

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA**



## **EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL POTENCIAL OLEAGINOSO DE NUECES DE “SAMPANANKI” COMO RECURSO NATURAL DE LA REGIÓN AYACUCHO**

Tesis para obtener el Grado Académico de Maestro en  
**CIENCIAS DE LA INGENIERÍA QUÍMICA,  
MENCIÓN INGENIERÍA EN GESTIÓN Y DESARROLLO DE LOS  
RECURSOS NATURALES**

**AUTOR:**

**Bach. Gabriel Arturo CERRON LEANDRO**

**ASESOR:**

**Mag. Cipriano MENDOZA ROJAS**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2022**

## DEDICATORIA

A Luis Gabriel y Paloma Isabel,  
por los hermosos días de su infancia,  
y por los muchos otros días,  
que les hice falta.

Al apoyo y soporte incondicional de  
Maribel Gari, para proseguir con las  
metas profesionales.

## **AGRADECIMIENTO**

Mis sinceros reconocimientos y agradecimientos a todos los profesionales, colegas e instituciones, que de una u otra manera han apoyado en la elaboración y estructuración del presente trabajo de investigación, así como a los distintos laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, de mi alma mater, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Mis agradecimientos especiales a la Dra. Joaquina Albán Castillo – UNMSM – Lima, a la Empresa S.G.S. – Magdalena – Lima, y a la Comunidad de Otari – Pichari – Cuzco, que han permitido el aporte de información vinculada al presente trabajo.

Expreso mis reconocimientos a la labor de asesoría desarrollado por el Maestro Cipriano Mendoza Rojas en el presente trabajo de investigación.

## RESUMEN

La planta de Sampananki (*Plukenetia polyadenia* Müll. Arg.), es una especie Amazónica que se desarrolla en el VRAEM, es un recurso natural nativo con un gran potencial oleaginoso, que al secarse pierde unos 66,1 % en peso de humedad; obteniéndose del interior las semillas o nueces secas y limpias, con un rendimiento del 26,4 % en peso con respecto al fruto verde, que es la fuente para el proceso de extracción de aceites.

A partir de la semillas o nueces de Sampananki, se retiran las almendras ricas en aceite, que son el 70 % en peso de la nuez; la almendra es de color blanco crema, liviano y frágil, con una densidad de 0,90 g/cm<sup>3</sup>, con un contenido del 3,5 % de humedad, 2,25 % de cenizas y un rendimiento medio del 67,3 % en peso de aceite evaluado con diversos solventes. En el proceso de extracción y producción de aceite a partir de las almendras de las nueces de Sampananki, es recomendable la molienda de las almendras a un tamaño de partícula de 0,5 a 1 mm, usando como solvente de extracción el n-hexano en una relación de solvente a muestra de 3 a 1, que presenta un rendimiento del 69,16 % de producción de aceite por extracción Soxhlet.

El aceite de Sampananki, presenta un color, olor y sabor típico de aceites comestibles procedentes de semillas oleaginosas, exento de sabores extraños; con una densidad de 0,911 g/mL y una viscosidad relativa de 43,16 medidos a la temperatura de 18 °C; con un índice de refracción de 1,4732 y el pH de 6,3 medidos a 20 °C; con un punto de ebullición de 280,0 °C; con un grado de acidez del 2,09 %, índice de acidez de 4,1604 mg KOH/g, índice de saponificación de 280,2 mg KOH/g, índice de yodo de 14,15 g yodo/100 g y un índice de peróxido de 7,72 mEq/kg; enmarcados en los factores de calidad y composición para grasas y aceites comestibles no regulados por el CODEX STAN 19-1981.

El análisis del contenido de ácidos grasos en el aceite de Sampananki reporta un contenido del 51,79 % de ác. linoleico (18:2 w6), 21,72 % de ác. oleico (18:1 w9), 10,74 % de ác. linolénico (18:3 w3), 10,01 % de ác. palmítico (16:0), 3,98 % de ác. esteárico (18:0) y otros menores; con predominancia de ácidos poliinsaturados (62,53 %) y del Omega 6 (51,79 %). La evaluación espectrofotométrica del aceite de Sampananki en el espectro UV-Vis presenta un pico predominante entre los 302 a 303 nm; y en el espectro IR se registran ocho picos significativos de la zona de grupos funcionales y la zona dactilar, que confirman los ácidos grasos identificados.

Las semillas, así como el aceite de Sampananki, utilizados actualmente en las comunidades nativas, presentan un gran potencial de uso y aplicaciones, como aceite natural y comestible, cuya industrialización sostenible constituirá un beneficio para las poblaciones y comunidades Amazónicas, como es el VRAEM en la región de Ayacucho.

**Palabras claves:** aceites, oleaginosas, Sampananki, *Plukenetia*.

## ABSTRACT

The Sampananki plant (*Plukenetia polyadenia* Müll. Arg.), is an Amazonian species that grows in the VRAEM, it is a native natural resource with great oil potential, which loses about 66,1% by weight of moisture when it dries; obtaining from the interior the dry and clean seeds or nuts, with a yield of 26,4% by weight with respect to the green fruit, which is the source for the oil extraction process.

From the Sampananki seeds or nuts, the oil-rich almonds are removed, which are 70% by weight of the nut; the almond is creamy white, light and brittle, with a density of 0,90 g/cm<sup>3</sup>, with a moisture content of 3,5%, ash content of 2,25% and an average yield of 67,3% in weight of oil evaluated with various solvents. In the process of extraction and production of oil from the almonds of Sampananki nuts, it is recommended to grind the almonds to a particle size of 0,5 to 1 mm, using n-hexane as extraction solvent in a ratio of solvent to sample of 3 to 1, which presents a yield of 69,6% of oil production by Soxhlet extraction.

Sampananki oil has a color, smell and flavor typical of edible oils from oilseeds, free of foreign flavors; with a density of 0,911 g/mL and a relative viscosity of 43,16 measured at a temperature of 18 °C; with a refractive index of 1,4732 and a pH of 6.3 measured at 20 °C; with a boiling point of 280,0 °C; with a degree of acidity of 2,09%, acid value of 4,1604 mg KOH/g, saponification value of 280,2 mg KOH/g, iodine value of 14,15 g iodine/100 g and a value of 7,72 mEq/kg peroxide; framed in the quality and composition factors for edible fats and oils not regulated by CODEX STAN 19-1981.

The analysis of the content of fatty acids in the Sampananki oil reports a content of 51,79% of ac. linoleic acid (18:2 w6), 21,72% ac. oleic acid (18:1 w9), 10,74% ac. linolenic acid (18:3 w3), 10,01% ac. palmitic (16:0), 3,98% ac. stearic (18:0) and other minors; with predominance of polyunsaturated acids (62,53%) and Omega 6 (51,79%). The spectrophotometric evaluation of the Sampananki oil in the UV-Vis spectrum shows a predominant peak between 302 and 303 nm; and in the IR spectrum eight significant peaks are recorded in the area of functional groups and the fingerprint area, confirming the identified fatty acids.

The seeds, as well as the Sampananki oil, currently used in the native communities, have great potential for use and applications, as a natural and edible oil, whose sustainable industrialization will constitute a benefit for the Amazonian populations and communities, such as the VRAEM in the Ayacucho region.

**Keywords:** oils, oilseeds, Sampananki, *Plukenetia*.

# ÍNDICE

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| CARÁTULA  | i           |
| DEDICATORIA   | ii          |
| AGRADECIMIENTO  | iii         |
| RESUMEN   | iv          |
| ABSTRACT  | v           |
| INDICE  | vi          |
| LISTA DE TABLAS   | x           |
| LISTA DE FIGURAS  | xii         |
| <br>  |             |
| <b>CAPÍTULO I</b>                                       |             |
| <b>ASPECTOS GENERALES</b>                               | <b>1</b>    |
| <br>  |             |
| 1.1 INTRODUCCIÓN  | 1           |
| 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA                          | 2           |
| 1.2.1 Identificación del problema                       | 2           |
| 1.2.2 Descripción del problema                          | 3           |
| 1.2.3 Formulación del problema                          | 3           |
| <br>  |             |
| 1.3 OBJETIVOS   | 4           |
| 1.4 JUSTIFICACIÓN                                       | 4           |
| 1.5 IMPORTANCIA   | 4           |
| 1.6 HIPÓTESIS   | 5           |
| 1.7 VARIABLES E INDICADORES                             | 5           |
| <br>  |             |
| <b>CAPÍTULO II</b>                                      |             |
| <b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>                           | <b>7</b>    |
| <br>  |             |
| 2.1 ANTECEDENTES  | 7           |
| <br>  |             |
| 2.2 DESCRIPCIÓN DEL SAMPANANKI                          | 8           |
| 2.2.1 El Sampananki                                     | 8           |
| 2.2.2 Cultivo y producción del Sampananki               | 9           |
| 2.2.3 Características principales                       | 10          |
| 2.2.4 Otras fuentes oleaginosas                         | 11          |
| <br>  |             |
| 2.3 LA SILVICULTURA DEL VRAEM                           | 11          |
| 2.3.1 Potencialidad del VRAEM                           | 11          |
| 2.3.2 El proyecto vivero de Plantas Nativas en el VRAEM | 12          |
| 2.3.3 Etnobotánica del VRAEM                            | 14          |

|                             |  |           |
|-----------------------------|--|-----------|
| 2.4                         | SEMILLAS OLEAGINOSAS                                 | 16        |
| 2.4.1                       | Almacenamiento de semillas oleaginosas               | 16        |
| 2.4.2                       | Deshidratación de semillas oleaginosas               | 17        |
| 2.4.3                       | Acondicionamiento de semillas oleaginosas            | 18        |
| 2.5                         | ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES                         | 21        |
| 2.5.1                       | Naturaleza de los aceites y grasas comestibles       | 21        |
| 2.5.2                       | Tratamiento de aceites y grasas comestibles          | 23        |
| 2.5.3                       | Regulación de las grasas comestibles                 | 24        |
| 2.5.4                       | Química y tecnología de aceites y grasas             | 24        |
| 2.5.5                       | Características de aceites y grasas                  | 28        |
| 2.6                         | MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES                     | 29        |
| 2.6.1                       | Extracción por presión                               | 29        |
| 2.6.2                       | Extracción por solventes                             | 32        |
| 2.7                         | CARACTERIZACIÓN DE ACEITES                           | 38        |
| 2.7.1                       | Características organolépticas                       | 39        |
| 2.7.2                       | Propiedades físicas                                  | 40        |
| 2.7.3                       | Índices de aceites                                   | 43        |
| 2.7.4                       | Resultados de caracterización de aceites de semillas | 47        |
| 2.7.5                       | Normas de calidad alimentaria para aceites           | 50        |
| 2.8                         | ESPECTROFOTOMETRÍA EN ACEITES                        | 52        |
| 2.8.1                       | Espectro electromagnético                            | 52        |
| 2.8.2                       | Transmitancia y Absorbancia                          | 53        |
| 2.8.3                       | Región UV-VIS  | 54        |
| 2.8.4                       | Región IR  | 56        |
| <b>CAPÍTULO III</b>         |  |           |
| <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> |  | <b>59</b> |
| 3.1                         | TIPO DE INVESTIGACIÓN                                | 59        |
| 3.2                         | NIVEL DE INVESTIGACIÓN                               | 59        |
| 3.3                         | MÉTODO   | 60        |
| 3.4                         | DISEÑO   | 60        |
| 3.5                         | POBLACIÓN Y MUESTRA                                  | 60        |
| 3.6                         | TÉCNICAS DE EVALUACIÓN                               | 60        |
| 3.7                         | MATERIALES E INSTRUMENTOS                            | 62        |
| 3.7.1                       | Materia prima  | 62        |
| 3.7.2                       | Materiales de laboratorio                            | 62        |
| 3.7.3                       | Reactivos químicos                                   | 63        |
| 3.7.4                       | Instrumentos y equipos                               | 63        |
| 3.8                         | LUGAR Y AMBIENTES DE EJECUCIÓN                       | 64        |

|                                |  |            |
|--------------------------------|--|------------|
| <b>CAPÍTULO IV</b>             |  |            |
| <b>RESULTADOS</b>              |  | <b>66</b>  |
| 4.1                            | DESCRIPCIÓN DEL SAMPANANKI                               | 66         |
| 4.1.1                          | Procedencia de la materia prima                          | 66         |
| 4.1.2                          | Plantaciones de Sampananki                               | 67         |
| 4.1.3                          | Fruto o baya del Sampananki                              | 68         |
| 4.1.4                          | Nuez o semilla del Sampananki                            | 69         |
| 4.1.5                          | Almendra del Sampananki                                  | 70         |
| 4.1.6                          | Usos y aplicaciones nativas                              | 71         |
| 4.2                            | EVALUACIÓN TAXONÓMICA                                    | 71         |
| 4.2.1                          | Taxonomía  | 72         |
| 4.2.2                          | Nombre vernacular  | 72         |
| 4.3                            | CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS Y NUECES DE SAMPANANKI         | 72         |
| 4.4                            | PROCESAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA DE SAMPANANKI          | 75         |
| 4.4.1                          | Descripción de operaciones                               | 75         |
| 4.4.2                          | Diagrama de proceso de tratamiento de frutos             | 78         |
| 4.5                            | EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE SAMPANANKI                      | 80         |
| 4.5.1                          | Descripción del proceso de extracción de aceite          | 80         |
| 4.5.2                          | Factores de la extracción de aceite                      | 84         |
| 4.6                            | CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE SAMPANANKI                 | 86         |
| 4.6.1                          | Aspectos y propiedades organolépticas del aceite         | 86         |
| 4.6.2                          | Determinación de propiedades físicas del aceite          | 88         |
| 4.6.3                          | Determinación de Índices del aceite                      | 95         |
| 4.6.4                          | Evaluación espectrofotométrica del aceite                | 98         |
| <b>CAPÍTULO V</b>              |  |            |
| <b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> |  | <b>102</b> |
| 5.1                            | EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS NUECES DE SAMPANANKI | 102        |
| 5.1.1                          | Componentes de la planta de Sampananki                   | 102        |
| 5.1.2                          | Evaluación taxonómica del Sampananki                     | 103        |
| 5.1.3                          | Caracterización física                                   | 104        |
| 5.2                            | EXTRACCION Y PRODUCCIÓN DE ACEITE                        | 106        |
| 5.2.1                          | Factores de extracción                                   | 106        |
| 5.2.2                          | Proceso de extracción del aceite                         | 111        |
| 5.3                            | CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ACEITE            | 114        |
| 5.3.1                          | Propiedades organolépticas                               | 114        |
| 5.3.2                          | Propiedades físicas                                      | 114        |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 5.3.3 | Propiedades químicas   | 121 |
| 5.3.4 | Análisis físico químicos complementarios   | 127 |
| 5.3.5 | Evaluación de ácidos grasos  | 128 |
| 5.3.6 | Evaluación espectrofotométrica   | 132 |
| 5.4   | POTENCIALES USOS Y APLICACIONES DEL ACEITE   | 133 |
|       | CONCLUSIONES   | 135 |
|       | RECOMENDACIONES  | 137 |
|       | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS   | 138 |
|       | LISTA DE ABREVIATURAS  | 142 |
|       | GLOSARIO   | 143 |
|       | ANEXOS   | 145 |
|       | Anexo 1 Vistas fotográficas del trabajo de investigación   | 145 |
|       | Anexo 2 Constancia de Clasificación Taxonómica de las muestras de Sampananki, Museo de Historia Natural – UNMSM. | 154 |
|       | Anexo 3 Observaciones para la determinación del Índice de Peróxido en muestras de aceites.                       | 155 |
|       | Anexo 4 Informe de ensayo físico químico de la muestra de aceite de Sampananki, Certifical SAC.                  | 157 |
|       | Anexo 5 Informe de ensayo: Ácidos Grasos de la muestra de aceite de Sampananki, SGS.                             | 158 |

## LISTA DE TABLAS

|          |   | Pág. |
|----------|---|------|
| Tabla 1  | Características físicas y químicas típicas de algunos aceites comestibles.  | 47   |
| Tabla 2  | Características físicas y químicas típicas de algunos aceites de fuentes nativas Amazónicas.                                | 47   |
| Tabla 3  | Caracterización físico química de aceites de diversas especies Amazónicas (Lima, 2019).                                     | 49   |
| Tabla 4  | Caracterización de ácidos grasos (%) de diversas especies Amazónicas (Lima, 2019).  | 49   |
| Tabla 5  | Identificación de ácidos grasos metilados en el aceite de semillas de <i>Plukenetia polyadenia</i> (Mota, 2015)             | 50   |
| Tabla 6  | Factores de Calidad y Composición aplicado para grasas y aceites comestibles no regulados (CODEX STAN 19-1981).             | 51   |
| Tabla 7  | Aspectos dimensionales básicos de frutos o baya de Sampananki fresco y seco.  | 71   |
| Tabla 8  | Dimensiones medias de nueces de Sampananki, clasificadas en tres tamaños.   | 72   |
| Tabla 9  | Peso medio de las nueces de Sampananki, clasificadas en tres tamaños.   | 72   |
| Tabla 10 | Polvillo retirado a partir de la superficie de las nueces de Sampananki.  | 73   |
| Tabla 11 | Rendimiento porcentual en peso de cáscara y almendra en nueces de Sampananki.   | 73   |
| Tabla 12 | Rendimiento porcentual de aceite extraído en función al tamaño de partícula de la muestra de almendra molida de Sampananki. | 83   |
| Tabla 13 | Rendimiento porcentual de aceite extraído en función al tipo de solvente orgánico.  | 84   |
| Tabla 14 | Relación de solvente n-hexano utilizado con respecto a muestra de almendra molida.  | 85   |
| Tabla 15 | Densidad del aceite de Sampananki extraído con n-hexano en función a la temperatura.  | 87   |
| Tabla 16 | Densidad del aceite de Sampananki extraído con dietiléter en función a la temperatura.                                      | 88   |
| Tabla 17 | Densidad del aceite de Sampananki extraído con diclorometano en función a la temperatura.                                   | 88   |
| Tabla 18 | Densidad del aceite de Sampananki extraído con etanol absoluto en función a la temperatura.                                 | 88   |
| Tabla 19 | Densidad del aceite de Sampananki extraído con éter de petróleo en función a la temperatura.                                | 89   |
| Tabla 20 | Viscosidad relativa del aceite de Sampananki extraído con n-hexano en función a la temperatura.                             | 89   |
| Tabla 21 | Viscosidad relativa del aceite de Sampananki extraído con dietiléter en función a la temperatura.                           | 90   |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| Tabla 22 | Viscosidad relativa del aceite de Sampananki extraído con diclorometano en función a la temperatura.          | 90  |
| Tabla 23 | Viscosidad relativa del aceite de Sampananki extraído con etanol absoluto en función a la temperatura.        | 90  |
| Tabla 24 | Viscosidad relativa del aceite de Sampananki extraído con éter de petróleo en función a la temperatura.       | 91  |
| Tabla 25 | Índice de refracción del aceite de Sampananki extraído con n-hexano en función a la temperatura.              | 91  |
| Tabla 26 | Índice de refracción del aceite de Sampananki extraído con dietiléter en función a la temperatura.            | 92  |
| Tabla 27 | Índice de refracción del aceite de Sampananki extraído con diclorometano en función a la temperatura.         | 92  |
| Tabla 28 | Índice de refracción del aceite de Sampananki extraído con etanol absoluto en función a la temperatura.       | 93  |
| Tabla 29 | Índice de refracción del aceite de Sampananki extraído con éter de petróleo en función a la temperatura.      | 93  |
| Tabla 30 | Punto de ebullición del aceite de Sampananki extraído con diversos solventes orgánicos.                       | 94  |
| Tabla 31 | pH del aceite de Sampananki extraído con diversos solventes orgánicos.  | 94  |
| Tabla 32 | Grado de acidez e Índice de acidez del aceite de Sampananki extraído con diversos solventes orgánicos.        | 95  |
| Tabla 33 | Índice de saponificación del aceite de Sampananki extraído con diversos solventes orgánicos.                  | 95  |
| Tabla 34 | Índice de yodo del aceite de Sampananki extraído con diversos solventes orgánicos.                            | 96  |
| Tabla 35 | Índice de peróxido del aceite de Sampananki extraído con diversos solventes orgánicos.                        | 96  |
| Tabla 36 | Descripción resumida de la planta y nuez de Sampananki, como materia prima para la extracción del aceite.     | 102 |
| Tabla 37 | Análisis físico químicos complementarios de la muestra de aceite de Sampananki en un laboratorio certificado. | 126 |
| Tabla 38 | Análisis de ácidos grasos en muestra de aceite de Sampananki con un laboratorio certificado.                  | 128 |

## LISTA DE FIGURAS

|           |  | Pág. |
|-----------|--|------|
| Figura 1  | Clasificación general de ácidos grasos (Sánchez, 2013)   | 26   |
| Figura 2  | Componentes básicos de una prensa expeller, FKC<br>Screw Press   | 29   |
| Figura 3  | Extractor de aceites tipo Rotocel, KMEC  | 36   |
| Figura 4  | Extractor de aceites tipo Soxhlet de laboratorio   | 38   |
| Figura 5  | Semillas de seis agrupaciones del género <i>Plukenetia</i><br>estudiados en la Amazonía peruana  | 48   |
| Figura 6  | Espectro electromagnético, según frecuencia: $f$ (Hz) y<br>longitud de onda: $\lambda$ (m).  | 52   |
| Figura 7  | Esquema típico de un espectrofotómetro convencional.   | 53   |
| Figura 8  | Evaluación en el espectro UV-Vis del aceite de<br>Sacha Inchi (Gamarra, 2022).   | 55   |
| Figura 9  | Evaluación del espectro UV-Visible del aceite crudo<br>de palma (Paso, 2020).  | 55   |
| Figura 10 | Evaluación del espectro UV-Visible comparativo entre el<br>aceite crudo y blanqueado de palma, con el aceite refinado<br>comercial (Paso, 2020). | 56   |
| Figura 11 | Evaluación FTIR del aceite de oliva y los aceites de soja,<br>girasol, maíz y canola (Téllez, 2019).   | 57   |
| Figura 12 | Evaluación infrarroja convencional IR del aceite de<br>palma (Paso, 2020).   | 57   |
| Figura 13 | Evaluación en el espectro IR para el aceite de<br>Sacha Inchi (Gamarra, 2022).   | 58   |
| Figura 14 | Ubicación de la Comunidad de Otari en el VRAEM.  | 66   |
| Figura 15 | El Sampananki, como enredadera sobre un árbol, con detalle<br>de las hojas verdes lanceoladas.   | 67   |
| Figura 16 | Fruto verde del Sampananki.  | 68   |
| Figura 17 | Fruto maduro y retiro de las nueces oleaginosas de<br>Sampananki.  | 69   |
| Figura 18 | Diagrama de bloques del procesamiento de frutos frescos de<br>Sampananki para la producción de almendras molidas.                                | 78   |
| Figura 19 | Sistema de extracción Soxhlet para aceites de almendra<br>de Sampananki.   | 80   |
| Figura 20 | Separación y recuperación del aceite de Sampananki en el<br>Rotavapor al vacío de laboratorio.   | 81   |
| Figura 21 | Espectro de absorción UV-VIS del aceite de Sampananki<br>(Modo Absorbancia 250 a 450 nm).  | 98   |
| Figura 22 | Espectro de absorción IR del aceite de Sampananki (Modo (a)<br>Absorbancia y (b) % Transmitancia, 4000 a 1000 $\text{cm}^{-1}$ ).                | 99   |
| Figura 23 | Rendimiento porcentual de aceite extraído evaluado para partículas<br>de almendra > 1 (1 mm a 2 mm) y < 1 (0,5 mm a 1 mm).                       | 106  |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| Figura 24 | Rendimiento porcentual de aceite extraído con diversos solventes orgánicos.  | 107 |
| Figura 25 | Rendimiento porcentual de aceite extraído en función al incremento de volumen de solvente n-hexano.  | 109 |
| Figura 26 | Propuesta del proceso de extracción del aceite a partir de las semillas o nueces de Sampananki.  | 112 |
| Figura 27 | Variación de la densidad del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados, en función a la temperatura.            | 114 |
| Figura 28 | Variación de la viscosidad relativa del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados, en función a la temperatura. | 115 |
| Figura 29 | Variación del índice de refracción del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados, en función a la temperatura.  | 117 |
| Figura 30 | Variación de la temperatura de ebullición del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados.                        | 118 |
| Figura 31 | Variación del pH del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados.   | 119 |
| Figura 32 | Variación del grado de acidez del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados.                                    | 120 |
| Figura 33 | Variación del índice de acidez del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados.                                   | 121 |
| Figura 34 | Variación del índice de saponificación del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados.                           | 122 |
| Figura 35 | Variación del índice de yodo del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados.                                     | 123 |
| Figura 36 | Variación del índice de peróxido del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados.                                 | 125 |
| Figura 37 | Contenido de ácidos grasos en el aceite de Sampananki.   | 129 |
| Figura 38 | Distribución de ácidos grasos saturados en el aceite de Sampananki.  | 129 |
| Figura 39 | Distribución de Omega en los ácidos grasos del aceite de Sampananki.   | 130 |

# CAPÍTULO I

## ASPECTOS GENERALES

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación desarrolla la extracción y la caracterización del potencial oleaginoso de las nueces de “Sampananki”, como un gran recurso natural de la región Ayacucho, específicamente del VRAEM, con posibilidades de utilización del aceite extraído de nueces de “Sampananki” (*Plukenetia polyadenia* Müll.Arg.)

