 y 28 del Reglamento General de Investigación y en los artículos 4 y 5 del Código de Ética, para la investigación científica de la Universidad Peruana Los Andes , salvo con Autorización expresa y documentada con alguno de ellos.

Huancayo, 27 de junio del  
2023



---

JEREMIAS VASQUEZ JANERIN MILAGROS  
Responsable de investigación