Las nueces, fueron sometidas a extracción de sus aceites con n-hexano y otros solventes, como el dietiléter, diclorometano, etanol absoluto y el éter de petróleo, para posteriormente ser caracterizados. Se determinaron los índices de acidez, saponificación, yodo, peróxido, refracción entre otros parámetros; igualmente se determinó la composición de los ácidos grasos superiores.

La nuez de “Sampananki” es un recurso natural de la región selvática del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y del Mantaro, conocido como VRAEM de la región de Ayacucho, que representa todo un potencial oleaginoso (Vega, 2001). Este recurso natural, aún no muy extendido en su información y uso, sólo ha merecido pocos estudios en el ámbito nacional e internacional.

De acuerdo a estudios etnobotánicos de la Amazonía Peruana, se admite la extraordinaria biodiversidad de nuestro país, con la identificación de diversos recursos potenciales para la producción de aceite vegetal; tal como se refiere a la nuez tropical denominada “Sampananki” o “pasanaki” por la tribu Ashaninka. Se trata de una semilla oleaginosa que tiene su hábitat en las regiones selváticas peruanas, tales como Kimpiri, Curiri, Shampintiari, Somaveni, Anapati, Cutivirene, entre otras localidades, ubicadas entre las márgenes de los ríos Apurímac y Ene; asimismo, se percibe que, diversos científicos agrícolas, en diferentes partes del mundo, evalúan y proponen los usos prácticos para diversas plantas naturales,

que no están presentes en los cultivos intensivos; es decir, para las denominadas “plantas marginales”; objetivos favoritos de tales investigaciones, han sido los aceites y grasas de ciertos recursos oleaginosos, especialmente aquellas producidas por plantas con flores.

Los aceites vegetales, aceites con triglicéridos, son típicamente encontrados en semillas de la soya, maní, algodón, girasol, tarwi (lupino) y otras plantas tradicionales; así como también, posible y potencialmente se encuentran en otros cientos de plantas oleaginosas menos conocidas. Algunos comestibles y otros no. Entre las que podemos mencionar algunos de los cultivos tropicales de la selva alta peruana como el cacahuete (maní), cocotero, palma aceitera, seje o ungurahui, babassú, o coco de macaco, almendro de Chachapoyas o cuntabimi, piquí-a, palo de nuez o tagui y el “Sampananki” o pasanaki”, nuez que se evalúa en el presente trabajo de investigación.

Los grupos étnicos de la selva, como son los Ashaninkas, lo conocen como “Sampananki” o “pasanaki”, y extraen el aceite de estas nueces por simple presión para utilizarlos en la fritura de sus alimentos (yuca, plátanos, pescados, etc.), lo que demuestra la inocuidad y la no toxicidad de este recurso oleaginoso. Además, lo utilizan para elaborar ungüentos y pomadas faciales en combinación con el achiote y otros tintes vegetales, como parte de los usos y aplicaciones inocuas de dichas nueces.

La planta tropical del Sampananki, productora de esta maravillosa nuez oleaginoso peruana, es probable que pertenezca a la familia de los bejucos, con una producción natural en el VRAEM, que representa un recurso natural con gran potencial oleaginoso para el consumo humano.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Identificación del problema**

En la actualidad, se identifica un recurso natural con potencialidad de explotación oleaginoso que se produce en el VRAEM de la región de Ayacucho, tal es el caso del Sampananki, pero se desconoce aún sus propiedades físicas y químicas como materia prima, así como del proceso productivo de extracción de aceite aplicado a las nueces, así como la caracterización del producto oleaginoso como aceite, para su posterior uso potencial en el consumo humano.

Por otra parte, existe una creciente necesidad de recursos alimenticios en los diferentes niveles sociales de la población, acentuado por la escasez y los altos precios que estos tienen, fundamentalmente de los aceites y grasas, reportados dentro del contexto nacional e internacional de los últimos tiempos; a las cuales se suman, los requerimientos y tendencias de uso de productos naturales y exóticos, con ciertos beneficios naturales y ecológicos.

Además, como parte de las dietas y la tendencia al consumo natural de productos inocuos, se desea reemplazar ciertos hábitos alimenticios en cuanto a grasas y aceites refinados de uso extensivo actual, con otras fuentes de aceites y grasas provenientes de recursos vegetales existentes en nuestra región, que por el momento no son bien conocidos ni valorados; que sin embargo, son usados y consumidos por diversas comunidades y grupos étnicos de nuestra Amazonía Peruana y de la región.

### **1.2.2 Descripción del problema**

Los aceites y grasas en general, constituyen un importante ingrediente dentro del régimen alimenticio humano; tal que, en la actualidad, su consumo proviene íntegramente de otras regiones del país e incluso del exterior, y son procesados a partir de recursos vegetales tradicionales.

Luego, existe la necesidad de encontrar nuevas fuentes o recursos naturales que proporcionen aceites y grasas comestibles, pero previamente es necesario caracterizar y establecer los procesos productivos, para establecer su aplicación con fines de consumo humano y otros usos complementarios.

Se tienen referencias sobre la existencia de recursos vegetales en la selva ayacuchana, específicamente en el VRAEM, con identificación de diversos productos etnobotánicos, como son el Sampananki, poco conocidos y evaluados como potencial oleaginoso, que pueden ser fuentes proveedoras de aceites y grasas, como una alternativa a los requerimientos de consumo humano.

### **1.2.3 Formulación del problema**

#### **Problema General:**

¿Cómo es el proceso de extracción y caracterización del potencial oleaginoso de nueces de “Sampananki” como recurso natural de la región de Ayacucho?

#### **Problemas Específicos:**

- 1) ¿Cuál es la caracterización de las nueces de Sampananki, como recurso natural del VRAEM en la región de Ayacucho?
- 2) ¿Cómo es el proceso de extracción y producción del aceite a partir de las nueces de Sampananki?
- 3) ¿Cuáles serán las características físicas y químicas, así como la identificación de lípidos en el aceite producto obtenido a partir de las nueces de Sampananki?
- 4) ¿Cuáles podrán ser sus usos y aplicaciones del aceite de Sampananki?

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **Objetivo General:**

Desarrollar el estudio del proceso de extracción y caracterización del potencial oleaginoso de nueces de "Sampananki" como recurso natural de la región de Ayacucho.

#### **Objetivos Específicos:**

- 1) Caracterizar las nueces de Sampananki, como recurso natural del VRAEM en la región de Ayacucho.
- 2) Establecer el proceso de extracción y producción del aceite a partir de las nueces de Sampananki.
- 3) Estudiar las características físicas y químicas, así como la identificación de lípidos en el aceite producto obtenido a partir de las nueces de Sampananki.
- 4) Reportar los potenciales usos y aplicaciones del aceite de Sampananki.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

La selección del presente trabajo de investigación se ve ampliamente justificada en diversos aspectos; siendo desde el punto de vista académico y los preceptos de los fines de la Maestría, desarrollar la Gestión y Desarrollo de los Recursos Naturales, como constituye el desarrollo de la extracción y caracterización del potencial oleaginoso de las nueces del "Sampananki", como un recurso natural de la región de Ayacucho, para aportar los requerimientos alimentarios humanos y el desarrollo económico de la región.

El Sampananki es un recurso natural de nuestro territorio selvático de la región de Ayacucho, conocido como el VRAEM, que en la actualidad tiene un escaso valor agregado en los aspectos económicos de la región, que sin embargo representa un gran potencial oleaginoso, que debe ser estudiado y evaluado técnica y científicamente, para ser utilizado en la industria alimentaria y farmacéutica.

### **1.5 IMPORTANCIA**

En el presente trabajo de investigación, se realiza el trabajo de caracterización de las nueces de Sampananki como recurso oleaginoso potencial, así como el desarrollo tecnológico de la extracción del aceite, complementada con la evaluación y caracterización final del aceite producto de las nueces de Sampananki; cuyos resultados, promueven el potencial alternativo de producción y suministro de aceites vegetales en el mercado, orientados al consumo humano.

Cabe precisar, los aspectos de la delimitación de la investigación; tales como que, la materia prima para la presente investigación son las nueces procedentes del VRAEM; a partir de la cual se formula el proceso de extracción del aceite.

Por otra parte, la evaluación y resultados tecnológicos de la extracción y caracterización del aceite, están sujetos a las técnicas y procedimientos establecidos para dichos fines, dentro de la especialidad.

## **1.6 HIPÓTESIS**

### **Hipótesis General**

El desarrollo del estudio del proceso de extracción y caracterización oleaginoso de las nueces de Sampananki permitirá el aprovechamiento económico como recurso natural de la región de Ayacucho destinado al consumo humano.

### **Hipótesis Específicos**

- 1) La caracterización de las nueces de Sampananki, potenciará su emprendimiento como recurso natural del VRAEM en la región de Ayacucho.
- 2) La definición del proceso de extracción y producción del aceite a partir de las nueces de Sampananki, definirá las operaciones y condiciones de procesamiento.
- 3) El estudio de las características físicas y químicas, así como la identificación de lípidos en el aceite producto obtenido a partir de las nueces de Sampananki, establecerá los criterios de calidad y sus aplicaciones.
- 4) El reporte de los potenciales usos y aplicaciones del aceite de Sampananki, en sus fuentes de producción, afianzará su consumo humano y demás aplicaciones potenciales.

## **1.7 VARIABLES E INDICADORES**

### **Variable Independiente**

**X** : Nueces del "Sampananki", como recurso natural de la región de Ayacucho

### **Indicadores**

**X1** :Potencial productivo del Sampananki como recurso natural

**X2** : Características de las nueces de Sampananki

**Variable Dependiente**

Y : Extracción y caracterización del potencial oleaginoso

***Indicadores***

Y1 : Proceso productivo para la extracción del aceite

Y2 : Rendimiento en aceite

Y3 : Caracterización del aceite

## CAPÍTULO II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se enfoca los diversos antecedentes, estudios e información vinculantes a las nueces de Sampananki, como recurso natural con potencial oleaginoso; así como la información técnica de los aceites y grasas comestibles y los procesos de extracción de aceites, con fines de uso y aplicación en el consumo humano.

### 2.1 ANTECEDENTES

Como antecedentes directos sobre la extracción y caracterización oleaginoso del aceite obtenida a partir de las nueces de Sampananki (*Plukenetia polyadenia* Müll. Arg.), tanto en el ámbito internacional y nacional, no existe mayor información; y mucho menos como recurso natural oleaginoso potencial en la región de Ayacucho.

En la publicación de Mario Vega (2001), sobre ***Etnobotánica de la Amazonía Peruana***, en el Cap. II Caminos alternativos para el VRAE, en el ítem de Especies nativas promisorias para su cultivo (pág. 61), se hace referencia descriptiva básica sobre el clima, suelo, época de siembra, labor agrícola, propagación, partes aprovechadas y manejo postcosecha del Sampananki, con información complementaria genérica resumida sobre los componentes químicos.

Obviamente, cabe aclarar que, existen muchos trabajos de extracción industrial con refinamiento, así como la caracterización físico química de aceites de otras fuentes oleaginosas, tales como son las semillas de soja o soya, girasol, palma, algodón, maní, sacha inchi, etc. El sacha inchi, es una variedad de las especies denominada *Plukenetia volubilis* L., cercano al Sampananki.

Nete Kodahl et. al. (2022), en su artículo de investigación ***Lipid composition of the Amazonian 'Mountain Sacha Inchis' including Plukenetia carolis-vegae***

**Bussmann, Paniagua & C.Téllez**, reporta las notables composiciones en ácidos grasos poliinsaturados del orden de los 82,6 a 86,7 % y especialmente el ácido alfa-linoleico hasta en unos 46,6 %, en la familia de las *Plukenetia*, haciendo referencia a la especie ***Plukenetia polyadenia* Müll.Arg.**, 'Compadre-de-azeite', encontradas en la cuenca del Amazonas, reportando para la *Plukenetia polyadenia* una composición de 46,9 % de ácidos grasos poliinsaturados (C18:2 w-6), 34,7 % de ácidos grasos poliinsaturados (C18:3 w-3), 14,0 % de ácidos grasos monosaturados y 4,4 % de ácidos grasos saturados.

Existen trabajos brasileños, como de Amanda S. Mota et. al. (2015), que en su artículo de investigación ***Antinociceptive Activity and Toxicity Evaluation of the Fatty Oil from Plukenetia polyadenia Mull. Arg. (Euphorbiaceae)***, reportan que el aceite es utilizado por los nativos de Brasil y la Amazonía contra la artritis y el reumatismo, reduciendo el dolor y la inflamación, cuya extracción por presión mecánica, rinde hasta un 47,0 % de aceite, conformado por 46,5 % de ácido linoleico, 34,4 % de ácido alfa-linoleico y 13,9 % de ácido oleico; concluyendo que el aceite, no tiene efectos toxicológicos, presentando efecto antinociceptivo, vale decir reduciendo el dolor abdominal en las pruebas de contorsiones, con acción analgésica periférica.

Desde el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Ángel Rodríguez et. al. (2010), en el artículo de investigación ***Diferenciación morfológica y por ISSR (Inter simple sequence repeats) de especies del género Plukenetia (Euphorbiaceae) de la Amazonía peruana: propuesta de una nueva especie***, estudian cinco especies del género *Plukenetia* de la Amazonía Peruana, que incluye la especie *P. Polyadenia*, corroborando la identidad taxonómica molecular, reportando el fruto como cápsula de unos 6 a 11 cm, con semillas de unos 3 cm de superficie lisa.

A nivel de la región y de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, no se ha reportado trabajos de investigación como materia prima u otros vinculados al Sampananki.

## **2.2 DESCRIPCIÓN DEL SAMPANANKI**

### **2.2.1 El Sampananki**

El Sampananki (*Plukenetia polyadenia* Müll. Arg.) es una planta con reconocida capacidad oleaginosa, que se desarrolla en las regiones Amazónicas; luego de tres meses de crecimiento, le brotan ramas trepadoras y se desarrolla en forma de una enredadera. Luego de los 2,5 a 3 años, produce frutos con pulpa comestible, con unas tres a cuatro pepas o semillas, de 2 a 3 cm de diámetro y con una almendra de reconocida exquisitez (Vega, 2001).

La planta es una liana grande trepadora de rama gris, con robustas hojas ovaladas elípticas, con unos 15 a 18 cm de largo; presenta flores en racimos de apariencia parecida a la uva.

El contenido de aceite de las semillas podría estar alrededor del 67%, siendo ligeramente superado entre las semillas oleaginosas evaluadas, por la castaña brasileña; con mayor contenido de aceite que la pepa de algodón, maní y otras fuentes vegetales oleaginosos; está compuesto principalmente por aceites esenciales en base a ácidos grasos, tales como el ácido linoleico, linolénico y escasos ácidos grasos tales como el palmítico (5 %), (Vega, 2001).

El uso principal de las nueces de Sampananki es como fuente comestible de aceites, y se estima que sería una base para productos cosméticos, cuya demanda en estado natural a nivel mundial es notable y creciente; además, constituye una alternativa comestible, en cuanto a la pulpa del fruto, como fuente de carbohidrato y la almendra para el suministro de aceite y proteína. Las poblaciones nativas emplean el aceite como combustible, que arde varias horas cuando ésta se unta en una madera con un trozo de tela (León, 1998).

### **2.2.2 Cultivo y producción del Sampananki**

El Sampananki, llamado también como “pasanaki” por los ashánincas, se desarrolla en climas de zonas tropicales, que presenten precipitaciones fluviales de 1800 a 3500 mm/año, con temperaturas que van entre 20 °C a 28 °C, a una altitud comprendida entre los 400 hasta 1500 m.s.n.m., en suelos de arena arcillosa con abundante materia orgánica, biotopo de población natural. Se desarrolla muy bien a orillas de los ríos, en bosques vírgenes, en bosques secundarios, bajo condiciones de luz intermedia y sombra. Su hábitat es compartido con la caoba, ajo sacha, lupuna, cotaua, capirona, uña de gato, ayahuasca, pitias, churitoytoki, pijuayo y otras especies vegetales.

Se recomienda sembrar en fajos de enriquecimiento, en bosques primarios como secundarios, abriendo camellones de un metro de ancho, con una siembra por trasplante, recomendado en periodo de lluvias, con un espaciamiento de 3 x 3 m; deshierbar unas dos veces por año y podar para el manejo de la cosecha (cultivo asociado). Se recomienda asociar con otras especies forestales como el palo de rosa, churitoytoki, maviki, marivati y otros (Vega, 2001).

La propagación de la planta es por semillas y gajos. El almácigo debe prepararse con semillas frescas y por gajos, teniendo cuidado de la protección de los gajos de la radiación solar durante el trasplante, porque es muy susceptible a los rayos solares, debiéndose sembrarse con una inclinación de 35° similar a la yuca, hasta enraizar, luego se debe colocar en bolsas para su trasplante a tierra firme.

Algunos índices y datos técnicos de la producción de la planta de Sampananki son (Vega, 2001):

- Distanciamiento entre plantas : 3 x 4 m.
- Tiempo de inicio de producción : 3 años.
- Producción por planta : 25 kg.
- Número de plantas por hectárea: 833 plantas/Ha.

Las partes aprovechadas del Sampananki son los frutos que contienen pulpa, así como las semillas, que normalmente se cosechan a partir del mes de marzo a septiembre. Para el manejo post cosecha, se recomienda deshidratar la semilla, para su extracción y envasado para su atención en el mercado potencial.

El estudio de enraizamiento de esquejes de *Plukenetia polyadenia* ("amahua") es recomendado para conservar y propagar dichas plantaciones preservando el germoplasma en programas de mejoramiento, siendo recomendable el uso de esquejes con 50 % de área foliar (Solis, 2017), indicando que, crece en forma nativa en selvas tropicales húmedas, entre 0 a 1000 msnm, como es la cuenca amazónica del Perú; y que su aceite es utilizado contra la artritis y el reumatismo, y que las comunidades nativas utilizan como alimento. Se considera a las plantaciones del *P. polyadenia* como una fuente de genes importante en el mejoramiento genético del *P. volubilis* conocido como sacha Inchi, por ser del mismo género.

### **2.2.3 Características principales**

Se reporta que, las nueces de Sampananki contienen alrededor del 4,3 % de humedad; 8,0 % de proteínas; 64,5 % de aceite, compuesta por unos 46 % de ácido linoleico (18,8 % ácido linoleico y 27,2 % ácido linolénico) y unos 18,3 % ácido palmítico, y con alrededor de unos 17% de ácido onocinoico (Vega, 2001).

De acuerdo a los estudios etnobotánicos de la Amazonía Peruana (Vega, 2001), se reporta que, entre las especies vegetales escasas en la región del Río Apurímac están el Sampananki, maviki, santamatica, metaki, chineri, canela, pisharitaki o caritoytoki; estas especies vegetales se encuentran mayormente en las comunidades de Shinongari, Kimaro, Pitari, Kimpiri, Comantavichi, Cutivirene y Soniveni, porque en estas comunidades todavía no es muy intensa la deforestación y la aculturación; la adquisición de estas especies debe ser por compra, canje o pago, para que se le de mayor valor a sus bosques, para que se promueva su conservación y cultivo, de estos recursos naturales como una gran fuente de ingresos económicos sustentables para el desarrollo del valle.

#### **2.2.4 Otras fuentes oleaginosas**

Dentro de la biodiversidad de la selva Amazónica Peruana, se menciona al “pasoteki”, cuyas semillas se desprenden de la planta entre los meses de abril y junio. Es un árbol gigante, que llega a medir 20 a 30 m a los 200 años. A los 7 años produce frutos rugosos en racimos de 10 cm de alto por 6 cm de ancho cada uno, conteniendo cada uno dos almendras de 2 a 3 cm de diámetro; se conoce que las almendras de los frutos de este árbol producen abundante aceite, por lo que su contenido en aceite, probablemente sea similar al del Sampananki. Su producción es exuberante, y su uso, adicional al de extracción de aceite, es comestible y exquisito para su consumo.

Cabe mencionar que, existen otras especies tanto como fuentes oleaginosas, como mixtas, tintóreas e incluso tóxicas en algunas especies, identificadas morfológicamente, pero que aún tienen propiedades desconocidas, cuyo estímulo para su exploración e investigación permitirá incorporarlas en su caracterización científica, siendo algunos de ellos en actual experimentación en el vivero de plantas nativas del VRAEM.

Se concluye, respecto al Sampananki, de acuerdo a la información disponible de las plantaciones, que posee un gran éxito en el sembrado por medio de semillas y desarrollo como planta en las regiones amazónicas; con una probabilidad y alternativa inmediata de la siembra combinada con estacas, frente a una escasez estacional. Así mismo, se ha comprobado, que la siembra inicial de estacas en suelo, por ahora no es recomendable, debido a que arrojan escaso brote, hasta ver los resultados de experimentaciones posteriores (Vega, 2001).

### **2.3 LA SILVICULTURA DEL VRAEM**

#### **2.3.1 Potencialidad del VRAEM**

El territorio denominado como el Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro, conocido como el VRAEM, comprende alrededor de 66 distritos, tanto de las regiones de Ayacucho, Cusco, Junín, Huancavelica y Apurímac (DS 040-2016-PCM); que se extiende alrededor de 5,83 millones de hectáreas, con territorio de relieve accidentado, conformada por valles interandinos, selva amazónica, montaña y cordilleras elevadas, con vegetación intensa en variedades maderables y no maderables, con cultivos tropicales y agropecuarios de valor comercial, así como productos etnobotánicos variados, que conforman una biodiversidad de recursos naturales con gran potencialidad económica.

La economía del VRAEM es fundamentalmente agropecuaria, con aporte productivo mayoritarios de coca (55,3 %), café (16,6 %), cacao (12,3 %) y otros como yuca, piña, plátano, naranjo, maíz amiláceo, etc. (15,8 %), como porcentaje del Valor Bruto de la Producción Agropecuaria (Mendoza, 2017).

### **2.3.2 El proyecto vivero de Plantas Nativas en el VRAEM**

#### ***Origen del Proyecto:***

El proyecto se originó a petición y solicitud de las comunidades nativas del ámbito del Valle Río Apurímac, fueron ocho comunidades nativas las que años atrás solicitaron su implementación, sin embargo después de una evaluación se vio por conveniente iniciar con la instalación de viveros en las comunidades de Sampantuari, Otari, Gran Shinungari, promovido y organizado a través de sus autoridades, quienes como representantes legales, se comprometieron a efectuar y llevar adelante las alternativas de desarrollo, que conlleven más adelante al aprovechamiento racional de los recursos naturales, comprometiéndose a la dotación en parte de la mano de obra, destinar terrenos comunales y/o particulares para el establecimiento de las plantaciones en la extensión que sea necesaria, así como para la instalación del vivero, teniendo estas consideraciones se planteó dicho proyecto (León, 1998).

#### ***Descripción del Proyecto:***

El proyecto comprendió como una primera etapa la instalación de viveros comunales de plantas nativas y su establecimiento en las comunidades nativas de Sampantuari y Otari, posteriormente se buscaría financiamiento para la comercialización de los productos, con el fin de producir plantas de especies nativas con posibilidades potenciales de uso en la industria, propias de la zona, rescatando y evitando su extinción por la deforestación indiscriminada, y además, permitirá la conservación de los suelos, mejorar la productividad silvoagropecuaria, fuente de materia prima para la futura industrialización y constituir alternativas ocupacionales variadas a las comunidades nativas y agricultores pobres de la región, que hoy se encuentran en situación de extrema pobreza.

El proyecto tiende a desarrollar la agroforestería y reforestación con especies nativas de la región para su explotación racional, e industrialización posterior de las plantas; cuyo beneficio es la obtención de esencias aromáticas, aceites para uso en cosmetología y medicina, tintes, colorantes y las biácidas para el uso de los insecticidas y fungicidas biodegradables.

En el año de 1995, se propicia esta actividad bajo la dirección de Mario Vega Orcasitas, con financiamiento de la Caja Rural de Ahorro y Crédito "**Valle del Río Apurímac y Ene**", que por medio de su institución financia inicialmente la instalación del vivero de plantas nativas en el fundo "Santa Clara", en el distrito de Ayna – San Francisco, La Mar, Ayacucho.

#### ***Estudios Previos:***

La exploración directa realizado por Mario Vega Orcasitas en el año 1995, motivado por el uso de las nueces de Sampananki, realizado por parte de las

mujeres de los pueblos nativos del Valle del Río Apurímac y Ene, de las etnias Ashaninca y Mashiguenga, acerca del aceite extraído sólo por presión y el rascado manual sobre la semilla que produce aceite con relativa abundancia, lo llevó a la comprobación de varios de sus beneficios de este. La primera aplicación verificada fue como base facial, para posterior pintado del rostro combinado con el colorante de achiote, con fines de embellecimiento femenino principalmente, que evidentemente hacía mostrar el cutis lozano, incluso en personas de avanzada edad, de cuyo uso se desprendía un beneficio colateral de evitamiento o reducción de arrugas en la piel. La segunda verificación fue como fuente de aceite comestible, directamente por mordido de la semilla o utilizado indirectamente en la fritura de la yuca, así como de otros tubérculos y carnes. La tercera verificación fue el uso como combustible, al untarse en madera envuelta con trapo, ardiendo por lapso prolongado (Vega, 2001).

Estas comprobaciones fueron efectuadas directamente en las comunidades nativas en gran cantidad de oportunidades, resultados que llevan a Vega, avizorar la posibilidad de extracción industrial del aceite de la semilla del Sampananki o "pasanaki", nombres por los cuales los nativos los conocen. Inclusive, una de las más grandes compañías oleaginosas del país, le confirma la posibilidad de extracción industrial por el alto rendimiento aceitoso de la semilla.

Posteriormente se realizó el análisis de la semilla por el Dr. Lynn, bioquímico de la Universidad de Pensilvania, USA, quién a su vez derivó el análisis de laboratorio al Dr. Jacob Harris, profesor de la misma Universidad quién llevó a cabo experimentos en su laboratorio privado. Luego de tres años de experimentación en conejillos de indias, con 80 partes distintas de la semilla del Sampananki, se obtuvo excelentes resultados tanto en nutrición como en crecimiento.

Por otra parte, en el año de 1969, los científicos norteamericanos solicitaron al gobierno, entonces presidido por el General Velasco Alvarado, la concesión temporal de 1000 Has en la zona de Curiri, Río Ene, donde además se proponía instalar una fábrica para la extracción de aceites, sin poderse concretar dicho proyecto. Este, no había sido el primer intento por hacer conocer la utilidad y beneficios que reportaría la semilla, a los más altos niveles; ya en 1980, una comisión de comunidades nativas, acompañadas por Vega, habían logrado entrevistarse con el entonces presidente Belaunde, logrando el interés en el desarrollo de las plantas nativas, con cuyo motivo se remitió ejemplares y se ordenó adoptar medidas de apoyo al entonces Ministro de Agricultura Ing. Cuculiza, las cuales no fueron concretadas por la pronta salida del indicado Ministro del cargo.

Años después, Vega logra resultados de un estudio científico sobre las semillas del Sampananki, coordinado con el Ing. Jorge García Blásquez Morote, profesor de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, hacia los 1995, también se avanza en la exploración de otras plantas nativas y con potencial oleaginoso, como son el maiki, o maní del monte, conoiki, pasoteki, y otros;

tintóreas como el churitoitoki, maribati, pitiris y otras; y, tóxicas como el pitisiki, el cuiniriki, y otras; se efectúan análisis de las características morfológicas, de su crecimiento y sus posibles usos, sin llegar a efectuar estudios agronómicos propiamente, ni menos de caracterización y composición química de las plantas nativas, pues ello requería de conocimientos profesionales especializados.

Recién hacia fines del año de 1995, logra ser de interés para la Caja Rural de Ahorro y Crédito “Valle del Río Apurímac y Ene” la constitución de un vivero, logrando que ésta, en base a la consideración del ejercicio de una de sus facultades, suscriba un Convenio de Asociación en Participación o de “aventura conjunta”, para la instalación y desarrollo del Vivero de Plantas Nativas en el Fundo Santa Clara, de propiedad de Alejandro Vera, quién arrienda una hectárea a precio simbólico, por un año. El Convenio prevé la instalación y desarrollo de plantones de especies nativas de propiedades comprobadas y su investigación agronómica y química para su posterior procesamiento industrial, plantones que a determinada edad y desarrollo serían brindadas al crédito, fondo rotatorio, a los agricultores del valle, fomentando cultivos alternativos de alta rentabilidad.

### **2.3.3 Etnobotánica del VRAEM**

#### ***Desarrollo Sustentable y Sostenido***

Con la ventaja de la biodiversidad de nuestro país, así como del VRAEM, las actividades agrícolas deben estar orientados a procesos con rentabilidad óptima, considerando los ambientes de la naturaleza y sus diversos pisos ecológicos que se perciben dentro de dichos territorios, con las facilidades del mercado, cuidando el manejo y procesos de producción, en armonía natural y ambiental a las leyes de la naturaleza, teniendo en cuenta los aspectos e impactos de la producción, del sistema de transporte así como del mercado, y fundamentalmente los riesgos de impacto ambiental.

Cuando se desarrolla una agricultura mal orientada en sus aspectos de rentabilidad, sustentabilidad y sostenibilidad, al final se tiene agricultores pobres en el futuro de dichas comunidades; por lo tanto, es pertinente la capacitación y orientación hacia un desarrollo integral sustentable y sostenido, que permita fomentar y promover agricultores prósperos, incorporados sosteniblemente en el futuro, evitando tener seres que hayan dejado su vida en el campo, atentando sus ambientes laborales, carentes de economía sustentable.

#### ***Alternativa Sostenible en el VRAEM***

Tal como se indicó previamente, se tuvo un gran interés por científicos norteamericanos, quienes solicitaron disponer unas 1000 Has de tierras en el Ene, para fomentar el cultivo de plantas de experimentación, tales como el Sampananki, motivados por el potencial oleaginoso de sus semillas, así como las cualidades para la alimentación humana, aplicaciones cosméticas e inclusive como

combustible; considerando las investigaciones previas ya realizadas en ratas, sobre el alto valor nutritivo. Además, se tenían observaciones de consumo evidente por parte de las comunidades nativas, para freír sus alimentos, aplicaciones en cosméticos con colorantes naturales añadidos (Vega, 2001).

Sin embargo, en el tiempo, no se detuvieron las investigaciones sobre las plantas nativas en el VRAEM, se reporta el estudio de plantas nativas leguminosas como el **maiki** o maní del monte, con unos 47 % de grasas y 23,5 % de proteínas, comprobado en la Universidad Nacional Agraria La Molina, lo que ratifica la alta capacidad alimentaria de dichos productos entre los consumidores nativos. Igualmente se tiene el **conoiki**, que ya produce al año de sembrado, con un gran rendimiento en sus frutos comestibles; el **pasoteki**, cuya nuez también se considera que tiene alto contenido aceitoso como el Sampananki.

También, entre las plantas nativas herbáceas, se reconocen aquellas con grandes propiedades colorantes fijos, como es el **churitoitoki**, que presenta un color azul marino en las zonas medias y un color azul celeste en las zonas bajas del valle; la variedad de camote comestible que produce una coloración morada, usado como colorante de caramelo y similares; el **pitiris** que presenta color guinda; el **maribate** que tiene un color rojo indio, y el **ana** que presenta un tinte de color negro, con gran potencialidad de ser usados mayoritariamente en la industria textil; además, con la ventaja de que muchos de ellos ya están maduros entre los seis o siete meses de crecimiento.

Asimismo, las plantas nativas de la familia de las leguminosas, que tienen propiedades biocidas, como los insecticidas a partir del **pitisiki**, tiene un poder paralizante temporal, la cual es usado en la pesca nativa; el **cuiniriki** que tiene un mayor poder paralizante, y el **camashiris** mucho más que el anterior, las cuales en dosis mayores inclusive puede provocar la muerte humana; estos principios biosidas combinadas apropiadamente conforman el **curare**, poderoso veneno usado por la etnia de los Yaguas en la caza de animales mayores.

Inclusive, entre las plantas nativas con potencial industrial, cabe mencionar el pasote o sapote, que presenta una resina, conocido en la industria como colapiz, caracterizado por ser una sustancia espesante de usos múltiples en la industria; así como el **yasiri**, que es fuente de una resina, que los nativos utilizan para extraer el polen del achiote, para luego convertirlo en una crema para sus pinturas, que le permite dar mayor durabilidad al producto. Del **chineri**, que extraen de un árbol conocido como el árbol del copal, son ampliamente usados para la construcción de sus flechas (Vega, 2001).

En términos generales, cabe hacer un análisis del gran potencial y sostenibilidad que presentan todos estos recursos naturales del VRAEM, para su incorporación en el mercado, en sus diversos aspectos de consumo humano, como recursos medicinales y cosméticos, que tenemos en nuestro medio y la rentabilidad que estos puedan presentar en una producción sostenible y sustentable. Es

pertinente evitar la sobre explotación de recursos y mitigar los aspectos de depredación de flora y fauna de la selva, para mantener el desarrollo sustentable y sostenible.

## **2.4 SEMILLAS OLEAGINOSAS**

Existen diversas especies de plantas, cuyas semillas o frutos, son materiales fuente para la extracción de aceites, con fines alimentarios e industriales; siendo muchos de ellos de procesamientos extendidos como el aceite de soja, girasol, maní, palma, colza, etc. (Baquero, 1988; Madrid, 1987); que van teniendo una gran demanda en el mercado internacional, con una considerable variación de precios, debido a los problemas de la pandemia del COVID, así como los conflictos internacionales, específicamente en Ucrania, que han afectado los aspectos productivos.

Frente al incremento de demanda de aceites en el mercado mundial, tanto para el consumo alimentario, para la harina proteica, forraje, oleoquímicos y biodiésel, se vienen incrementando las producciones de materias primas oleaginosas en América Latina; luego, es una alternativa natural las semillas de Sampananki y otras fuentes de plantas nativas del VRAEM, para su producción industrial.

### **2.4.1 Almacenamiento de semillas oleaginosas**

El manejo y almacenamiento de las semillas oleaginosas en forma general, requiere conocer sus características, y presentan ciertos cuidados, debido a diversos factores que se describen a continuación (Baquero, 1988; Bernardini, 1986)

#### ***Naturaleza geométrica de la semilla***

Las semillas pueden tener diversas formas naturales, pueden ser pequeñas esferas (colza); esferas mayores (cacahuete, soja); de formas ovales (granilla de uva, cártamo, girasol); de forma esferoidal recubierta con pelusa (algodón) o también bajo la forma de harina granulada (germen de maíz o salvado de arroz).

#### ***Humedad de la semilla***

Muy a pesar de que las semillas se manejan secos, es de gran importancia conocer la humedad final de la semilla para una buena conservación de la misma; generalmente, se almacena con una humedad final comprendido entre el 5 % al 7 %, con un máximo de 8 %. Si la semilla se encuentra con una humedad superior a 8 %, se deberá realizar necesariamente un secado previo al proceso de almacenamiento, a fin de reducir la actividad del agua, que promueve el ataque de hongos y otros microorganismos sobre la semilla húmeda.

### ***Fermentación de la semilla***

Uno de los problemas críticos que se presentan en algunas semillas oleaginosas, es la posibilidad de fermentación de las mismas. Se originan por el contenido de enzimas que contienen las semillas. Si las enzimas encuentran condiciones favorables para su activación y desarrollo, dan lugar a la fermentación, siendo fenómenos que pueden producir daños irreparables en la semilla.

Los principales parámetros para que una enzima pueda generar la fermentación son la humedad y la temperatura. La experiencia ha demostrado que, cuando una semilla oleaginosa se almacena con una humedad máxima del 6 % y una temperatura de almacenamiento inferior a 30 °C, difícilmente originan fermentaciones. Son excepciones, algunos productos como el maíz, el germen de maíz y el salvado de arroz.

### **2.4.2 Deshidratación de semillas oleaginosas**

Cabe señalar que, los niveles de contenido en agua en una semilla oleaginosa, es un factor de gran importancia durante las diversas etapas de procesamiento de la misma. Por esta razón la regulación y el control de la humedad se deben efectuar adecuadamente, utilizando los equipos apropiados para su deshidratación; para cuyos efectos, es importante disponer de instalaciones especiales y de ambientes controlados, especialmente de las condiciones de humedad del aire.

#### ***Humedad absoluta y humedad relativa del aire:***

Con fines de comprender mejor el mecanismo que se produce en el proceso de deshidratación, o la operación de secado de materiales sólidos, se hace pertinente recordar algunos conceptos fundamentales de higrometría y la psicrometría (McCabe, 2002; Geankoplis, 1998):

- ***Humedad absoluta:*** Expresa la relación entre el contenido de vapor de agua en gramos o kilogramos por cada un kilogramo de aire seco.
- ***Aire saturado:*** Es aquel aire que contiene el máximo nivel disponible de vapor de agua, a una determinada temperatura y presión. En este caso particular, se cumple que la presión parcial del vapor será igual a la tensión o presión de vapor saturado del agua.
- ***Humedad relativa:*** Es la relación establecida entre la humedad absoluta y el estado saturado del aire, siempre considerados en las mismas condiciones de presión y temperatura. En otros casos, se establece como la relación entre la presión parcial de vapor y la presión de vapor saturado en forma porcentual.

Además, es importante conocer los aspectos de equilibrio, como isothermas de adsorción, establecidos entre las condiciones de humedad del medio o aire

circundante al material sólido, como podrían ser las semillas oleaginosas secas, que influyen en su humedad final; por lo tanto, es importante conocer los aspectos higrométricos del ambiente de almacenamiento.

### **2.4.3 Acondicionamiento de semillas oleaginosas**

Como parte de los procesos de producción industrial de aceites a partir de semillas oleaginosas, es importante resumir previamente, los acondicionamientos y operaciones básicas para la extracción y producción de aceites, en términos generales para distintos tipos de semillas oleaginosas (Baquero, 1988; Madrid, 2020; Bernardini, 1986).

#### **A) Limpieza de las semillas**

Las materias primas, como son las semillas oleaginosas, al llegar a las plantas industriales y de procesamiento, contienen diversas sustancias y materiales ajenos a las semillas, como pueden ser tierras y barros, piedras, metales, hojas y tallos, sólidos particulados, materiales diversos, etc.

La tierra y las piedras se eliminan con cribas; la separación se realiza aprovechando la diferencia de densidad y de tamaño existente entre la semilla y los elementos extraños; mientras que, para la separación de los elementos metálicos se hacen pasar las semillas por separadores magnéticos, que pueden operar como imanes permanentes o de campo giratorio, de acuerdo a la capacidad de procesamiento.

#### **B) Acondicionamiento de las semillas oleaginosas**

Las semillas oleaginosas previas a ser sometidas a los procesos de extracción de aceite, para obtener un alto rendimiento, deben ser sometidas a procesos de acondicionamiento y pretratamiento, en la cual se pueden identificar tres operaciones fundamentales (Ponce, 2009; Madrid, 2020; Tabio, 2017):

##### **1) Trituración**

La experiencia ha demostrado que la extracción del aceite de una semilla oleaginosa, bien sea por el sistema de presión como por solvente, se realiza mucho más rápidamente cuando la semilla se somete a una trituración previa o a una laminación.

Algunos estudios han demostrado que el aceite está contenido en una infinidad de células, y la rotura de estas células se puede realizar sólo por una fuerte compresión sobre la semilla. Dichos estudios han confirmado que aún después de una fuerte trituración o laminación de las semillas hay todavía células que no se rompen, de ahí la dificultad de poder extraer la totalidad del aceite presente en la semilla.

Algunas pruebas experimentales realizadas sobre semillas, que se han sometido a un proceso de extracción por solvente, han demostrado que el paso del aceite de la semilla al solvente, se realiza mucho más deprisa cuanto más abierta están las células. Diversas investigaciones han llegado a la conclusión de que la velocidad de extracción del aceite es inversamente proporcional al cuadrado del espesor de la lámina de la semilla. En teoría se puede decir que una lámina de semilla con un espesor de 0,30 mm tiene un tiempo de extracción cuatro veces mayor que una semilla laminada con un espesor de 0,15 mm, debido a los procesos difusionales de transferencia de masa (Ponce, 2009).

Estas percepciones hacen pensar que, para obtener una extracción eficiente del aceite, se recomendaría llevar la semilla a láminas de muy bajo espesor o de moliendas finas, provocando la posibilidad de la presentación sólida en polvo fino durante el proceso de extracción, dificultando el drenaje y separación del solvente a partir de los procesos de extracción; que exigirían costos en los sistemas de separación mecánica, como centrifugas o sistemas de filtración especiales. Aspectos que deberán considerarse y evaluarse en función a los costos operativos.

## **2) Calentamiento**

Es conocido que, los procesos de calentamiento previos de una semilla oleaginosa, favorecen los mecanismos de difusión y extracción de los aceites; cuyos fenómenos se sustentan en los siguientes aspectos teóricos:

- La masa de aceite original contenida en la semilla oleaginosa, de dimensiones ultramicroscópicas como gotitas, están distribuidas o dispersas en los tejidos intra particulares de la semilla; que, por acción de calor, provocan la elevación de la temperatura y en consecuencia la unión entre ellas para originar gotitas aceitosas más grandes, que difunden y salen más fácilmente de la masa ulterior de la semilla.
- El aceite original está contenido en la semilla en estado de emulsión con las proteínas, componentes que siempre están presentes en las semillas oleaginosas. Tal que, el calentamiento origina la desnaturalización de las proteínas, con la consiguiente rotura e inestabilización de la emulsión, provocando la separación del aceite a partir de la estructura de la semilla.

Cabe señalar que, el grado de calentamiento de la semilla, se debe realizar con cuidado y criterio pertinente, utilizando los equipos apropiados, sin efectos de termo degradación o alteración de componentes; porque no hay que olvidar que, en los procesos de extracción de aceites, no deben

producirse alteraciones físico-químicas u organolépticas de los mismos, teniendo en cuenta que, una fuerte elevación de la temperatura, siempre es un factor negativo que afectaría la calidad del aceite.

### **3) Acondicionamiento para extracción**

Previo al proceso de extracción del aceite, es necesario efectuar el acondicionamiento, consistente especialmente en los valores de la humedad y la temperatura de la semilla, para facilitar y mejorar las condiciones del proceso de extracción de aceite.

Los trabajos de investigación y la experiencia establecen que, una semilla oleaginosa con bajo contenido de agua, de alrededor de 1 % al 2 %, presenta cierta dificultad a la extracción del aceite, a que si estuviera con una humedad mayor, por decir unos 10 %. La explicación a este fenómeno es que, el calentamiento previo de la semilla, asociado al grado de humidificación de la misma, permite una posible película de agua, que envuelve la zona periférica o superficial de las partículas de la semilla trituradas, facilitando el proceso de difusión del aceite en dicho medio, desde la zona ulterior de las semillas oleaginosas (Ponce, 2009).

Además, el factor del calentamiento asociado con la humidificación, facilitaría la extracción del aceite de las partículas oleaginosas, debido a la rotura de una parte de las células para permitir la elución del aceite. Como complemento experimental, se tiene referencia que, si en una semilla se elimina completamente el agua, se percibe el fenómeno de impermeabilización de la película que retiene el aceite, dificultando el proceso de la extracción.

Para el caso de las semillas de cacahuete, las mejores condiciones para obtener el máximo rendimiento en aceite, utilizando las prensas de extracción continuas, se logra calentando las semillas y, al mismo tiempo, aumentando su humedad hasta aproximadamente el 15%, y posteriormente disminuir hasta alcanzar valores próximos entre el 10 % al 11 % de humedad (Ponce, 2009).

Los procesos de extracción de aceites más comunes, utilizados en la producción industrial, son (Tabio, 2017):

- Separación mecánica, mayormente por mecanismos de prensado, que permiten retirar el aceite crudo, sin mayores aditivos.
- Extracción con solventes, denominados como operaciones de separación con transferencia de masa, llamados también como extracción o lixiviación, utilizando diversos solventes de grado alimentario, principalmente el n-hexano.

Dichos procesos, se describirán en un ítem posterior con mayor detalle.

## **2.5 ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES**

La información científica y tecnológica sobre aceites, grasas y ceras comestibles, son amplias en la literatura especializada; de cuyo espectro, interesa en el presente trabajo de investigación, afianzar las ciencias básicas y soporte sobre los aceites y grasas para el consumo humano.

### **2.5.1 Naturaleza de los aceites y grasas comestibles**

#### **A) Generalidades**

Los aceites y grasas comestibles, conocidos como lípidos, son productos de origen vegetal o animal, cuyos principales componentes son los glicéridos naturales de los ácidos grasos, constituidos por cadenas hidrocarbonadas alifáticas o aromáticas, asociados con otras pequeñas cantidades de lípidos.

Se usa la denominación genérica de aceites a los productos grasos líquidos que se encuentra a la temperatura ambiente de los 20°C; mientras que, la de sebos y mantecas, o simplemente grasas, a los productos grasos en estado sólido a la temperatura indicada. En el consumo humano, son fuentes de gran importancia energética y biológica, liberando cada gramo alrededor de 9 kcal, y sus principales fuentes son las semillas oleaginosas y los tejidos de diversos animales (Badui, 2006).

#### **B) Características de los aceites y grasas comestibles**

Los aceites deberán presentar un estado líquido limpio y transparente, a la temperatura de 15 °C a 20 °C, con un olor y sabor agradable, con los aromas típicos y característicos a cada tipo de aceite, de acuerdo a los frutos y semillas de las cuales proceden. Las grasas sólidas, a excepción de la margarina, al ser fundidas, deberán presentar una apariencia clara y transparente, sin presencia de sustancias en suspensión o sedimentos; claramente deben presentar un aspecto limpio, con un olor y sabor agradables.

Como características químicas generales, a excepción de la margarina, es de que, la humedad y materias volátiles, determinados en estufa a 105 °C, no deben superar los 0,1 %; las impurezas insolubles determinadas en éter de petróleo, determinadas sobre grasa seca, no deben ser superior a los 0,5 %; la acidez libre, expresada como ácido oleico y referida a grasa seca, no debe ser superior a los 3 % para los aceites vírgenes de oliva y cacahuete, y no superar a los 0,15 % para aceites y grasas refinadas (Ponce, 2009).

Y de manera definitiva, las grasas y aceites refinados, no deberán presentar ni trazas de solventes utilizados en los procesos de extracción, debiendo presentar reacción negativa al ensayo de jabón (Badui, 2006; Ponce, 2009; Tabio, 2017).

### **C) Obtención de Aceites y Grasas Comestibles**

Los procedimientos establecidos para la obtención de aceites y grasas comestibles a partir de semillas o frutos oleaginosos, de tejidos o depósitos adiposos de animales son (Badui, 2006; Ponce, 2009):

- a) Presión o prensado, previa trituración de la materia prima según su naturaleza, por acción mecánica.
- b) Fusión, por tratamiento térmico o calentamiento controlado de la materia prima, sin sobrepasar la temperatura de los 100 °C.
- c) Extracción o lixiviación con solventes permitidos, de grado alimentario, seguido por la eliminación y recuperación total de dichos solventes.

### **D) Solventes:**

Los solventes que se deben utilizar en la extracción de grasas y aceites comestibles o para consumo humano, deberán ser los admitidos en la reglamentación de cada país, debiéndose considerar las especificaciones señaladas para cada uno con las siguientes condiciones (Badui, 2006; Ponce, 2009):

- a) Deberán ser solventes con características químicas bien definidas, de origen natural o de síntesis, sin la posibilidad de que contengan impurezas o residuos tóxicos, que tengan una clara acción nociva sobre el organismo y la salud humana.
- b) Deberán ser componentes de fácil separación o eliminación, por destilación con o sin arrastre de vapor, a partir de la mezcla grasa-solvente, debiéndose eliminar hasta los últimos solventes residuales, sin necesidad de someter al aceite a calentamientos extremos que afecten su característica, de acuerdo con lo que se determinó en el ítem anterior.
- c) El solvente de extracción deberá destilar en un 99,99 % a una temperatura que no sobrepase los 95 °C.
- d) Los solventes no deberán contener residuos metálicos, especialmente plomo, que puedan quedar retenidos por el aceite producto.

### **2.5.2 Tratamiento de aceites y grasas comestibles**

A los aceites y grasas comestibles, luego de su extracción bruta, se permiten los tratamientos y procesos de purificación siguientes (Badui, 2006; Ponce, 2009):

- a) La clarificación de los aceites por un proceso mecánico, que puede ser la sedimentación, centrifugación, filtración.
- b) La desmucilagización, ya sea por el empleo de sales inorgánicas o ácidos diluidos de grado alimentario.
- c) La neutralización, utilizando lejías acuosas alcalinas con un lavado posterior.
- d) La decoloración, por tratamiento y aplicación de adsorbentes apropiados, como son las tierras decolorantes inofensivas y el carbón activado.
- e) La desodorización, por tratamiento con el vapor de agua, a presión normal o reducida, como desorción de olores.
- f) La desmargarización, o de winterización, conseguido por el enfriamiento a bajas temperaturas y la separación subsiguiente de materiales sólidos grasos.

A continuación, se presentan algunas condiciones básicas de manejo y procesamiento de aceites y grasas.

#### **A) Condiciones de procesamiento**

Con fines de permitir un procedimiento apropiado para la obtención o tratamiento de los aceites y grasas comestibles, es indispensable considerar las siguientes condiciones:

- a) Que el proceso aplicado no resulte o provoque una merma del valor alimenticio del producto obtenido, respecto al precedente de otros métodos de extracción autorizados.
- b) Que no provoque cambios perjudiciales a la estructura natural de los componentes oleaginosos procesados.
- c) Que se haya verificado la acción inocua de los productos e insumos involucrados en el proceso por pruebas biológicas.

#### **B) Aceites y grasas comestibles refinadas**

Se considerará todo aceite y grasa comestible como refinado, cuando los procedimientos utilizados hayan sido procesos autorizados y con garantía alimentaria, tales como la neutralización, la decoloración y el desodorizado, entre otros.

#### **C) Aceites y grasas comestibles alteradas**

Se considerará alterada todo aceite y grasa comestible, que en el producto final presenten las siguientes características variadas:

- a) Olor, sabor o color extraño a su estado natural.
- b) Acidez, humedad o impurezas en niveles superiores a las permitidas en cada caso.

#### **D) Almacenamiento y transporte**

Las operaciones de almacenamiento y transporte se realizarán en recipientes o contenedores secos y apropiados, suficientemente llenos y cerrados, con protección de los aceites y grasas almacenadas o transportadas de la acción de la radiación solar y de las condiciones de temperaturas extremas del ambiente, debiendo cumplir además las condiciones generales y restricciones establecidas para el caso.

#### **2.5.3 Regulación de las grasas comestibles**

Las grasas, una vez fundidas y estado líquido, deberán ser totalmente claras y transparentes, sin presencia de lodos o suspensión, con un aspecto limpio, de olor y sabor agradables o neutros.

En el caso de haberse empleado solventes en su proceso de extracción, no deberán contener solvente residual en el producto, en una cantidad que supere al valor de 1 ppm con respecto al producto terminado.

Las principales características químicas generales, que deben presentar los aceites y grasas comestibles, a excepción de aquellos productos que presenten especificaciones concretas, son las siguientes (Badui, 2006; Ponce, 2009):

- Materia volátil, determinada en una estufa a la temperatura de 105 °C, con un máximo del 0,30 %.
- Impurezas insolubles determinadas en éter de petróleo, expresadas sobre base de materia seca, con un máximo del 0,05 %.
- Acidez libre, expresada como ácido oleico y referido a grasa seca, con un máximo en grasas refinadas del 0,15 %.
- Índice de peróxidos, expresado como mili equivalentes de oxígeno activo por cada kg de grasa, que debe ser menor a 3 mEq/kg.
- Metales pesados, que admiten como máximo, en el caso de hierro de 1,0 ppm; cobre de 0,2 ppm; plomo de 0,1 ppm; arsénico de 0,1 ppm.

#### **2.5.4 Química y tecnología de aceites y grasas**

Los alimentos están compuestos de hidratos de carbono, proteínas, grasas, vitaminas, sustancias minerales y agua. Los azúcares e hidratos de carbono en general, son fuente de energía de los seres vivos. Las proteínas constituyen la parte más importante en el organismo de los animales y vegetales. Las grasas cumplen ambas funciones, vale decir que, aportan el componente energético y forman parte vital de los tejidos (Badui, 2006; Graciani, 2006; Madrid, 2020).

La extracción de aceites y grasas, de forma industrial, proceden de dos grandes fuentes:

- a) Materias vegetales, como son el aceite de soja, oliva, girasol, manteca de cacao, etc.
- b) Materias animales, como son la manteca de cerdo, sebos, nata y mantequilla de leche, aceites de pescado, etc.

Los aceites y grasas, denominados como lípidos, son compuestos orgánicos de carbono, hidrógeno y oxígeno, con mayor desprendimiento de energía como calorías en su combustión, que los hidratos de carbono, que también están compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno.

Es importante distinguir entre el “poder calórico” y el “valor calórico”. Por el **poder calórico** se entiende al número de calorías originadas en la combustión completa, de un gramo de sustancia; la cual se determina en una bomba calorimétrica o bomba de medir el calor; para cuyo efecto se realiza la combustión de la sustancia en un recipiente rodeado de un baño de agua, que permite el calentamiento y determinación del poder calórico; considerando que es necesario la presencia de suficiente oxígeno para la combustión total.

Sin embargo, el proceso de la combustión de hidratos, grasas y proteínas dentro de un organismo animal, en su proceso digestivo, no es tan completa, llamándose **valor calórico** a la cantidad de calor, expresado en calorías, que son desprendidas por la combustión biológica al interior de un organismo, de un gramo de una sustancia. Se conoce que, no todas las sustancias con que se alimenta a un animal son digeridas y asimiladas completamente. Por ejemplo, sólo el 98% de los hidratos ingeridos son digeridos, en menor grado y sólo el 95 % de las grasas son digeridas, y mucho menos, sólo del 92 % en el caso de las proteínas.

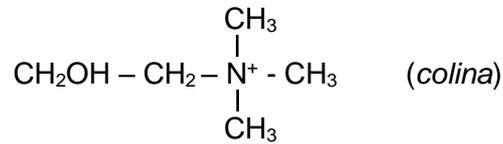
Una propuesta de clasificación general de los lípidos que incluyen a las grasas, es la siguiente:

1. **Ceras:** Son ésteres de ácidos grasos, con presencia de alcoholes monovalentes de la serie grasa.
2. **Grasas neutras:** Son ésteres de la glicerina, con presencia de ácidos grasos.
3. **Lipoides:** Son un grupo relativamente complejos, con propiedades físicas y químicas similares, que contienen sustancias como lecitinas, cefalinas, cerebrósidos, sulfolípidos, etc.

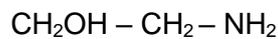
Las ceras se presentan con naturalidad en los reinos animal y vegetal, tales como la cera de las abejas, esperma de ballena, sebos de mamíferos, etc. y tienen su origen estructural en los hidratos de carbono.

Por su parte, los lípidos incluyen sustancias diversas, tales como:

- **Lecitinas:** conformados por glicerina,  $H_3PO_4$ , ácidos grasos y colina, que están presentes en ciertas partes como el corazón, hígado, bilis, sistema nervioso, etc., según la fórmula siguiente:



- **Cefalinas:** compuestas por la glicerina,  $H_3PO_4$ , ácidos grasos y la colamina, cuya fórmula estructural química es:



- **Cerebrósidos:** Conformados por glicerina, ácidos grasos, hidratos de carbono y esfingosina. Los mayores hidratos de carbono que contienen son la galactosa y la glucosa; se encuentran mayormente en el cerebro, así como en el bazo y las fibras nerviosas.

Los aceites y grasas, conocidos como lípidos, son un grupo de sustancias, que incluyen los triglicéridos, fosfolípidos y esteroides, cuya composición en ácidos grasos, varían en el número de carbonos y dobles enlaces, como son los ácidos grasos saturados, los ácidos grasos monoinsaturados y los ácidos grasos poliinsaturados (Carbajal, 2013; Sánchez 2013), cuya clasificación de acuerdo a su grado de saturación se presenta en la figura 1.

**Figura 1**

*Clasificación general de ácidos grasos (Sánchez, 2013)*



*Nota.* Adaptado de *Extracción y caracterización fisicoquímica de aceite fijo obtenido por Expresión de 5 especies nativas y cultivadas en Guatemala...* (p. 10), por Sánchez P. Iris, 2013.

Las grasas neutras propiamente dichas son ésteres de la glicerina con ácidos grasos. Los ácidos grasos que se encuentran en las fuentes animales pueden ser saturados ( $C_nH_{2n}O_2$ ), y no saturados, con dobles enlaces (Carbajal, 2013; Sánchez 2013).

Entre los ácidos grasos saturados tenemos al ácido palmítico, conformado por 16 carbonos, con fórmula global:  $C_{16}H_{32}O_2$ , con fórmula desarrollada:  $CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$ , que forma parte de las grasas animales de reserva. Por otra parte, el ácido esteárico conformado por 18 carbonos, con fórmula global:  $C_{18}H_{36}O_2$ , de fórmula desarrollada:  $CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$ , que también forma parte del grupo de las grasas animales de reserva.

Mientras que, entre los ácidos grasos no saturados, ya sea con uno o más dobles enlaces, tenemos al ácido oleico, con un solo doble enlace y 18 carbonos, de fórmula  $C_{18}H_{34}O_2$ , y de fórmula desarrollada:  $CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$ , el doble enlace se encuentra situado entre el carbono 9 y 10; el ácido oleico es muy abundante en la naturaleza, se puede encontrar en el reino vegetal, así como en el reino animal, siendo parte de los triglicéridos en las grasas de reserva.

Asimismo, existen otros ácidos grasos, con dos dobles enlaces como el ácido linólico, con tres dobles enlaces como el ácido trinoléico, con cuatro dobles enlaces como el ácido araquidónico, y hasta con cinco dobles enlaces como el ácido clupanodónico. El ácido araquidónico se encuentra en cefalinas y lecitinas, mientras que el ácido clupanodónico se encuentra en el aceite de hígado de bacalao.

Los aceites y grasas están compuestas casi en su totalidad por triglicéridos, que vienen a ser ésteres de la glicerina con diversos ácidos grasos, principalmente los ácidos oleico, esteárico y palmítico. En la estructuración y formación de los ésteres se pierde una molécula de agua, al unirse el grupo alcohol de la glicerina (-OH), con el grupo ácido (-COOH) procedente de los ácidos grasos, de acuerdo a la siguiente reacción general:



Las combinaciones más corrientes de esterificación son:

- **Trioleína**, que es un éster resultado de la glicerina con tres moléculas de ácido oleico.
- **Tripalmitina**, que es un éster de la glicerina con tres moléculas de ácido palmítico.
- **Triestearina**, que es un éster de la glicerina con tres moléculas de ácido esteárico.

A excepción del ácido oleico, que tiene un doble enlace; los otros dos ácidos grasos, palmítico y esteárico, son ácidos saturados; por tal motivo, los sebos y mantecas a los que dan origen, son de estado sólido a temperatura ambiente.

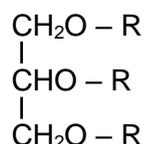
Luego, los aceites y grasas de origen vegetal, son los más abundantes en la naturaleza, cumpliendo un rol importante en la alimentación humana. Se encuentran en diversas semillas y frutos, tales como el olivo, soja, girasol, cacahuete, maíz, algodón, colza, etc. Además, la proporción de ácidos grasos no saturados se encuentran en mayor proporción en los aceites vegetales, lo cual hace que se encuentren en estado líquido a temperatura ambiente; y finalmente, para la extracción de aceites, a partir de las semillas y frutos, éstas se someten a procesos generales de molienda, batido, prensado, centrifugación, etc.

### 2.5.5 Características de aceites y grasas

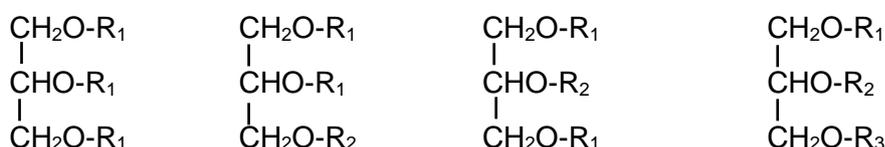
A partir del proceso aplicado en las principales semillas oleaginosas se obtienen los aceites y grasas, que se recogen y se clasifican de acuerdo al **Índice de Yodo**; existen diferentes normas para ello como la **AOCS** (American Oil Chemists Society), la **NGD** (Norme Gras e Derivati), British, Eckey y Miller, Wolf, Kaufmann y Thieme Standards, que regulan dichas clasificaciones.

La clasificación por el Índice de yodo es la más importante, ya que nos da el grado de insaturación de los ácidos grasos presentes en los glicéridos y, por lo tanto, su utilización en el campo de la refinación, fraccionamiento e hidrogenación, que son los procesos básicos en el tratamiento de aceites y grasas.

Como se ha reportado, existen diversos tipos de glicéridos, y pueden encontrarse en un aceite o en una grasa; en general se trata de triglicéridos, cuya fórmula química es:



Se observa que el radical  $-\text{R}$  puede ser cualquier ácido graso, pero si se limitan estos ácidos a tres, se pueden tener los siguientes triglicéridos:



Al observar la posición que los radicales ácidos pueden tener en la estructura molecular del triglicérido, se puede obtener un número muy alto de combinaciones como productos, siendo cada uno de ellos con características físico-químicas típicas. Además, si estos radicales pueden tomar la posición *cis* y *trans* en la estructura molecular del triglicérido, se concluye que, el número de los glicéridos posibles que se pueden obtener es muy grande. Esta gran variedad de triglicéridos que es posible encontrar en un determinado aceite, demuestran la gran dificultad

que representa en algunos casos el examen analítico de estos aceites. Existen trabajos orientados al estudio de aceites y grasas procedentes de plantas de la Amazonía, que caracterizan aspectos físicos químicos en general (Lima, 2019; Ramos, 2016; Morgan, 1981).

Cuando se trata del fraccionamiento de los aceites y de las grasas, se deberán comprender la gran importancia que tiene la composición de un triglicérido, en lo referente al punto de enturbiamiento y al punto de fusión de los productos fraccionados.

## **2.6 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES**

Se reporta en detalle las técnicas de extracción de aceites que industrialmente se aplican a las materias primas oleaginosas (Baquero, 1988; Madrid, 2020; Graciani, 2006).

### **2.6.1 Extracción por presión**

Constituido por una diversidad de equipos mecanizados, cuyo principio de separación mecánica del aceite a partir de los materiales oleaginosos, está basado en la aplicación de un sistema de compresión mecánica, que permite liberar el aceite.

#### **A) Prensas continuas:**

La extracción por presión mecánica de semillas oleaginosas se realiza mayoritariamente a través de las prensas continuas, llamadas normalmente las prensas antiguas abiertas, así como las prensas hidráulicas de cargas discontinuas ya vienen siendo relativamente obsoletas, siendo mayormente utilizada las prensas continuas.

Los principales componentes, que se pueden identificar en la prensa continua clásica, son las siguientes partes:

- Sistema de alimentación de la semilla,
- Tornillo sinfín cónico de compresión,
- Cesta de separación o filtración primaria,
- Cono regulable de salida.

En la operación de una máquina tipo *expeller*, la semilla se inyecta por la parte anterior del tornillo sinfín de presión, que transporta, a través de las espiras helicoidales del cual está provisto, a lo largo de la cesta perforada, con especial configuración; tal que, a medida que la semilla avanza encuentra un espacio cada vez más reducido entre el sinfín y la cesta, lo que incrementa la presión en la masa oleaginosa, con una compresión mecánica creciente; y como la cesta está construida con muchos segmentos de acero, apropiadamente espaciados, permite

la salida gradual del aceite; mientras que, el material oleaginoso agotado continúa su recorrido hasta el final del sinfín por donde ha de salir. Hacia el final del sinfín, debido al movimiento del cono de acero, unido al eje de la prensa, se regula el espacio de transición del material, cuya regulación del espesor de la lámina prensada final que se retira, depende de la presión mecánica a la cual fue sometida las semillas oleaginosas; cuyos componentes básicos se aprecian en la figura 2.

## Figura 2

*Componentes básicos de una prensa expeller, FKC Screw Press.*



*Nota.* Adaptado de *FKC screw press*, 2014  
(<https://core.ac.uk/download/pdf/71399169.pdf>)

La primera prensa continua fue construida por la **V.D. Anderson Co.**, tal que las presiones que se generaban en la cámara de compresión, no superaban los 600 kg/cm<sup>2</sup>. Hoy en día, se superan los 1600 kg/cm<sup>2</sup> de compresión, además de un incremento significativo en la eficiencia de:

- Capacidad de alimentación de la prensa,
- Regulación de la presión,
- Tiempo de compresión.

Estas máquinas de extracción por prensado continuo, pueden ser utilizadas en dos fines diferenciados:

- a) La máxima extracción posible de aceite a partir de la semilla oleaginosa, sin que prosiga una operación posterior de recuperación adicional de aceite.
- b) La extracción parcial de una fracción del aceite por presión mecánica, para luego proceder con la recuperación del aceite residual que aún queda en la torta o turtó resultante, a través de otro proceso adicional.

Indiscutiblemente, las prensas continuas del grupo (a) deben efectuar un trabajo mecánico mucho más intenso que los del grupo (b), debido a que el aceite residual en el turtó debe ser lo más mínimo posible; vale decir que, en las máquinas del grupo (a), se deben obtener un aceite residual de alrededor del 5 %; para cuyo propósito, la energía absorbida está por los 45 kW.h por tonelada de semilla oleaginosa procesada.

Por otra parte, las prensas continuas del grupo (b), son mayormente utilizadas en pequeñas y antiguas industrias de extracción, así como en el caso de procesamiento de semillas con alto contenido de aceites, que permiten extraer fácilmente parte del aceite por presión, para luego someter el turtó a extracción complementaria utilizando solventes hasta su agotamiento.

Cabe resaltar que, los altos niveles de compresión que se pueden alcanzar en este tipo de máquinas de extracción, debido a la fricción y rozamiento mecánico de las semillas con las espiras del sinfín, así como la cesta, pueden aumentar la temperatura y superar los 160 °C, factor negativo en lo que respecta la calidad del aceite extraído, considerado como un factor limitante o que requiere controlarse térmicamente, para mejorar la calidad final.

Para el caso de la extracción de aceites a partir de las semillas de cacahuete descascarillado, se reconoce las siguientes operaciones básicas:

- Preparación y acondicionamiento de las semillas oleaginosas,
- Primera etapa de compresión, hasta llegar a extraer unos 76 % a 78 % del aceite de la semilla.
- Segunda etapa de compresión, hasta obtener el turtó final, con un contenido residual de aceite entre unos 12 % al 14 %.

En el caso de aquellas industrias que no cuentan con las modernas prensas continuas, la extracción de aceite a partir de las semillas de cacahuete, se procesan en tres etapas de compresión, antes de pasar el turtó a la extracción complementaria por solvente.

### ***B) Depuración del aceite:***

Como productos de la extracción de aceites por presión de las semillas oleaginosas se obtienen el aceite crudo y el turtó o torta sólida residual; se conoce que el aceite líquido obtenido, contiene fragmentos de semillas, harinillas y otras partículas pequeñas, que no permiten su almacenamiento en dichas condiciones, debiéndose eliminar estas impurezas a fin de evitar inconvenientes posteriores en su almacenamiento y siguientes tratamientos, que se logran con las siguientes operaciones:

- Separación de las partículas sólidas residuales por medio de decantadores, tamices vibrantes o centrífugas.

- Separación de los finos y lodos que se encuentran en estado de suspensión en el aceite, no separadas en la primera operación.

Son más utilizados para separación de partículas los filtros prensa, existen aplicaciones con centrífugas, con resultados no muy favorables. También se tiene el uso de los vibro tamices, que constan de un tamiz con mallas perforadas de acero de pequeña apertura, con vibraciones de una frecuencia que va por los mil cuatrocientos golpes por minuto, utilizadas en pequeñas industrias, provistas de un número reducido de prensas.

También se vienen incorporando el uso de centrífugas continuas del aceite obtenido en las prensas, que disponen de un sistema de descarga automática de las sustancias sólidas; con expulsión de sólidos a intervalos, con períodos de expulsión regulados por un sistema de temporizadores.

Para la eliminación final de las partes más finas, como harinillas en suspensión, se recurre a sistemas de filtración más fina del aceite, sobre mallas o telas de filtración de algodón, nylon, etc. Igualmente, se vienen implementando sistemas de filtración especiales cerrados, con ventajas de limpieza rápida del filtro en un tiempo más corto.

## **2.6.2 Extracción por solventes**

Generalmente es una operación de recuperación ulterior del aceite residual contenida en la torta de semillas prensadas, o en el caso de materiales oleaginosos de bajo contenido inicial de aceite; la extracción o lixiviación utilizando solventes líquidos, es una operación con transferencia de masa, controlada por el proceso difusional y el grado de miscibilidad del aceite en el solvente (Ponce, 2009).

### **A) Teoría de la extracción por solvente**

El sistema de extracción de aceites de una semilla oleaginosa por medio de solventes, es ampliamente utilizado en las plantas que procesan estos productos, siendo necesario reportar las leyes teóricas que regulan la transferencia de una sustancia grasa, contenida en las semillas, hacia el solvente con el que se ponen en contacto. Los estudios efectuados y muchas de las ecuaciones empíricas formuladas para el estudio del mecanismo de la extracción, distan mucho de la realidad, muchas veces restringidos a casos muy específicos y condiciones de operación típicas de cada planta.

Se ha verificado que, gran parte del aceite es fácilmente extraíble a partir de las células que se rompen durante las operaciones de trituración, cocción, presión, o laminado, por rotura de estructura celular; mientras que, la fracción más difícil de extraer se encuentra en aquellas células enteras o rotas parcialmente. Por lo tanto, se distinguen dos procesos de extracción, reconocidos como “**extracción por solución**”, que es el aceite obtenido de las células rotas, y la “**extracción por**

**difusión**", que conforma el aceite extraído a partir de las células enteras; fenómeno que afecta el valor del coeficiente D, variando con el tiempo de extracción, así como de acuerdo al tipo de la semilla oleaginosa.

Investigaciones confirman que el tiempo de extracción, en función de la cantidad de aceite extraído, es de conducta bastante lineal, hasta que las semillas contengan unos 5% de aceite, luego del cual la función varía.

La operación de extracción o lixiviación de aceites con solventes, aparte del coeficiente de difusión, está afecto a diversos factores que influyen en la extracción asociados al solvente, como son el tamaño de la partícula, el tiempo de extracción, la cantidad de solvente, la temperatura del solvente, la naturaleza y tipo de solvente (McCabe, 2002; Geankoplis, 1998; Madrid, 2020), cuya influencia se describen a continuación:

### **1) Tamaño de partícula**

A menor tamaño de partícula, se obtiene una mayor rapidez de extracción de aceites, debido a la disminución en la resistencia difusiva en la zona interior de la matriz sólida, y los aspectos de fractura celular provocada por las operaciones de desintegración o molienda; la molienda aumenta considerablemente el área de contacto sólido solvente; sin embargo, debe considerarse que, en el caso de pulverización extrema, se dificulta la separación mecánica posterior, conforme lo expresado previamente en la separación de partículas en suspensión.

### **2) Tiempo de extracción**

A mayor tiempo de contacto entre el sólido y el solvente, se logra alcanzar el equilibrio, cuyo estado representa el máximo estado de separación; obviamente, en la práctica industrial, no se espera el equilibrio perfecto de fases, que implicaría un tiempo de contacto muy prolongado, bajo ciertas condiciones hidrodinámicas. Incluso, para ensayos de extracción con solvente de n-hexano, se aprecia las siguientes observaciones:

- La mayor parte del aceite se logra extraer en los primeros treinta minutos del proceso.
- Para alcanzar un aceite residual inferior al 1% en el residuo sólido se requiere un tiempo muy largo.
- Cada tipo de semilla oleaginosa se comporta de modo distinto durante el proceso de extracción.

### **3) Cantidad de solvente.**

A mayor cantidad de solvente utilizado, existe la posibilidad de mayor extracción del aceite, debido a la mayor cantidad extensiva de masa de solvente disponible para la extracción y la condición del equilibrio de fases; cabe mencionar que, según trabajos experimentales, bajo ciertas condiciones de extracción, se observa lo siguiente (Ponce, 2009):

- La cantidad de solvente tiene una gran influencia en la extracción, hasta llegar a una relación límite en peso:volumen de semilla:solvente de 1:18; a partir de la cual, el incremento de rendimiento es muy poco; además el extracto resulta muy diluido para su posterior separación y recuperación del solvente.
- La cantidad de solvente requerido para obtener un grado de separación de aceite, varía de acuerdo al tipo de semilla oleaginosa; conocido en la extracción como el estado de la solución retenida.
- Aquellas semillas de fibra leñosa, como las de uva y orujo de aceituna, requieren una mayor cantidad de solvente de extracción para alcanzar los mismos rendimientos de extracción.

#### **4) *Temperatura del solvente.***

De acuerdo a los aspectos difusionales, a mayor temperatura se tiene una mayor facilidad y velocidad de extracción, así como la disminución de la viscosidad del solvente; sin que por ello, se pueda sobrepasar algunos límites específicos de temperatura para cada tipo de producto, que pueda ir en desmedro de su calidad final, por aspectos de termo degradación y otros efectos térmicos; para evaluar la influencia de la temperatura del solvente en el rendimiento de la extracción, se debe considerar para una cantidad de semilla oleaginosa, un tiempo de extracción constante, una cierta cantidad de solvente, y variar las temperaturas de extracción (Ponce, 2009).

#### **5) *Tipos de solvente.***

La elección del solvente está vinculada con diversos criterios, como un buen grado de solubilidad, selectividad, inflamabilidad, toxicidad como es el caso de las aplicaciones alimentarias, y costos entre otras cualidades. Los solventes más utilizados en la extracción de aceites y grasas son el hexano comercial, benceno, tricloroetileno, sulfuro de carbono.

De acuerdo a las pruebas experimentales, el poder extractivo de los solventes, bajo condiciones de trabajo uniformes para cierta cantidad de semilla procesada, tiempo de extracción, cantidad de solvente utilizado, temperatura de extracción, se reportan las siguientes observaciones (Ponce, 2009):

- El hexano y el benceno tienen prácticamente el mismo poder de extracción como solventes.
- El sulfuro de carbono presenta un poder solvente de extracción mayor que el hexano y el benceno.
- El tricloroetileno tiene un poder solvente extractivo de casi el doble con respecto al del hexano y benceno.

Adicional al poder de extracción que puede ejercer un solvente, es necesario evaluar la calidad del aceite extraído. Con fines de evaluar la pureza de los aceites extraídos, se realiza la evaluación de productos insolubles con éter de petróleo, que es un solvente altamente selectivo, percibiéndose que, los solvente con mayor poder extractivo van siempre asociados con una buena calidad de los aceites extraídos.

Entre los elementos presentes como impurezas insolubles frente al éter, se reportan la presencia de otros productos no deseables tales como fosfátidos, oxiácidos, etc., que acompañan al aceite extraído.

En la actualidad, considerando las exigencias de calidad para productos de consumo alimentario humano, se consideran al hexano y al benceno, como los solventes más apropiados para la extracción de aceites de mejor calidad, y sin mayores residuales en los procesos industriales.

Considerando las principales características físicas de los solventes, el poder de extracción del solvente y la calidad final del aceite, se pueden percibir las siguientes observaciones (Ponce, 2009):

- El benceno y el hexano presentan un calor latente de vaporización mucho más bajo que el sulfuro de carbono y que el tricloroetileno, que reduce los costos de vaporización.
- El sulfuro de carbono tiene una temperatura de ebullición demasiado baja, y una tensión de vapor muy alto, a la temperatura de 20 °C.
- El tricloroetileno, presenta una tensión o presión de vapor baja a 20 °C, siendo su temperatura de ebullición muy alta.

Además, la acción corrosiva del sulfuro de carbono y el tricloroetileno son mayores en sus vapores, afectando los materiales férricos con los que estarían en contacto. El sulfuro de carbono, es propenso a producir compuestos sulfurados, y el tricloroetileno produce vapores clorados; desde el punto de vista de la toxicidad, el sulfuro de carbono es el más peligroso, porque bastan 32 g/m<sup>3</sup> para producir un ambiente de trabajo intolerable. Bajo estos criterios, se puede mencionar que:

- Los solventes más apropiados en la extracción del aceite de una semilla oleaginosa son el hexano y el benceno.
- El sulfuro de carbono casi es descartado, por el grado de su peligrosidad y toxicidad.
- El tricloroetileno podría utilizarse en el caso especial de solventes no inflamables, y cuando la calidad del aceite producto no sea de primordial importancia.

Existen diversos solventes que se utilizan en casos especiales de extracción de aceites, como el éter de petróleo, utilizado cuando no se requiere superar ciertos límites, como el de su temperatura de ebullición,

como es el caso de la extracción de aceites esenciales; la acetona, que es un solvente muy selectivo en la extracción del gopipol a partir de la harina de la semilla de algodón; el dicloroetileno, para la extracción de la manteca de cacao, etc. (Ponce, 2009).

### **B) Procesos de extracción por percolación e inmersión**

La extracción del aceite a partir de una semilla oleaginosa, usando solvente, se puede realizar por tres maneras: por percolación, inmersión, o mixto percolación-inmersión (Ponce, 2009; Madrid, 2020; Graciani, 2006).

El procedimiento de **percolación** consiste en la aplicación del solvente a través de un distribuidor, tipo lluvia, sobre el material sólido oleaginoso, provocando el discurrir del solvente a través del lecho sólido, sin el llenado líquido de los intersticios del material, produciéndose la extracción por la película líquida que envuelve a cada partícula y desciende progresivamente a través del lecho.

Por otra parte, el proceso de **inmersión** consiste en sumergir el material sólido oleaginoso completamente en el volumen líquido del solvente, que inclusive puede estar en movimiento o agitación.

Los equipos de percolación e inmersión para los fines de extracción de aceites, en escala industrial, son relativamente variados, de acuerdo a la capacidad de procesamiento, naturaleza de las materias oleaginosas y demás criterios de operación en planta; existen diversos tipos de extractores industriales, como los tanques de percolación cerrados, el extractor Rotocel, extractor Bollman, extractor Kennedy, extractor horizontal continuo, etc.; en la figura 3 se aprecia la aplicación del extractor Rotocel a la extracción o lixiviación de semillas oleaginosas.

#### **Figura 3**

*Extractor de aceites tipo Rotocel, KMEC.*



*Nota.* Adaptado de KMEC Engineering, *Especialistas en la Industria del Aceite y Grasas*, (<https://www.plantasaceiteras.com/planta-de-extraccion-por-solventes/extractor-de-aceite-de-semilla.html>).

Tanto en los procesos de percolación e inmersión, se perciben las siguientes características:

- Durante la percolación, la velocidad del solvente en contacto con la superficie de la semilla oleaginosa como partícula es grande, ya que el film o la película de líquido escurre rápidamente sobre las partículas por efecto de la fuerza de gravedad.
- Durante la inmersión de la semilla en el solvente, la velocidad de recambio del solvente que ocurre en la superficie de las partículas, es relativamente lenta, incluso si el fluido está en movimiento.
- Para facilitar el proceso por percolación es necesario que las partículas de la semilla tengan un tamaño apropiado, que permita un fácil drenaje del solvente a través del lecho de partículas oleaginosas.
- Los procesos de inmersión se realizan fácilmente, inclusive cuando las semillas hayan sido reducidas o desintegradas a partículas muy pequeñas.
- En ambos procesos, se recomienda el lavado o extracción de las semillas en contracorriente, para facilitar el potencial de extracción; vale decir, la semilla más pobre en aceite se debe poner en contacto con el solvente fresco o de baja concentración de aceite.

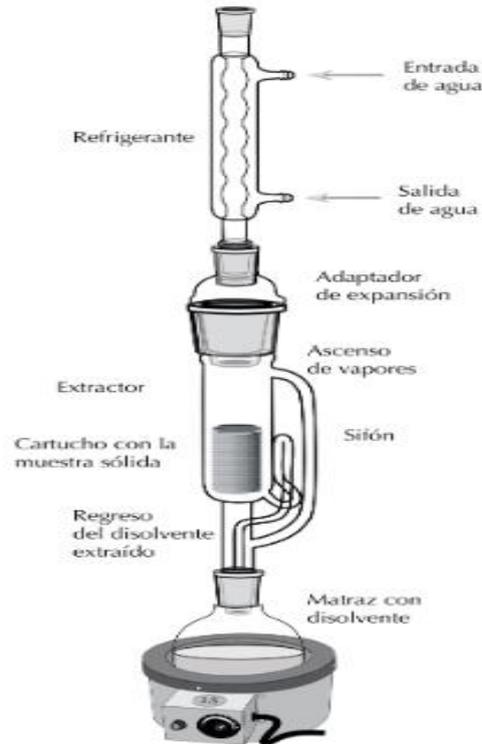
El proceso por percolación es apropiado para extraer el aceite de semillas que presentan aceite en estado libre, debido a los tratamientos previos, dando lugar a una extracción por solución; mientras que, el proceso por inmersión será recomendable para extraer el aceite contenido en células no fracturadas o enteras, que es una extracción por difusión.

Cabe indicar que, para mejorar la eficiencia de extracción, a escala industrial, no se realiza en una sola etapa de contacto simple; se establecen los contactos de extracción múltiples o lavados sucesivos, que pueden ser en corriente cruzada o en contracorriente, permitiendo la extracción sucesiva del aceite, hasta un agotamiento considerable del aceite en el sólido residual. Estos procesos pueden ser discontinuos e inclusive implementarse en un régimen continuo.

El nivel de concentración del aceite en el extracto líquido, conocido como miscela, para los procesos de percolación en múltiples etapas, puede alcanzar valores altos como los 35 %; mientras que, en los procesos de inmersión sólo podría alcanzarse hasta unos 15%; estados que, finalmente se deberán decidir en función a los costos de operación (Ponce, 2009).

El equipo de laboratorio que combina dichos procesos, de percolación e inmersión, es el aparato Soxhlet, figura 4, donde se realiza la extracción mixta percolación– inmersión, con buenos resultados; equipo ampliamente utilizado a nivel de laboratorio, para la determinación analítica del contenido de aceites y grasas de una muestra o sustancia grasa.

**Figura 4**  
*Extractor de aceites tipo Soxhlet de laboratorio.*



*Nota.* Adaptado de *Extracción sólido-líquido (Soxhlet)*, (<https://www.dequimica.info/extraccion-solido-liquido/>).

En la actualidad, se vienen incrementando nuevas técnicas de extracción de aceites a partir de materias oleaginosas, orientados a la reducción de tiempos de extracción, disminución en consumo de solventes, reducción de contaminantes, incremento de la eficiencia y calidad de extracción; entre las nuevas técnicas se tienen la extracción por ultrasonido, la extracción por microondas, así como la extracción con fluidos supercríticos (Madrid, 2020).

## 2.7 CARACTERIZACIÓN DE ACEITES

Se exponen los fundamentos y técnicas de evaluación de algunas de las características físicas y químicas principales en la caracterización de los aceites fijos, obtenidos a partir de las semillas oleaginosas, como es el caso del aceite de las nueces de Sampananki, que son importantes para la evaluación de calidad con fines de consumo (Madrid, 2020; Zumbado, 2008; Sánchez, 2013; Badui, 2006). Existe un gran número de análisis para la caracterización de grasas y aceites en general, cuyas evaluaciones dependen de las particularidades de análisis que se desean aplicar en el tipo de aceite analizado, destacando entre los más comunes las siguientes pruebas de caracterización:

- Características organolépticas
- Viscosidad
- Densidad
- Prueba de frío
- Punto de humeo o de formación de humos
- Punto de ebullición
- Punto de fusión
- pH
- Materia no saponificable
- Contenido de humedad y materias volátiles
- Índice de ácidos volátiles solubles e insolubles
- Índice de color
- Índice de acidez
- Índice de rancidez
- Índice de refracción
- Índice de hidróxilo
- Índice de saponificación
- Índice de yodo
- Índice de peróxidos
- Índice de tiocianógeno
- Índice de polibromuros
- Cromatografía de gases
- Espectrofotometría, etc.

### **2.7.1 Características organolépticas**

Las propiedades organolépticas son las cualidades de las sustancias oleaginosas perceptibles directamente por los sentidos, su determinación es fundamentalmente subjetiva, no permitiendo establecer, en general, métodos concretos y definidos.

Se considera que el aceite es de aspecto correcto, cuando la muestra de aceite es sometida durante 24 horas a la temperatura de  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y se observa un aspecto homogéneo, limpio y transparente. Además, el olor y sabor serán los normales, según el tipo de aceite, y con las aromas propios y característicos, sin que se advierta en ningún caso síntomas organolépticos de rancidez. El color variará generalmente de amarillo a verde.

Entre las principales características organolépticas que se reportan en los aceites comestibles están:

- Color
- Olor
- Sabor
- Aspecto

Los aceites procedentes de semillas oleaginosas, generalmente son de un aspecto líquido translúcido, de color amarillento brillante con tonalidades que pueden variar, con un olor y sabor típico a los aceites, con algunas variaciones de acuerdo a la fuente oleaginosa.

## 2.7.2 Propiedades físicas

Comprenden diversas evaluaciones físicas vinculadas con algunas propiedades de los aceites comestibles, como son (Madrid, 2020; Zumbado, 2008; Sánchez, 2013; Badui, 2006):

### 1. Densidad

Expresa la masa por unidad de volumen de la muestra, en gramos por centímetro cúbico, a una temperatura dada. La densidad de los aceites varía aproximadamente en 0,00068 por cada grado centígrado. La temperatura de determinación no debe diferir de la referencia en más de 5 °C. Se requiere de un picnómetro normal, o con termómetro acoplado, de 50 mL de capacidad.

Para la determinación de la densidad de aceites y grasas líquidas, el picnómetro debe tener la temperatura del medio ambiente. En grasas sólidas se debe llenar el picnómetro hasta las tres cuartas partes, aproximadamente de su altura, con la muestra. Dejar una hora en estufa, a la temperatura de fusión de la grasa, enfriar y pesar. Añadir agua, a la temperatura de referencia, hasta el borde superior del picnómetro, dejar una hora en un baño a la temperatura de referencia, secar el picnómetro y pesar.

Se calcula la densidad, expresada en g/cm<sup>3</sup> y referida a una temperatura que generalmente es de 20 °C para aceites y entre 40 °C y 60 °C para las grasas sólidas, a través de las siguientes ecuaciones:

#### **Aceites y grasas líquidas:**

$$\text{Densidad} = \frac{(P_2 - P)}{(P_1 - P)} \times D \quad (\text{Ec. 01})$$

#### **Grasas sólidas:**

$$\text{Densidad} = \frac{(P_2 - P)}{(P_1 - P) - (P_3 - P)} \times D \quad (\text{Ec. 02})$$

Donde:

P = Peso del picnómetro vacío (g).

P<sub>1</sub> = Peso del picnómetro lleno con agua a la temperatura de referencia (g).

P<sub>2</sub> = Peso del picnómetro lleno con aceite a la temperatura de referencia (g).

P<sub>3</sub> = Peso del picnómetro lleno con grasa y agua a temperatura de referencia (g).

D = Densidad del agua a la temperatura de determinación (g/mL).

## 2. Viscosidad

La viscosidad es la resistencia interna al flujo que experimenta un líquido. Esta resistencia se debe al movimiento browniano y a las fuerzas de cohesión intermoleculares del fluido. La viscosidad depende mucho de la temperatura y disminuyen cuando aumenta la temperatura del líquido.

La viscosidad se mide por el flujo del líquido a través de un capilar, cilindro concéntrico, esfera o cilindro que cae, flujo a través de un orificio y viscosímetro electrónico.

La viscosidad relativa es la relación de la viscosidad absoluta de una sustancia respecto a la viscosidad de otra de referencia, que generalmente para líquidos, como es el caso del aceite, viene a ser la viscosidad del agua. El viscosímetro de Ostwald permite una determinación rápida de la viscosidad relativa del aceite, midiendo los tiempos que el mismo volumen tanto de aceite y de agua destilada como referencia tardan en pasar entre las dos marcas de la ampolla del viscosímetro, siendo necesario determinar la densidad y tiempos, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Viscosidad relativa} = \frac{(D.t)_{\text{aceite}}}{(D.t)_{\text{referencia}}} \quad (\text{Ec. 03})$$

Donde:

D = Densidad (g/mL).

t = Tiempo de flujo, entre las dos marcas del viscosímetro de Ostwald (s)

Referencia = agua destilada

Para la determinación se instala el termostato juntamente con el viscosímetro de Ostwald sumergido en el baño termostático. Con ayuda de una pipeta se coloca aproximadamente 7 mL de muestra de aceite al viscosímetro y se deja que todo el conjunto se establezca a la temperatura preestablecida por 10 min. Empleando una bombilla de jebes se succiona el aceite a través del ramal donde se encuentra los bulbos con las marcas de control. Se registra el tiempo que demora en fluir el aceite desde la marca superior hasta la marca inferior del bulbo de control. Se repite tres veces esta evaluación para promediar el tiempo registrado. De la misma forma se opera para la sustancia de referencia, que es el agua destilada.

## 3. Índice de refracción

El índice de refracción de una sustancia o muestra es la razón de la velocidad de un rayo de luz en el vacío con respecto a la velocidad de la luz a través de la sustancia, y que por conveniencia práctica se hace referencia a la relación aire-sustancia. Luego, el índice de refracción, se define como el cociente entre

el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción de la luz monocromática, al pasar en forma oblicua, del aire a un medio ópticamente más denso.

El índice de refracción de una sustancia dada varía con la longitud de onda del rayo de luz refractado y con la temperatura. Con los refractómetros usuales la observación se hace en luz difusa, provistos de un dispositivo de acromatismo de la radiación de la luz del sodio.

El procedimiento para la determinación del índice de refracción inicia al conectar los terminales de la chaqueta del prisma del refractómetro a la cubeta del termostato, procediendo con la circulación del agua entre ellos. Se prepara el refractómetro, limpiando cuidadosamente el prisma y verificando la temperatura que marca el termómetro acoplado. El aceite debe estar limpio y exento de agua, para ello se filtra sobre papel filtro seco y se extrae la humedad con sulfato sódico anhidro.

Se colocan 2 a 3 gotas de la muestra de aceite sobre el prisma, la cual debe ser lo suficientemente transparente para que deje pasar la luz y observar por el lente visor. Se mueve con sumo cuidado la barra de selección del monocromador, hasta establecer una zona en que se note claramente la banda de refracción (se debe diferenciar claramente la separación de las zonas clara y oscura). Se hace coincidir las líneas impresas en la lente con la línea de separación de la zona clara y oscura. Se lee en la escala de la izquierda el índice de refracción. Esta lectura debe efectuarse luego de 5 minutos de contacto de la muestra con los dos prismas. La temperatura de lectura no debe sobrepasar en  $\pm 2$  °C a la temperatura de referencia.

#### **4. Punto de ebullición**

El punto de ebullición es la temperatura a la que la fase líquida y su vapor, de una sustancia, se encuentran en equilibrio; a una determinada presión. El punto de ebullición normal de una sustancia viene a ser la temperatura a la cual su presión de vapor es igual a la presión atmosférica normal.

Cuando la presión de vapor adquiere un valor igual a la presión que hay sobre su superficie (presión atmosférica), el líquido entrará en ebullición; es decir, la temperatura a la que hierve un líquido varía según la presión atmosférica local.

##### ***Método de Siwoloboff modificado***

Es una técnica de determinación experimental del punto de ebullición; para lo cual, se cierra uno de los extremos del tubo capilar. Se debe ligar en forma invertida (con el extremo abierto hacia abajo) con una liga de goma al termómetro muy cerca de su bulbo. Se coloca unos mililitros de muestra de aceite al tubo pírex de 1,5 cm de diámetro, y se sujeta éste con una pinza al

soporte universal. Se introduce en este tubo el termómetro unido al tubo capilar, y se mantiene suspendido desde una pinza unida al soporte. Todo este sistema se introduce dentro de otro tubo de 2 cm de diámetro que contiene 3 mL de glicerina (p. eb. 290 °C), también sujetado con otra pinza al soporte. Se inicia el calentamiento con el mechero de una manera lenta controlando el incremento atenuado de la temperatura. Cuando se aprecie el desprendimiento continuo de burbujas que salen de la boca inferior del tubo capilar sumergido en el aceite, se anota la temperatura que registra el termómetro.

Se deja enfriar el sistema de tubos y se repite por tres veces la medición del punto de ebullición para descartar errores y tener una medición correcta.

## **5. pH**

El pH expresa la concentración de iones hidronio en una solución, luego mide el nivel de acidez o basicidad de la muestra, considerándose neutra el agua pura con un valor de 7; las soluciones con valores de pH menores de 7 se consideran ácidos.

Durante el almacenamiento de los alimentos, que incluyen a los aceites, pueden ocurrir cambios químicos por acción enzimática y por acción microbiana, que dependen de manera importante del pH. La estabilidad de la proteína también depende del pH, de aquí que la medición del pH sea importante para conocer la eficacia de los conservadores y vigilar las operaciones de procesamiento del alimento en general.

### **2.7.3 Índices de aceites**

Son un conjunto de evaluaciones de la caracterización química aplicada a las grasas y aceites, que determinan cuantitativamente diversos componentes específicos en las muestras oleaginosas, para enmarcarse dentro de ciertos límites de calidad (Madrid, 2020; Zumbado, 2008; Sánchez, 2013; Tabio, 2017).

#### **1. Índice de Acidez**

El índice de acidez es la expresión en peso de los miligramos de hidróxido de potasio necesario para neutralizar un gramo de materia grasa. El procedimiento experimental consiste en pesar 1 a 3 g de muestra de aceite con una aproximación de 0,01 g, verter en un Erlenmeyer de 250 mL de capacidad, disolver con 8 mL a 15 mL de mezcla de etanol – éter etílico. Luego se valora, agitando continuamente, con hidróxido de potasio 0,1 M (para acideces cercanas a 2), hasta viraje del indicador.

La evaluación se trabaja por triplicado y se reporta el valor medio del índice de acidez. En el cálculo de acidez, se expresa como **grado de acidez** en

porcentaje de ácido oleico o como **índice de acidez** expresado en miligramos de KOH, a través de las siguientes ecuaciones:

**Grado de acidez**

$$\text{Grado de acidez} = \frac{V M N}{10 P} \quad (\% \text{ de ácido oleico}) \quad (\text{Ec. 04})$$

**Índice de acidez**

$$\text{Índice de acidez} = \frac{56,1 V N}{P} \quad (\text{Ec. 05})$$

Donde:

- V = Volumen de solución etanólica de hidróxido de potasio (mL).
- N = Normalidad de la solución de hidróxido de potasio (eq/L).
- M = Peso molecular del ácido en la que se expresa la acidez (g/mol).
- P = Peso de la muestra de aceite (g).

Normalmente el grado de acidez se expresa como porcentaje referido al ácido oleico. En casos particulares, según la naturaleza de la sustancia grasa, se expresará referido al ácido palmítico, laúrico u otros.

## 2. **Índice de Saponificación**

El índice de saponificación expresa el peso de hidróxido potásico en miligramos necesarios para saponificar 1 g de grasa. Este método es aplicable a aceites y grasas con un contenido de ceras inferior al 5 %.

Para el procedimiento experimental, se requiere un matraz de vidrio, no atacable por los ácidos, de unos 200 mL, adaptable a un refrigerante de reflujo.

Se evalúa cada muestra de aceite por triplicado, consiste en pesar 0,8 g a 1,5 g de muestra, con precisión de 1 mg, y depositar en el matraz de vidrio de boca esmerilada. Se agrega exactamente 12,5 mL de solución etanólica de hidróxido de potasio de 0,5 N. Se prepara el refrigerante de reflujo sujeto a un soporte. La solución de la muestra se lleva a ebullición empleando un calentador eléctrico o mechero y se mantiene durante 60 minutos, agitando la mezcla con ayuda de un agitador magnético. Se retira de la fuente de calor y se agrega 4 a 5 gotas de indicador de fenolftaleína y se valora la solución jabonosa resultante, todavía en caliente, con una solución de ácido clorhídrico 0,5 N. Realizar en las mismas condiciones un ensayo en blanco.

Para calcular el índice de saponificación, expresado en mg de KOH por g de muestra de aceite, se tiene la siguiente expresión:

$$\text{Índice de saponificación} = \frac{56,1 N(V-V')}{P} \quad (\text{Ec. 06})$$

Donde:

- V = Volumen de solución de HCl 0,5 N utilizado en la prueba en blanco (mL).
- V' = Volumen de solución de HCl 0,5 N utilizado en el ensayo (mL).
- N = Normalidad de la solución de HCl.
- P = Peso de la muestra de aceite (g).

Para ciertas materias grasas difíciles de saponificar es necesario calentar durante más de 60 minutos.

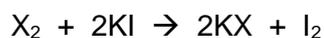
### 3. Índice de Yodo

El índice de yodo de un material graso es función de su grado de insaturación y se determina añadiendo a la muestra un exceso de reactivo halogenado, valorando el reactivo que no reacciona.

El índice de yodo, es una medida de la insaturación de las muestras de aceites y grasas, se define como la cantidad de gramos de yodo que son absorbidos por cada 100 g de muestra. Es una propiedad característica de los ácidos grasos que poseen doble ligadura; es decir, de la serie oleica, linoleica, linolénica, etc. Los aceites de semillas revelan índices muy superiores, tales que, el aceite de maní presenta un índice de 96, el aceite de algodón de 105, el del maíz de 125, el del girasol de 130 y el de la uva de 133 (Sánchez, 2013; Tabio, 2017).

El índice de yodo cambia con la hidrogenación, oxidación u otras reacciones en los aceites no saturados

El procedimiento general implica la adición de un exceso de halógeno a la muestra, reducción de este exceso con yoduro de potasio (KI) y, finalmente su titulación con tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), empleando el almidón como indicador. Estas reacciones tienen lugar de acuerdo con la siguiente expresión:



El procedimiento de determinación requiere pesar 2 g de muestra con 0,001 g de precisión, depositar en un matraz limpio y seco de 250 mL. Se añade 10 mL de tetracloruro de carbono ( $\text{CCl}_4$ ), y seguidamente 15 mL del reactivo de Wijs. Se deja en reposo por una hora en un lugar oscuro. Se añade 10 mL de la solución de yoduro de potasio (KI), al 10%; y luego se agrega 50 mL de agua destilada. Se agita vigorosamente. Se titula con la solución de tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) de 0,1 N, empleando como indicador el almidón, hasta el cambio o viraje al color azul característico, con el apoyo de un agitador

magnético. Se repite el ensayo para una muestra en blanco (Sánchez, 2013; Tabio, 2017). El cálculo para determinar el índice de yodo es:

$$\text{Índice de yodo} = \frac{(V - V')}{P} \times 1,269 \quad (\text{Ec. 07})$$

Donde:

V = Volumen de solución de tiosulfato sódico 0,1 N utilizado en el blanco (mL)

V' = Volumen de solución de tiosulfato sódico 0,1 N utilizado en la muestra (mL)

P = Peso de la muestra de aceite evaluada (g).

#### 4. *Índice de Peróxido*

El índice de peróxido representa los miliequivalentes de oxígeno activo contenidos en un kilogramo de la materia ensayada, calculados a partir del yodo liberado del yoduro potásico, operando en las condiciones que se indican en el método.

Las sustancias que oxidan el yoduro potásico en las condiciones descritas se supone que son peróxidos u otros productos similares de oxidación de la grasa, por lo que el índice obtenido puede tomarse, en una primera aproximación, como una expresión cuantitativa de los peróxidos de la grasa.

Para el procedimiento de evaluación se requiere un matraz seco con cierre esmerilado, de 250 mL de capacidad. Se agrega 6 mL de cloroformo, en el cual se disuelve rápidamente 1 g de muestra de aceite con una precisión de 0,001 g con agitación; luego se añade 10 mL de ácido acético glacial y 2 mL de una disolución saturada en agua de yoduro potásico.

Se cierra el matraz y se mantiene en agitación durante un minuto, imprimiéndole un suave movimiento de rotación, conservándolo después en la oscuridad durante 5 minutos, transcurrido este tiempo, se agrega 50 mL de agua destilada, agitar vigorosamente y se valora el yodo liberado con disolución de tiosulfato de sodio 0,02 N. Emplear gotas del indicador de almidón. Paralelamente, se efectúa un ensayo en blanco, sin aceite, que debe dar un índice nulo.

El índice de peróxidos se expresa en miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de muestra, y se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de peróxido} = \frac{V N \cdot 1000}{P} \quad (\text{Ec. 08})$$

Donde:

V = Volumen de tiosulfato sódico consumido en la valoración (mL).

N = Normalidad de la solución de tiosulfato sódico ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) (eq/L).

P = Peso de la muestra de aceite analizado (g).

#### 2.7.4 Resultados de caracterización de aceites de semillas

Existen diversas publicaciones que reportan las propiedades físicas de aceites crudos y refinados, obtenidos ya sea por prensado, solventes u otros procedimientos, que permiten caracterizar los aceites de acuerdo a su fuente oleaginosa; algunos valores informativos se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Características físicas y químicas típicas de algunos aceites comestibles.*

| Aceite             | Punto de fusión (°C) | Índice de sólidos grasos (a 10 °C) | Índice de yodo |
|--------------------|----------------------|------------------------------------|----------------|
| Aceite de coco     | 26,3                 | 55                                 |                |
| Aceite de palma    | 39,2                 | 34                                 |                |
| Aceite de palmiste | 29,1                 | 49                                 |                |
| Aceite de oliva    |                      |                                    | 84 – 86        |
| Aceite de maní     |                      |                                    | 92 – 106       |
| Aceite de maíz     |                      |                                    | 107 - 120      |
| Aceite de girasol  |                      |                                    | 124 – 134      |
| Aceite de soja     |                      |                                    | 125 – 135      |

Fuente: Badui, 2006; Sánchez, 2013;

Asimismo, se ha reportado estudios de caracterización de aceites de fuentes oleaginosas de semillas y especies nativas, especialmente las Amazónicas, cuyos resultados se presentan en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Características físicas y químicas típicas de algunos aceites de fuentes nativas Amazónicas.*

| Aceite  | Densidad (g/mL) | Índice de refracción | Índice de Saponificación | Índice de yodo | Índice de peróxidos | pH   |
|---|-----------------|----------------------|--------------------------|----------------|---------------------|------|
| Morro ( <i>Crescentia cujete</i> ) <sup>a</sup>               | 0,909           | 1,477                | 66,38                    | 118,32         | 21,86               | 5,28 |
| Melón ( <i>Cucumis melo</i> ) <sup>a</sup>                    | 0,921           | 1,490                | 217,97                   | 146,04         | 38,26               | 5,76 |
| Coyolio ( <i>Acrocomia mexicana</i> ) <sup>a</sup>            | 0,931           | 1,462                | 298,64                   | 51,08          | 142,10              | 4,78 |
| Sacha Inchi ( <i>Plukenetia Huayllabambana</i> ) <sup>b</sup> | 0,93            | 1,480                | 185,5                    | 214,5          | 8,4                 | --   |
| Sacha Inchi ( <i>Plukenetia volubilis</i> L.) <sup>c</sup>    | 0,919           | 1,479                | 185,2                    | 193,1          | --                  | --   |

Fuente: <sup>(a)</sup> Sánchez, 2013; <sup>(b)</sup> Chasquibol, 2013; <sup>(c)</sup> Gutiérrez, 2011;

Cabe precisar los estudios morfológicos en especies del género **Plukenetia** (**Euphorbiaceae**) de la Amazonía peruana (Rodríguez, 2010), a la cual pertenece el Sampananki, indicando que, hasta el año 2008, en la Amazonía peruana fueron descritas cuatro especies; cuyas semillas para seis agrupaciones del género **Plukenetia** se presentan en la figura 5:

- 1) *Plukenetia volubilis* L., conocido como sacha Inchi.
- 2) *Plukenetia brachybotrya* Müll. Arg.
- 3) *Plukenetia loretensis* Ule.
- 4) *Plukenetia polyadenia* Müll. Arg.,

### Figura 5

Semillas de seis agrupaciones del género *Plukenetia* estudiados en la Amazonía peruana: A = *P. brachybotrya*; B = *P. loretensis*; C = *P. volubilis* (procedencia San Martín); D = *P. volubilis* (procedencia Cusco); E = *P. huallaybambana*; F = ***P. polyadenia*** (Rodríguez, 2010).



Nota. Adaptado de *Diferenciación morfológica y por ISSR (Inter simple sequence repeats) de especies del género Plukenetia (Euphorbiaceae) de la Amazonía peruana: propuesta de una nueva especie* (p. 327), por Rodríguez Ángel, 2010, Rev. Peru. biol. 17(3): 325-330.

Para la caracterización de los ácidos grasos presentes en los extractos crudos de los aceites de semillas oleaginosas, se usan técnicas de cromatografía líquida como el HPLC, cromatografía de gases, cromatografía de capa fina, espectrofotometría, espectrometría de masa, etc.

El Instituto Federal do Maranhao del Brazil, entre otros, vienen desarrollando estudios sobre plantas Amazónicas como fuentes alternativas de aceites y grasas, cuya caracterización física y química para diferentes especies evaluadas (Lima, 2019), se presentan en las siguientes tablas 3 y 4.

**Tabla 3***Caracterización físico química de aceites de diversas especies Amazónicas.*

| Nombre común  | Especie                         | Parte de la planta | Índice de Saponificación | Índice de yodo | Índice de peróxidos | Índice de acidez | Índice de refracción |
|---------------|---------------------------------|--------------------|--------------------------|----------------|---------------------|------------------|----------------------|
| Muru muru     | <i>Astrocaryum murumuru</i>     | Semilla            | 258,24                   | 11,15          | 22,85               | 5,07             | 1,46                 |
| Ucuhuba       | <i>Virola surinamensis</i>      | Semilla            | 219,98                   | 18,41          | 0,33                | 32,22            | 1,46                 |
| Bacuri        | <i>Platonia insigninis</i>      | Semilla            | 242,39                   | 76,29          | 16,11               | 16,78            | 1,47                 |
| Cupuassu      | <i>Theobroma grandiflorum</i>   | Semilla            | 189,77                   | 34,13          | 10,23               | 3,33             | 1,46                 |
| Buriti        | <i>Mauritia vinifera</i>        | Fruta              | 183,91                   | 77,40          | 12,05               | 5,76             | 1,47                 |
| Pracaxi       | <i>Pentaclethra filamentosa</i> | Semilla            | 165,09                   | 66,83          | 8,23                | 5,44             | 1,47                 |
| Copaiba       | <i>Copaifera landesdorffii</i>  | Tallo              | 77,47                    | 187,96         | 0,12                | 36,5             | 1,51                 |
| Andiroba      | <i>Carapas guianensi</i>        | Semilla            | 201,43                   | 63,30          | 0,83                | 21,70            | 1,47                 |
| Patawa        | <i>Oenocarpus bataua</i>        | Fruta              | 181,52                   | 73,18          | 20,85               | 7,52             | 1,47                 |
| Babassu       | <i>Orbignya phalerata</i>       | Semilla            | 249,50                   | 10,36          | 0,43                | 1,06             | 1,47                 |
| Passion fruit | <i>Passiflora spp.</i>          | Semilla            | 184,93                   | 125,87         | 32,69               | 7,52             | 1,47                 |
| Brazil nut    | <i>Bertholletia excelsa</i>     | Semilla            | 182,78                   | 98,41          | 63,18               | 0,54             | 1,47                 |

Fuente: Lima, 2019.

**Tabla 4***Caracterización de ácidos grasos (%) de diversas especies Amazónicas.*

| Nombre común  | C 8:0 | C 10:0 | C 12:0 | C 13:0 | C 14:0 | C 15:0 | C 16:0 | C 16:1 | C 17:0 | C 18:0 | C 18:1 | C 18:2 | C 18:3 | C 20:0 | C 22:0 |
|---------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Muru muru     | 1,41  | 1,43   | 49,60  | 0,08   | 28,25  | 0      | 6,53   | 0      | 0      | 2,57   | 6,85   | 3,14   | 0,12   | 0      | 0,03   |
| Ucuhuba       | 0,09  | 0,50   | 15,29  | 0,11   | 77,48  | 0,41   | 4,45   | 0,19   | 0      | 0,90   | 0,06   | 0,50   | 0      | 0      | 0      |
| Bacuri        | 0,01  | 0      | 0,03   | 0      | 0,16   | 0      | 63,09  | 6,56   | 0,04   | 1,24   | 26,16  | 2,63   | 0,07   | 0      | 0      |
| Cupuassu      | 0,01  | 0,05   | 0,02   | 0      | 0,07   | 0      | 7,37   | 0,08   | 0,17   | 33,91  | 43,17  | 3,67   | 11,37  | 0,10   | 0      |
| Buriti        | 0     | 0      | 0,02   | 0      | 0,12   | 0,04   | 17,59  | 0,26   | 0,08   | 1,47   | 78,55  | 1,13   | 0,09   | 0,66   | 0      |
| Pracaxi       | 0     | 0      | 0,14   | 0      | 0,10   | 0      | 2,37   | 0      | 0      | 4,65   | 72,16  | 18,84  | 1,52   | 0,22   | 0      |
| Copaiba       | 28,52 | 26,43  | 0      | 0      | 0      | 1,12   | 4,80   | 7,43   | 3,14   | 8,88   | 14,49  | 5,06   | 0      | 0      | 0,12   |
| Andiroba      | 0     | 0,05   | 5,35   | 0      | 3,57   | 0      | 28,72  | 0,82   | 0,11   | 6,16   | 44,67  | 9,30   | 0,97   | 0,28   | 0      |
| Patawa        | 0,02  | 0,03   | 0,20   | 0      | 0,09   | 0,30   | 13,59  | 0,41   | 0,06   | 2,75   | 78,46  | 3,49   | 0,08   | 0,53   | 0      |
| Babassu       | 8,57  | 7,42   | 49,97  | 0,03   | 14,22  | 0      | 6,59   | 0      | 0      | 2,69   | 8,98   | 1,52   | 0      | 0      | 0      |
| Passion fruit | 0,01  | 0      | 0,03   | 0      | 0,08   | 0      | 10,77  | 0,18   | 0,06   | 2,98   | 16,06  | 69,22  | 0,17   | 0,43   | 0      |
| Brazil nut    | 0,01  | 0      | 0,02   | 0      | 0,07   | 0      | 14,77  | 0,28   | 0,07   | 11,13  | 32,03  | 41,23  | 0,31   | 0,07   | 0      |

Donde: C 8:0 (Caprylic)  
 C 13:0 (Tridecanoic)  
 C 16:0 (Palmitic)  
 C 18:0 (Stearic)  
 C 18:3 (Linolenic)  
 C 10:0 (Capric)  
 C 14:0 (Myristic)  
 C 16:1 (Palmitoleic)  
 C 18:1 (Oleic)  
 C 20:0 (Arachidic)  
 C 12:0 (Lauric)  
 C 15:0 (Pentadecanoic)  
 C 17:0 (Margaric)  
 C 18:2 (Linoleic)  
 C 22:0 (Behenic)

Fuente: Lima, 2019.

Existen evaluaciones del *Plukenetia poliadenia* Müll. Arg., considerando como sinónimos *Elaeophora polyadenia* (Mull. Arg.) Duke, *Elaeophora abutaefolia* Ducke y *Plukenetia abutaefolia* (Ducke), reportando un rendimiento del 36,2 % de aceite por prensado, y del 56,2 % por extracción con solvente n-hexano (Mota, 2015), cuyos análisis de ácidos grasos metilados en el aceite prensado reportan datos expresados en la tabla 5.

**Tabla 5**

*Identificación de ácidos grasos metilados en el aceite de semillas de Plukenetia polyadenia.*

| Componentes               | Porcentaje (%) |
|---------------------------|----------------|
| Ácido Palmítico           | 2,9            |
| Ácido Linoleico           | 46,5           |
| Ácido $\alpha$ -Linoleico | 34,4           |
| Ácido Oleico              | 13,9           |
| Ácido Esteárico           | 1,5            |
| Ácido Araquidónico        | 0,8            |

Fuente: Mota, 2015.

### 2.7.5 Normas de calidad alimentaria para aceites

El **Codex Alimentarius** o Código Alimentario comprende un conjunto de normas directivas y códigos de prácticas alimentarias internacionales de la Comisión del Codex Alimentarius, que incluyen diversos productos, como es el caso de **grasas y aceites y productos afines**, con el objetivo de proteger la salud de los consumidores y facilitar las buenas prácticas, relacionados con la inocuidad y calidad de los alimentos (Codex Alimentarius, 2005); se reportan las siguientes normas:

- Norma para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales CXS 19-1981.
- Norma del CODEX para Aceites Vegetales Especificados CODEX STAN 210-1999.
- Norma del CODEX para Grasas y Aceites Comestibles no regulados por normas individuales CODEX STAN 19-1981 (Rev. 2-1999).
- Informe de la 26.<sup>a</sup> reunión del Comité del CODEX sobre grasas y aceites, Kuala Lumpur (Malasia), 25 de febrero – 1 de marzo de 2019.
- Propuesta de enmienda/revisión a la norma del CODEX para aceites vegetales especificados (CXS 210-1999) – inclusión de aceite de Mahua, Junio 2021.
- Norma del Codex para Grasas Animales Especificadas;

- Norma del Codex para Aceites Vegetales Especificados CODEX STAN 210-1999.
- Norma del Codex para los Aceites de Oliva y Aceites de Orujo de Aceituna.

La Norma del CODEX STAN 19-1981 (Rev. 2-1999) se aplica a las grasas y aceites comestibles y mezclas de los mismos en estado idóneo para el consumo humano. Se aplica también a las grasas y aceites que han sido sometidos a tratamientos de modificación (tales como la transesterificación o hidrogenación) o fraccionamiento, que expresa como factores de calidad y composición expresadas en la tabla 6:

**Tabla 6**

*Factores de Calidad y Composición aplicado para grasas y aceites comestibles no regulados.*

| Característica  | Descripción / Dosis máxima  |
|---|---|
| Color   | El característico del producto designado  |
| Olor y sabor  | Los característicos del producto designado, que deberá estar exento de olores y sabores extraños o rancios. |
| Materia volátil a 105 °C                              | 0,2 % m/m   |
| Impurezas insolubles                                  | 0,05 % m/m  |
| Contenido de jabón                                    | 0,005 % m/m   |
| Hierro (Fe):  |   |
| Grasas y aceites refinados                            | 2,5 mg/kg   |
| Grasas y aceites vírgenes                             | 5,0 mg/kg   |
| Grasas y aceites prensados en frío                    | 5,0 mg/kg   |
| Cobre (Cu):   |   |
| Grasas y aceites refinados                            | 0,1 mg/kg   |
| Grasas y aceites vírgenes                             | 0,4 mg/kg   |
| Grasas y aceites prensados en frío                    | 0,4 mg/kg   |
| Índice de ácido:                                      |   |
| Grasas y aceites refinados                            | 0,6 mg de KOH / g de grasa o aceite   |
| Grasas y aceites vírgenes                             | 4,0 mg de KOH / g de grasa o aceite   |
| Grasas y aceites prensados en frío                    | 4,0 mg de KOH / g de grasa o aceite   |
| Índice de peróxido:                                   |   |
| Aceites vírgenes y grasas y aceites prensados en frío | hasta 15 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite  |
| Otras grasas y aceites                                | hasta 10 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite  |

Fuente: CODEX STAN 19-1981.

## 2.8 ESPECTROFOTOMETRÍA EN ACEITES

Los análisis espectrofotométricos aplicados en las grasas y aceites en general, permiten evaluar diversas características físicas y químicas de una manera mucho más específica en su aspecto estructural, como una interacción con la radiación suministrada a la muestra.

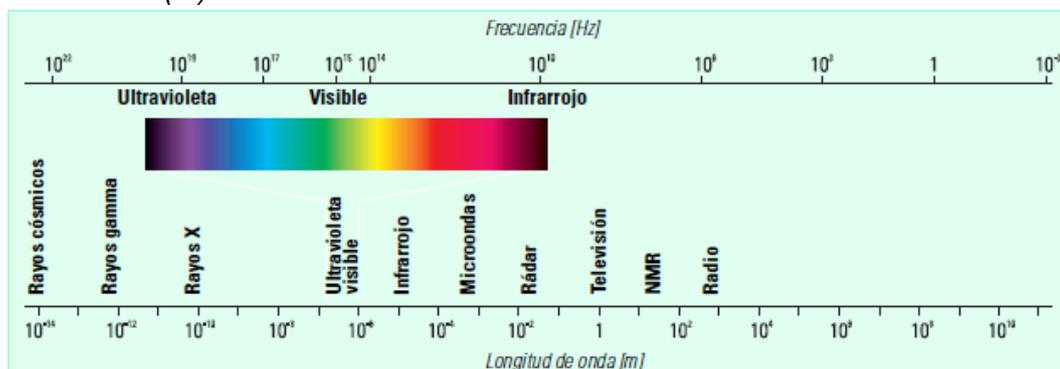
Existen diversas evaluaciones y aplicaciones para aceites comestibles por espectrofotometría, tanto en la región ultravioleta: UV, visible: VIS e infrarrojo: IR, con distintas aplicaciones y objetivos, tales como el estudio de la calidad del aceite, grado de enranciamiento, grado de oxidación, variaciones de propiedades en los procesos de refinación, termo estabilidad de aceites, etc. (Paz, 2000).

### 2.8.1 Espectro electromagnético

El espectro electromagnético es una combinación de campos eléctricos y magnéticos alternos que se transmiten en el espacio con un movimiento ondular, que se clasifican de acuerdo a longitud o frecuencia del mismo, que puede percibirse desde ondas de alta energía hasta baja energía, conforme se observa en la figura 6.

**Figura 6:**

*Espectro electromagnético, según frecuencia:  $f$  (Hz) y longitud de onda:  $\lambda$  (m).*



*Nota. Adaptado de Fundamentos de la espectroscopía UV-visible moderna: Conceptos básicos (p. 2), por Owen Tony, 2000, Edit. Agilent Technologies.*

En el análisis instrumental por métodos espectrofotométricas, se usan los espectrofotómetros digitales, para realizar estudios y análisis físicos y químicos de diversos compuestos, como podrían ser las grasas y aceites; cuyas técnicas de evaluación se realizan en ciertos rangos del espectro electromagnético, siendo los comunes en las regiones:

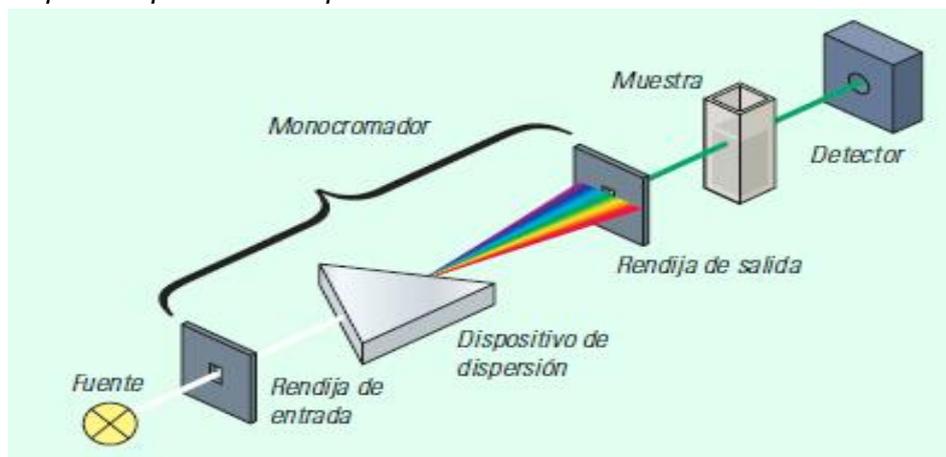
- Ultravioleta: UV (onda corta y alta energía)
- Visible: VIS
- Infrarrojo: IR (onda larga y baja energía)

Los equipos de espectrofotometría, poseen una fuente de generación, un dispositivo de dispersión para selección de longitud de onda, superficie y aplicación sobre la muestra y detectores de intensidad de radiación; cuyo esquema convencional se presenta en la figura 7; la radiación controlada que actúa sobre la muestra provoca la reflexión, dispersión, absorbancia, fluorescencia, fosforescencia, reacción fotoquímica, etc., cuyos resultados proveen información física y química de la muestra analizada, con evaluaciones de orden cuantitativo (Owen, 2000).

Las muestras para su evaluación cromatográfica, casi siempre se preparan como soluciones diluidas del analito para su evaluación en la región UV-VIS, siendo importante la elección del solvente, prefiriéndose el n-hexano para la evaluación de aceites.

**Figura 7**

*Esquema típico de un espectrofotómetro convencional.*



*Nota. Adaptado de Fundamentos de la espectroscopía UV-visible moderna: Conceptos básicos (p. 39), por Owen Tony, 2000, Edit. Agilent Technologies.*

### 2.8.2 Transmitancia y Absorbancia

Una muestra, al recibir una radiación electromagnética como rayo de luz, ésta incide sobre la disolución, y parte se absorbe en dicha muestra, la cual se mide como absorbancia, y la otra fracción pasará la disolución o muestra, la cual se mide como la transmitancia.

$$I_0 = I_a + I_t \quad (\text{Ec. 09})$$

Donde:

- $I_0$  = Intensidad de luz incidente sobre la muestra.
- $I_a$  = Intensidad de luz absorbida en la muestra.
- $I_t$  = Intensidad de luz transmitida o que atraviesa la muestra.

La transmitancia:  $T$ , en una disolución, es la relación entre la cantidad de luz transmitida o que ha atravesado la muestra, con respecto a la cantidad de luz inyectada o incidente sobre la muestra, expresado en forma porcentual.

$$\%T = \frac{I_t}{I_0} \times 100 \quad (\text{Ec. 10})$$

La absorbancia:  $A$ , está más vinculado con la naturaleza de la muestra, dado que expresa la cantidad de luz absorbida por la disolución, y es una expresión logarítmica de la inversa de la transmisión.

$$A = \log\left(\frac{1}{T}\right) = -\log T = -\text{Log}\left(\frac{I_t}{I_0}\right) \quad (\text{Ec. 11})$$

En aplicaciones de análisis de cromóforos, se aplica la Ley de Lambert-Beer, generalmente como una expresión linealizada, que es una relación entre la absorbancia de la luz monocromática en la disolución y la concentración del cromóforo, como son los diversos colorantes (Abril, s/f).

### 2.8.3 Región UV-VIS

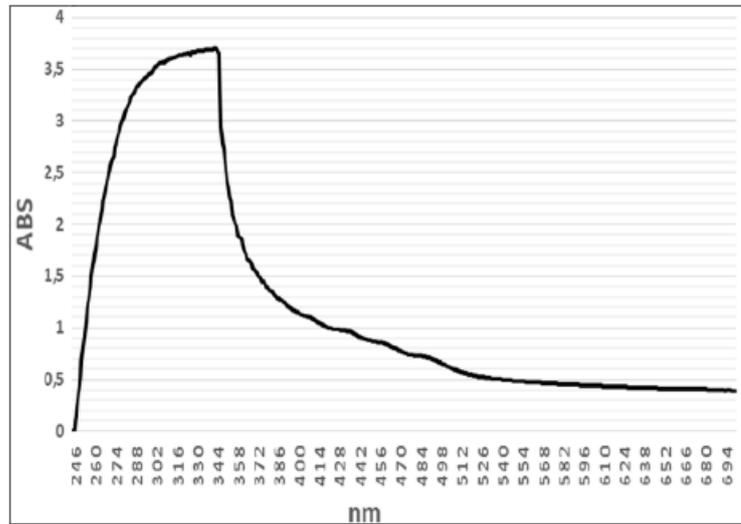
La región ultravioleta: UV, comprende el rango de unos 195 a 400 nm de longitud de onda, que es de alta energía, con buena absorbancia de compuestos con dobles enlaces, triples enlaces, enlaces peptídicos, grupos carbonilos, heteroátomos, etc., aprovechando los estados electrónicos que pueden presentar los átomos, las moléculas neutras y los iones, que son importantes para la determinación cualitativa y cuantitativa de presencia de cromóforos y propiedades de conjugación molecular.

En la región visible: VIS, apreciamos el color visible de una solución, cuya longitud de onda puede variar entre los 390 a 780 nm, que corresponden a la longitud de onda de luz que transmite la muestra (Téllez, 2019).

Una aplicación del espectro UV-Vis en la evaluación del aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis*) presenta un máximo de absorbancia a unos 340 nm (Gamarra, 2022), conforme se aprecia en la figura 8.

**Figura 8:**

*Evaluación en el espectro UV-Vis del aceite de Sacha Inchi (Gamarra, 2022).*

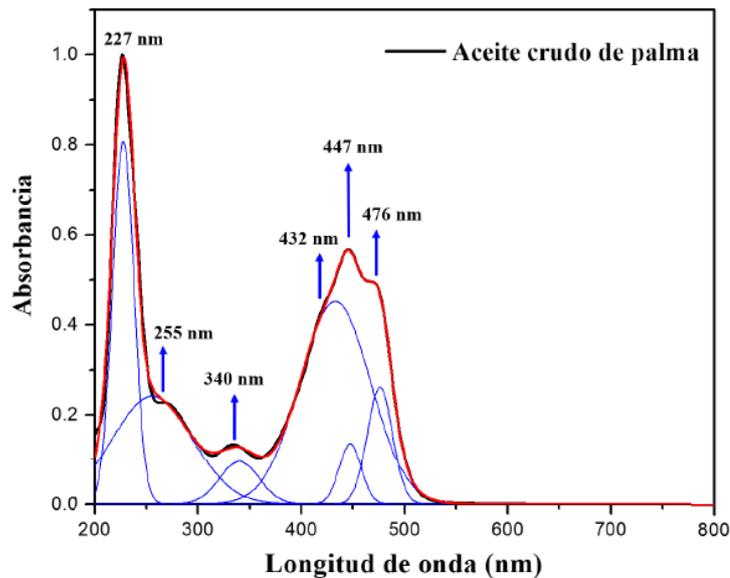


*Nota.* Adaptado de *Caracterización del Aceite y Cascarilla Procedentes de la Semilla de Sacha Inchi (Plukenetia Volubilis) para Aplicaciones en la Industria Petroquímica* (p. 31), por Gamarra A. Camilo, 2022, Univ. Santander.

El espectro de absorción UV-Visible típico obtenido en la evaluación del aceite crudo de palma diluido al 2 % en volumen en n-hexano, presenta seis máximos de absorción (Paso, 2020), comparados con el blanqueado y el aceite refinado comercial, tal como se reportan en las siguientes figuras 9 y 10.

**Figura 9:**

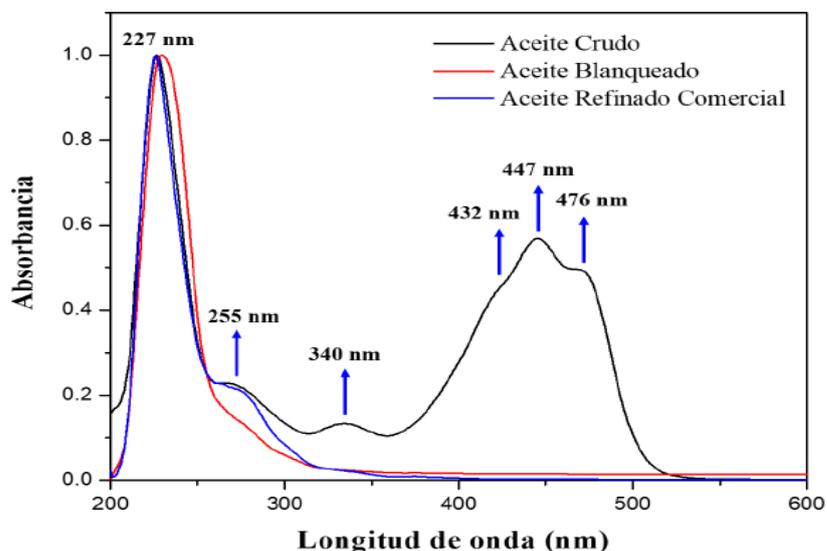
*Evaluación del espectro UV-Visible del aceite crudo de palma (Paso, 2020).*



*Nota.* Adaptado de *Caracterización por técnicas espectroscópicas de aceite crudo de palma y aceite refinado* (p. 107), por Paso C. Islemi, 2020, Ins Politécnico Nac. Méx.

**Figura 10:**

*Evaluación del espectro UV-Visible comparativo entre el aceite crudo y blanqueado de palma, con el aceite refinado comercial (Paso, 2020).*



*Nota.* Adaptado de *Caracterización por técnicas espectroscópicas de aceite crudo de palma y aceite refinado* (p. 110), por Paso C. Islemi, 2020, Ins Politécnico Nac. Méx.

#### 2.8.4 Región IR

La región infrarroja: IR, se sitúa sobre la longitud de onda visible, es una onda larga y de baja energía, su longitud de onda se puede expresar en cm y m. Para las evaluaciones cromatográficas en la región IR es común dividir en tres zonas:

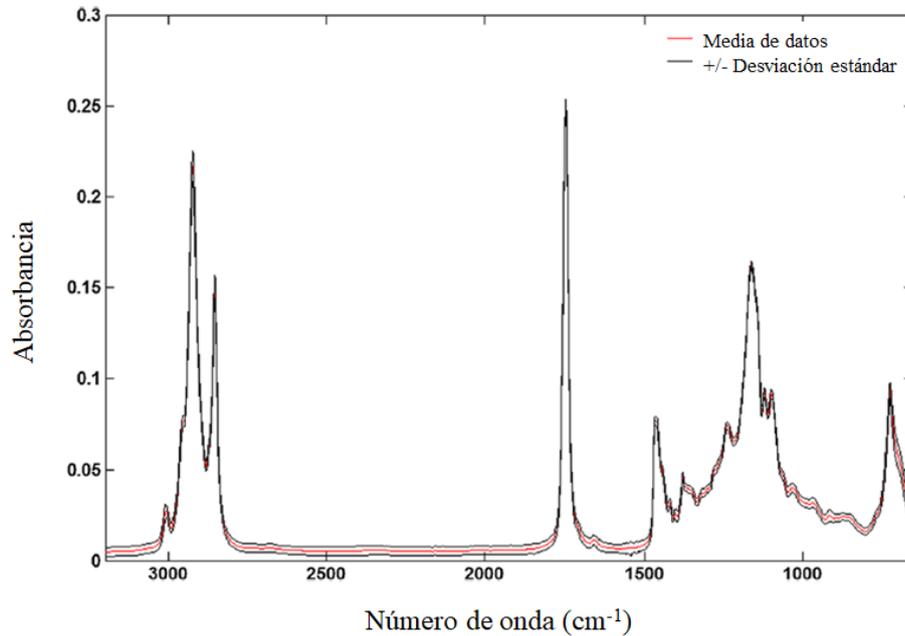
- IR cercano: NIR, de 12500 a 4000  $\text{cm}^{-1}$
- IR medio: MIR, de 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$
- IR lejano: FIR, de 400 a 10  $\text{cm}^{-1}$

Las mayores aplicaciones espectrales en alimentos se presentan en las regiones NIR y MIR; tal que las absorciones de energía provocan vibraciones en los enlaces atómicos, vibraciones moleculares y rotaciones, de una manera no destructiva, que develan información estructural, enlaces moleculares y otros relacionados a los compuestos evaluados, permitiendo evaluar los tipos de enlaces atómicos y la identificación estructural de moléculas por la reflexión de las bandas de grupos funcionales en las muestras. El desarrollo de instrumental incorporado con la transformada de Fourier: FTIR, permite mejorar la calidad de los espectros y facilitar la obtención de los datos (Téllez, 2019, Paso, 2020).

Una aplicación del análisis espectrofotométrico en la región infrarroja es en el análisis de adulteración de aceites de oliva, incorporando Fourier con reflectancia total atenuada: ATR-FTIR, que permiten evaluar la mayor presencia de los ácidos grasos linoleico y linolénico en aceites de semillas con respecto al aceite de oliva, tal como se presenta en la figura 11 y para el aceite de palma en la figura 12.

**Figura 11**

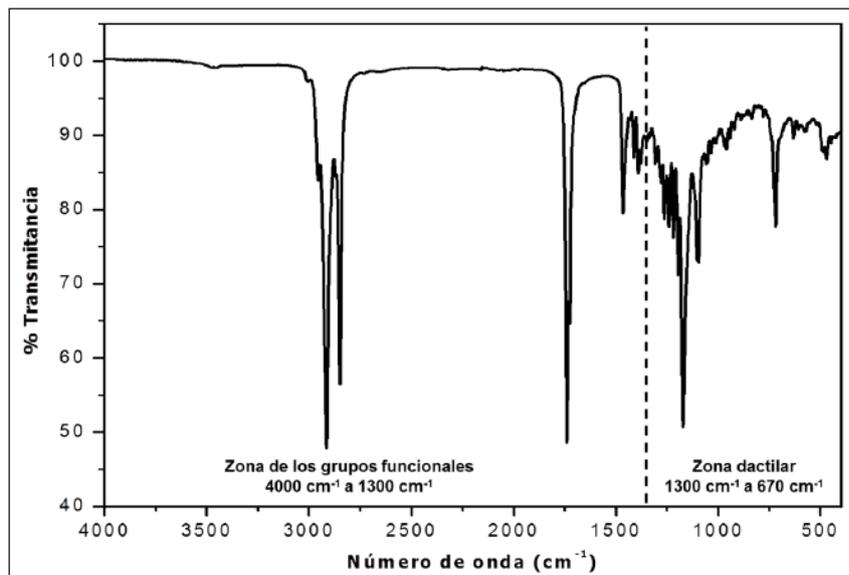
*Evaluación FTIR del aceite de oliva y los aceites de soja, girasol, maíz y canola (Téllez, 2019).*



*Nota. Adaptado de Aplicaciones de la espectroscopía infrarroja en el análisis de alimentos (p. 18), por Téllez M. Clara, 2019, Univ. Sevilla, España.*

**Figura 12**

*Evaluación infrarroja convencional IR del aceite de palma (Paso, 2020).*

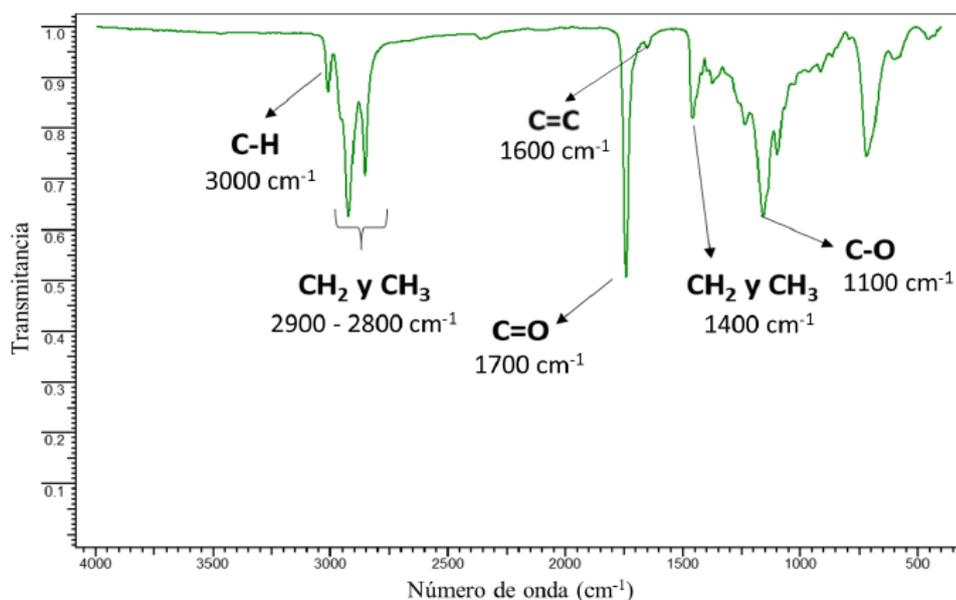


*Nota. Adaptado de Caracterización por técnicas espectroscópicas de aceite crudo de palma y aceite refinado (p. 30), por Paso C. Islemi, 2020, Ins Politécnico Nac. Méx.*

Igualmente, se tiene la evaluación IR, como transmitancia, aplicado al aceite de Sacha Inchi, reportándose las señales de enlaces olefínicos: CH, CH<sub>2</sub> y CH<sub>3</sub> para aceites con grupos poliinsaturados (Gamarra, 2022), tal como se presenta en la figura 13.

**Figura 13**

*Evaluación en el espectro IR para el aceite de Sacha Inchi (Gamarra, 2022).*



*Nota. Adaptado de Caracterización del Aceite y Cascarilla Procedentes de la Semilla de Sacha Inchi (Plukenetia Volubilis) para Aplicaciones en la Industria Petroquímica (p. 30), por Gamarra A. Camilo, 2022, Univ. Santander.*

Cabe mencionar que, el Sampananki y el Sacha Inchi pertenecen al género *Plukenetia* L.; por lo tanto, las características y propiedades de sus aceites pueden ser comparables para los fines de estudio, conforme se expresan en algunos trabajos de investigación referidos en el ítem de antecedentes.

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El desarrollo y ejecución del proceso de extracción, así como la caracterización del aceite obtenido a partir de las nueces de Sampananki, como un recurso natural con gran potencial oleaginoso procedente del VRAEM en la región de Ayacucho, requiere la concurrencia y definición de un sistema metodológico, que comprenda las técnicas, herramientas y materiales, como aspectos logísticos y recursos, para el desarrollo del trabajo de investigación.

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Según su finalidad es una investigación aplicada, su ejecución exige la aplicación de los fundamentos científicos y tecnológicos referidos a los procesos de extracción de aceites a partir de semillas oleaginosas, mediante el proceso de extracción con diversos solventes, con preferencia al n-hexano, así como los procedimientos de caracterización de aceites.

#### **3.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

El trabajo de investigación se consolida en un nivel explicativo, considerando complementos descriptivos y experimentales en su desarrollo progresivo.

El nivel explicativo se establece en el proceso de extracción del aceite a partir de las nueces de Sampananki, que es un recurso natural con gran potencial oleaginoso, descrito como planta y fruto observado en las plantaciones naturales desarrolladas en el VRAEM, con evaluaciones experimentales en el proceso de evaluación de las operaciones unitarias de extracción, así como la caracterización del aceite obtenido.

### **3.3 MÉTODO**

El desarrollo y evaluación de la investigación requiere aplicar los métodos de análisis, síntesis, descriptivo y estadístico, de los diferentes resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos en la ejecución y evaluación del proceso de extracción del aceite de las nueces de Sampananki y la caracterización del aceite.

### **3.4 DISEÑO**

La ejecución de la investigación exige un diseño general por avance progresivo de actividades programáticas definidas para alcanzar los objetivos del trabajo; teniendo en cuenta como principales actividades las siguientes:

- Revisión bibliográfica
- Visita al VRAEM
- Evaluación e inspección de plantaciones, frutos, usos y aplicaciones del Sampananki, en las comunidades nativas
- Evaluaciones preliminares de las semillas
- Extracción de aceites
- Análisis y caracterización de aceites
- Sistematización de resultados
- Reporte y análisis de resultados

### **3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA**

El material objeto de la investigación son las semillas oleaginosas del Sampananki; procedentes del Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro – VRAEM, provenientes de la Comunidad de Otari, del distrito de Pichari en la provincia de La Convención.

### **3.6 TÉCNICAS DE EVALUACIÓN**

Durante el desarrollo de la investigación, se requieren aplicar diversas técnicas de evaluación, de acuerdo al avance de las actividades programáticas, las que se precisan de manera sistemática:

#### **1) Análisis exploratorio y descriptivo**

Fundamentado en la observación y evaluación cualitativa de diversos aspectos operativos como:

- Reporte fotográfico y descriptivo de la plantación, recolección de frutos, obtención cacerera de aceite, usos y aplicaciones del Sampananki, por parte de la Comunidad Nativa de Otari.
- Descripción detallada de las semillas de Sampananki, con ensayos exploratorios.

- Entrevistas a miembros de la Comunidad Nativa de Otari.
- Evaluación y sistematización de información, revisión bibliográfica y publicaciones en general.

## 2) Procesos de extracción del aceite de Sampananki

Que requiere desarrollar y evaluar las operaciones unitarias básicas que permitan la extracción del aceite a partir de las semillas de Sampananki, que comprende principalmente:

- Preparación de la muestra
- Caracterización de materia prima
- Secado
- Pelado
- Selección y clasificación
- Pretratamiento
- Trituración y molienda
- Extracción de aceite con solvente
- Rendimiento

## 3) Caracterización del aceite

Orientado a las técnicas de caracterización del aceite producto:

- Análisis organoléptico: color, olor, sabor, aspecto.
- Densidad
- Viscosidad
- Índice de refracción
- Punto de ebullición
- pH
- Índice de acidez
- Índice de saponificación
- Índice de Yodo
- Índice de peróxido
- Análisis de aceites
- Espectrofotometría

El detalle de las diversas técnicas experimentales, se describen en la ejecución y aplicación operativa de la investigación, basadas en los procedimientos normalizados para dichas evaluaciones; para los ensayos de caracterización se siguió los procesos detallados para fines de tratamientos y análisis de muestras por ensayo químicos y microbiológicos enunciadas por la Asociación Internacional de Químicos Analíticos - Association of Analytical Communities, **AOAC**, que son

métodos oficiales de análisis, aplicadas para el presente trabajo de investigación en los siguientes rubros:

#### 1) **Composición química proximal de la materia prima**

- Determinación de la humedad, método 950.46 (AOAC, 2005).
- Determinación de proteínas, método 984.13 (AOAC, 2005)
- Determinación de grasas, método 2003.05 (AOAC, 2005).
- Determinación de ceniza, método 942.05 (AOAC, 2005).
- Determinación de fibra, método 962.09 (AOAC, 2005).

#### 2) **Caracterización del aceite**

- Acidez total. (Método AOAC, 2000)
- Índice de yodo. (Método Oficial AOAC, 2000)
- Índice de peróxido. (Método Oficial AOAC, Cd 8-53)
- Índice de saponificación. (Método Oficial AOAC, 2000)
- Densidad. (Método Oficial AOAC, 2000)

### **3.7 MATERIALES E INSTRUMENTOS**

Para la ejecución de las diversas técnicas de evaluación en la investigación, se requieren ciertos materiales, reactivos, instrumentos y equipos, fundamentalmente de laboratorio, así como recursos logísticos que permitan obtener los resultados adecuados.

#### **3.7.1 Materia prima**

- Nueces de Sampananki

Nueces recolectadas directamente en diversas chacras de la Comunidad de Otari, Pichari, del VRAEM, en la región de Ayacucho.

#### **3.7.2 Materiales de laboratorio**

- Balón de base plana
- Buretas
- Cápsula de porcelana
- Crisol
- Desecador
- Embudo de separación
- Fiola
- Matraz de Erlenmeyer
- Matraz Kitasato
- Mechero de Bunsen

- Mortero
- Picnómetro
- Pipetas con émbolo
- Pipetas graduadas
- Pipetas volumétricas
- Probetas
- Refrigerante de bolas.
- Tubo de Thiele
- Vaso de precipitado o Beakers

### 3.7.3 Reactivos químicos

- Acetona ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ )
- Ácido acético glacial ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )
- Ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ )
- Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- Alcohol etílico ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ )
- Almidón de 1% ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ )<sub>n</sub>
- Cloroformo ( $\text{CHCl}_3$ )
- Fenolftaleína 1% ( $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$ )
- Hidróxido de potasio ( $\text{KOH}$ )
- Hidróxido de sodio 0,1 N ( $\text{NaOH}$ )
- Ioduro de potasio ( $\text{KI}$ )
- n-hexano ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ )
- Reactivo de Wijs ( $\text{ICl}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CCl}_4$ )
- Tiosulfato de sodio 0,1 N ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ )

### 3.7.4 Instrumentos y equipos

- Agitador magnético
- Calefactor eléctrico
- Densímetro
- Desecadores con sílica gel, con sales desecantes
- Estufa
- Horno de incineración (mufla),
- Mufla
- Peachímetro/ potenciómetro
- Plancha o parrilla eléctrica o hornilla
- Refractómetro
- Sistema de extractor Soxhlet
- Sistema de filtración al vacío

- Sistema de titulación
  - Sistema para punto de ebullición
  - Termómetro
  - Viscosímetro
  - Otros materiales de vidrio
  - Balanza analítica de precisión Marca: OHAUS
  - Balanza analítica, digital, Acculab (Sartorius group), ALC-210.4
  - Baño maría: GEMMYKO
  - Estufa: MEMMERT
  - Espectrofotómetro Infra Rojo (IR) Thermo Scientific – Smart ITR, Nicolet iS10
  - Espectrofotómetro Ultra Violeta (UV-Vis), Thermo Scientific – Genesys 6.
  - Rotavapor, Buchi, R-3000
- 
- Cámara fotográfica
  - Laptop
  - Programas de Office: Word, Excel, etc.
  - Documentos e informes diversos

### **3.8 LUGAR Y AMBIENTES DE EJECUCIÓN**

La ejecución del presente trabajo de investigación, involucró en su primera fase el área geográfica de la comunidad de Otari en el VRAEM, con una visita directa y recojo de información in situ sobre las plantaciones, consumo y uso del Sampananki.

Luego, para la fase de evaluación experimental de caracterización de la materia prima, extracción del aceite así como la caracterización del aceite obtenido, se utilizaron los diversos ambientes físicos y laboratorios de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, especialmente los de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicados en la ciudad universitaria Módulo UNSCH; con algunas evaluaciones especiales de laboratorios de la ciudad de Lima y Cusco; con énfasis en los laboratorios siguientes:

- Laboratorio de Química Orgánica “Niels Bohr”. Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Laboratorio de Investigación, X-227, Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Laboratorio de Análisis de Alimentos. Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

- Laboratorio de Transferencia de Masa. Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Laboratorio de Etnobotánica y Botánica Económica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Museo de Historia Natural.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

En esta sección de la investigación, se presentan los diversos resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos durante el avance progresivo del trabajo, desde la descripción y evaluación de la materia prima, recabados directamente en la comunidad de **Otari** en el VRAEM, seguidos por el proceso de extracción del aceite, la caracterización del aceite, así como la potencialidad oleaginosa de las semillas de Sampananki, como recurso natural en la región de Ayacucho.

#### **4.1 DESCRIPCIÓN DEL SAMPANANKI**

Desde la ciudad de Ayacucho, se tiene la movilidad terrestre hacia el VRAEM; siguiendo la ruta a San Francisco, Kimbiri y Pichari, para llegar a la Comunidad de Otari, con el propósito de evaluar las plantaciones y cosecha de las nueces de Sampananki; en el Anexo 1 se presentan algunas vistas fotográficas de la visita de exploración y recolección de muestras en el VRAEM y del trabajo de investigación en forma general.

##### **4.1.1 Procedencia de la materia prima**

El Sampananki se produce en el ámbito territorial del VRAEM y territorios Amazónicos; para el presente estudio, se ha visitado y recabado la materia prima en la Comunidad de Otari, conforme se ve en la figura 14:

|           |   |
|-----------|---|
| Comunidad | : Otari   |
| Distrito  | : Pichari   |
| Provincia | : La Convención – Cusco                             |
| Valle     | : Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM) |
| Región    | : Ayacucho – Cusco                                  |

**Figura 14**  
Ubicación de la Comunidad de Otari en el VRAEM.



#### 4.1.2 Plantaciones de Sampananki

Las plantaciones del Sampananki, se perciben como árboles; sin embargo, es una planta de especie tipo enredaderas, con tallo de grosor mediano, de unos 6 cm de diámetro en su mayor desarrollo, que crece y trepa alrededor de algún otro árbol que le sirve de sostén, que se va ramificando por todo lo alto conforme va trepando cual si fuera una enredadera.

Puede alcanzar alturas de más de cinco metros, de acuerdo al árbol sobre la cual se sostiene, longitudinalmente las lianas o ramas pueden llegar a medir varias decenas de metros; portando hojas, de tamaños grandes, que pueden variar desde unos 15 a 25 cm de largo, de un color verde claro y de forma lanceolada, conforme se aprecia en la figura 15.

### **Figura 15**

*El Sampananki, como enredadera sobre un árbol, con detalle de las hojas verdes lanceoladas.*



Estas plantaciones, que crecen en gran parte de manera silvestre como especies nativas, se pueden percibir en diversas partes del territorio del VRAEM, que son usados y aprovechados por las diversas comunidades nativas; están distribuidas en los márgenes del Río Apurímac, tales como Cutivirene, Curiri, Kimpiri, Shampintiari, Somaveni, Anapati, etc.

#### **4.1.3 Fruto o baya del Sampananki**

El fruto o baya del Sampananki, que se encuentra adherido a las lianas, presenta una forma casi esférica, de color verde brillante, con piel lisa y dura, típica de los frutos verdes, con un aspecto bastante parecido al fruto de la lúcuma o la palta esférica; el fruto verde de Sampananki se puede apreciar en la figura 16.

Conforme va madurando, se percibe la reducción de su tamaño y peso, debido a la deshidratación natural, variando su coloración hacia un tono verde marrón opaco, con una variación superficial del estado liso hacia un aspecto rugoso; cabe precisar que, su cáscara periférica, con cierto grosor y dureza, alberga en su interior las denominadas nueces o semillas oleaginosas.

**Figura 16**

*Fruto verde del Sampananki.*



Luego de un secado ambiental del fruto de Sampananki, se puede fracturar y retirar la cáscara periférica, que consta de dos capas identificables, una capa externa de color marrón y otra capa interna blanquecina, la que está en contacto con las nueces internas del fruto, que vienen a ser las semillas oleaginosas, que inicialmente están con una cubierta de polvillo blanco, que luego se retiran, liberando las nueces de color marrón intenso, cuyas almendras contienen el material oleaginoso.

Cada fruto o baya de Sampananki contiene por lo general unas tres a cinco nueces o semillas oleaginosas; en la figura adjunta, se percibe cinco nueces; que luego de su secado, se tienen las nueces limpias de forma casi esféricas y de color marrón oscuro.

#### **4.1.4 Nuez o semilla del Sampananki**

Las nueces o semillas del Sampananki, contenidas al interior del fruto, presentan inicialmente un polvillo blanquecino que recubre la nuez, luego se tiene propiamente la cáscara de la semilla de un color marrón, conforme se aprecia en la figura 17, que en algunos casos tiende a un marrón con matices oscuros; y al interior se alberga la almendra, cuya matriz sólida contiene el aceite, como un componente potencial oleaginoso. La nuez es casi esférica, con cierta variación ovoidal en su vista lateral, con un aspecto rígido, compacto y relativamente liviano, y de diversos tamaños.

La cobertura blanquecina externa que cubre la nuez, es un polvillo de partículas finas y muy ligeras, que están adheridos a la cáscara de la nuez y que se desprenden con una suave frotación.

**Figura 17**

*Fruto maduro y retiro de las nueces oleaginosas de Sampananki.*



La cáscara de la nuez, apreciada en color marrón oscuro, es delgada y de consistencia dura y rígida, con una superficie ligeramente áspera, no es desmenuzable a simple presión, y no presenta “costuras”; envuelve completamente a la almendra interna. En algunos casos, se aprecian ciertas estrías muy poco pronunciadas en la cara principal de la nuez.

Cabe detallar que, entre la cáscara marrón y la almendra interior, se percibe una subcapa interna de color crema, bastante fina y adherida a la cáscara o capa externa, de aspecto perlado, con cierto brillo y textura muy suave, que alberga la almendra propiamente dicha.

#### **4.1.5 Almendra del Sampananki**

Cuando a la nuez o fruto, se retira la cáscara, se obtiene la almendra, que tiene una forma muy similar a la de la nuez de la cual proviene. Se aprecia su baja densidad. En la parte superior presenta una concavidad en la que se encuentra el “ojo” o germen de la semilla, y en la parte inferior se observa un punto terminal aplanado sin cola.

La almendra presenta a su vez una envoltura fina que recubre todo el tejido graso, fuertemente adherida a la almendra, una vez desprendida es flexible.

La almendra es un tejido finamente esponjoso, de bajo peso o liviano, de color crema, la que con ayuda de una cuchilla puede separarse en dos partes o discos, entre las cuales se presenta un pequeño espacio vacío.

#### 4.1.6 Usos y aplicaciones nativas

De acuerdo a las entrevistas, se reporta que, las comunidades nativas, como son los Ashánincas, lo conocen como “sampananki” o “pasanaki”, y para sus usos directos, extraen el aceite de estas nueces por simple presión, para utilizarlos en fritura de sus alimentos, como son la yuca, plátano, pescado, etc., sin mayores reportes de toxicidad o efectos adversos en su consumo humano; además, se reporta el uso para la elaboración de ciertas pomadas y ungüentos faciales, combinados con otras fuentes de colorantes naturales, como son el achiote y otros recursos vegetales.

Desde ya, el Sampananki, es una planta tropical, cuyas nueces o semillas, se califican como la “**nuez oleaginosa peruana**”, con un maravilloso potencial oleaginoso, y que es un recurso natural de la región de Ayacucho, distribuido en el área territorial del VRAEM.

#### 4.2 EVALUACIÓN TAXONÓMICA

Uno de los resultados principales e importantes del presente trabajo de investigación es la evaluación de la clasificación taxonómica o sistemática del Sampananki, que hasta antes no se conocía, por tratarse de un recurso vegetal nativo muy poco conocido.

Este gran logro ha sido posible gracias al apoyo profesional de la Dra. Joaquina Adelaida Albán Castillo, Jefa del Departamento de Etnobotánica y Botánica Económica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) – Museo de Historia Natural, en la ciudad de Lima, en coordinación con el Mag. Jorge García Blásquez Morote, docente de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la UNSCH.

Como parte de la visita a la Comunidad de Otari, Distrito de Pichari, Provincia de la Convención, en el VRAEM, se ha recolectado muestras de las diferentes partes de la planta, para luego acondicionarlas técnicamente, y trasladarlas a la ciudad de Lima, a la sede del Museo de Historia Natural de la UNMSM. Esto ha tenido que repetirse hasta en tres oportunidades, de acuerdo a las condiciones estacionales de la planta.

La muestra vegetal del Sampananki ha sido determinada según el Sistema APG IV (2016), que es un sistema de clasificación de las angiospermas, definido para plantas con flores, de base molecular, desarrollado por **Angiosperm Phylogeny Group – APG**; la constancia oficial de esta evaluación de clasificación taxonómica aplicada a las muestras de Sampananki se presenta en el Anexo 2 de este trabajo de investigación.

#### 4.2.1 Taxonomía

|             |   |
|-------------|---|
| Reino       | : Vegetal   |
| División    | : Fanerógama  |
| Subdivisión | : Angiosperma                                       |
| Clase       | : EQUISETOPSIDA C. AGARDH                           |
| Sub Clase   | : MAGNOLIDAE NOVÁK EX TAKHT.                        |
| Super Orden | : Rosanae Takht.                                    |
| Orden       | : Malpighiales Juss. ex Bercht. & J. Presl          |
| Familia     | : Euphorbiaceae Juss.                               |
| Género      | : Plukenetia L.                                     |
| Especie     | : ( <b><i>Plukenetia polyadenia</i> Müll. Arg.)</b> |

#### 4.2.2 Nombre vernacular

- Sampananki
- Pasanaki

#### 4.3 CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS Y NUECES DE SAMPANANKI

Con la finalidad de tener una mayor información física de los frutos y las nueces de Sampananki, se proceden a realizar las evaluaciones siguientes:

##### 1. Aspectos dimensionales del fruto

Se evalúan algunos frutos o bayas de Sampananki, tanto en estado fresco y en estado seco, y se reportan los valores medios de peso, diámetro y color, que se reportan en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Aspectos dimensionales básicos de frutos o baya de Sampananki, fresco y seco.*

| Muestra de frutos | Peso (g) | Diámetro (cm) | Color                  |
|-------------------|----------|---------------|------------------------|
| Fruto fresco      | 268,8    | 7,7           | Verde                  |
| Fruto seco        | 91,19    | 6,0           | Beige verdoso a marrón |

A partir de los frutos secos, se pueden liberar las nueces o semillas contenidas al interior de cada fruto o baya; se reporta entre unas 3 a 5 nueces por cada fruto o baya, la almendra de la nuez contiene el material oleaginoso.

## 2. Aspectos dimensionales de las nueces

Las nueces o semillas de Sampananki, de apariencia casi esférica, se clasifican en tres tamaños: pequeñas, medianas y grandes, luego se evalúa y reporta en la tabla 8, los valores medios de longitud, ancho y espesor.

**Tabla 8**

*Dimensiones medias de nueces de Sampananki, clasificadas en tres tamaños.*

| Muestra de nueces | Longitud (cm) |      |             | Ancho (cm) |      |             | Espesor (cm) |      |             |
|-------------------|---------------|------|-------------|------------|------|-------------|--------------|------|-------------|
|                   | Mín.          | Máx. | Prom.       | Mín.       | Máx. | Prom.       | Mín.         | Máx. | Prom.       |
| Pequeñas          | 2,80          | 3,10 | <b>2,95</b> | 2,93       | 3,20 | <b>3,07</b> | 1,96         | 2,14 | <b>2,05</b> |
| Medianas          | 3,25          | 3,50 | <b>3,38</b> | 3,47       | 3,64 | <b>3,56</b> | 2,20         | 2,40 | <b>2,30</b> |
| Grandes           | 3,80          | 4,20 | <b>4,00</b> | 3,95       | 4,35 | <b>4,15</b> | 2,40         | 2,70 | <b>2,55</b> |

De la evaluación dimensional, se aprecia que las semillas tienen bastante similitud entre su dimensión de longitud y ancho, cuya vista superior se apreciaría de manera circular; pero el espesor es relativamente menor, como si estuvieran atenuadamente achatadas.

En términos simples, las semillas pequeñas están alrededor de los 3 cm, las medianas en los 3,5 cm y las grandes hacia los 4 cm.

## 3. Pesaje de las nueces

A las nueces o semillas de Sampananki, clasificadas previamente en los tres tamaños indicados, se procede a evaluar el peso promedio, que se reporta en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Peso medio de las nueces de Sampananki, clasificadas en tres tamaños.*

| Tamaño de nueces | Peso mín.<br>(g) | Peso máx.<br>(g) | Peso promedio<br>(g) |
|------------------|------------------|------------------|----------------------|
| Pequeñas         | 5,65             | 10,00            | <b>8,74</b>          |
| Medianas         | 10,00            | 12,00            | <b>11,02</b>         |
| Grandes          | 12,00            | 18,23            | <b>13,67</b>         |

#### 4. Contenido de polvillo en las nueces

Dado que, al abrir los frutos o bayas del Sampananki, para liberar las nueces o semillas, se aprecia un polvillo fino sobre la superficie de la nuez; como información complementaria, se ha decidido evaluar el contenido de polvillo extraído mecánicamente de la superficie de un conjunto de nueces, cuyo resultado se presenta en la tabla 10.

**Tabla 10**

*Polvillo retirado a partir de la superficie de las nueces de Sampananki.*

| Componente de la nuez | Peso (g)       | Porcentaje (%) |
|-----------------------|----------------|----------------|
| Polvillo              | 2,61           | 0,17           |
| Nueces limpias        | 1573,77        | 99,83          |
| <b>TOTAL</b>          | <b>1576,38</b> | <b>100,00</b>  |

El porcentaje de polvillo fino no es considerable con respecto al peso de las nueces limpias; sin embargo, es pertinente retirar en el proceso, para la extracción posterior del aceite contenido en las almendras de las nueces o semillas.

#### 5. Rendimiento de almendras

Se ha procedido a evaluar el rendimiento de almendra, en cada grupo dimensional de nueces limpias de polvillo; para lo cual se procede con la eliminación de la cáscara de color marrón superficial de cada nuez o semilla, a fin de liberar la almendra interior, cuya matriz sólida alberga el aceite; en la tabla 11 se reporta los rendimientos porcentuales de cáscara y almendra, para cada grupo de tamaños preclasificados.

**Tabla 11:**

*Rendimiento porcentual en peso de cáscara y almendra en nueces de Sampananki.*

| Tamaño de nuez  | Cáscara (%)  | Almendra (%) | Total         |
|-----------------|--------------|--------------|---------------|
| Pequeños        | 32,80        | 67,20        | 100,00        |
| Medianos        | 28,59        | 71,41        | 100,00        |
| Grandes         | 25,94        | 74,06        | 100,00        |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>29,11</b> | <b>70,89</b> | <b>100,00</b> |

La cobertura o cáscara de las nueces o semillas, representan casi el 30 % en peso de la nuez, siendo mayor obviamente a menor tamaño; además, la almendra es relativamente más liviana con respecto a la cáscara, cuyo rendimiento está alrededor del 70 % con respecto al peso de las nueces o semillas limpias de Sampananki, que será el material disponible para la extracción del aceite.

#### **4.4 PROCESAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA DE SAMPANANKI**

Luego de los resultados de evaluación y caracterización de los frutos y nueces de Sampananki, se hace necesario establecer las operaciones unitarias del procesamiento y habilitación de la materia prima de Sampananki; considerando que éstos podrían recepcionarse o llegar inclusive como frutos o bayas frescas, para liberar la almendra contenida en las nueces o semillas, a fin de proceder con la operación de extracción del aceite.

##### **4.4.1 Descripción de operaciones**

A continuación, se describen las principales operaciones, necesarias para el procesamiento de la materia prima fresca de frutos de Sampananki.

##### **1. Recepción del fruto**

Se considera importante establecer un sistema de post cosecha y transporte de los frutos verdes o frescos del Sampananki, que estaría vinculado directamente con las personas de las comunidades nativas; que consideren criterios de nivel de madurez, tamaño uniforme y calidad de los frutos, con acopio y transporte en condiciones apropiadas hacia el centro de procesamiento; para garantizar una recepción uniforme de materia prima fresca o verde.

La recepción implica el control de uniformidad de tamaño, calidad de los frutos o bayas y el registro de peso.

##### **2. Secado del fruto**

El fruto verde y pesado es secado a temperatura ambiente, que puede ser a sol o en sombra, para que alcance la madurez necesaria y tenga un mejor rendimiento y calidad en su contenido oleaginoso. Esto se realiza sobre una superficie cubierta de lona o papel secante en escala menor.

Posteriormente se puede complementar con una deshidratación en estufa a unos 40°C, hasta alcanzar un peso relativamente constante del fruto.

Algunas condiciones evaluadas y recomendadas son:

- Secado ambiental, entre unos 18 °C a 25 °C.
- El secado en sombra podría durar hasta un mes.
- El fruto o baya fresco presenta alrededor de unos 66,1 % de humedad.
- El fruto seco presenta una ligera rugosidad superficial, con un cambio de coloración y reducción de tamaño.

### **3. Pelado de la cáscara externa del fruto**

Luego del secado del fruto o baya, se procede a la apertura y retiro de la cáscara externa, se pela utilizando un cuchillo de manera longitudinal, cuidando de no dañar las nueces que se encuentran al interior, las cuales se deben liberar. Muchas veces resulta difícil debido a que la cáscara periférica seca es dura; inclusive, para facilitar, es recomendable pelar y abrir el fruto antes que alcance un secado completo.

Algunas condiciones y resultados percibidos son:

- La cáscara externa del fruto es dura de color marrón intenso.
- Su apariencia es lignocelulósica y algo esponjoso, de espesor variable, que oscila entre unos 5 mm a 12 mm de grosor.
- El interior de la cáscara está recubierto de un manto blanquecino marfil, de aspecto suave y esponjoso, que alberga a las semillas.
- El manto interior seco tiene un espesor variable entre 1 mm a 3 mm, provocando que todas las semillas posean un polvillo blanco en su superficie.
- Por cada fruto maduro y seco se puede extraer alrededor de 3 a 5 nueces o semillas.
- La cáscara externa del fruto seco es alrededor del 22 % en peso del fruto, siendo las nueces o semillas unos 78 % en peso.

### **4. Remoción del polvillo externo de la semilla**

Las nueces liberadas del fruto, presentan una cubierta de polvillo blanquecino, las que deben ser retiradas; con el propósito de que este polvillo no contamine posteriormente las almendras que serán troceadas para ser sometidas al proceso de extracción de aceite.

Para llevar a cabo esta operación, se utiliza un cepillo común, o una franela áspera; ocasionalmente, en el caso de que las semillas estén completamente enteras y con buen estado, también se pueden someter al lavado breve de su superficie seguido por un secado.

Algunos resultados percibidos son:

- El porcentaje de polvillo eliminado, está por los 0,17 % en peso con respecto a la nuez o semilla seca.
- Las nueces limpias, presentan una cáscara marrón, de forma casi esférica, ligeramente ovoide, de unos 3 cm a 4 cm.
- Las nueces, de acuerdo a su tamaño, pueden variar en términos medios entre unos 6 g a 18 g por unidad.
- La nuez limpia presenta una densidad media de 0,70 g/cm<sup>3</sup>.

##### **5. Eliminación de la cáscara de la nuez o semilla**

La cáscara o cascarilla de la nuez o semilla es dura y no es posible romperla con facilidad, sólo las nueces pequeñas podrían ser abiertas previa presión manual, quebrándose en fracciones.

Para las nueces grandes es práctico y recomendable utilizar un alicate tipo tenaza, aplicando la compresión a la nuez de manera diametral y lograr quebrar la cáscara en fracciones grandes sin dañar la almendra. Para aplicaciones a mayor escala se deberá evaluar un sistema de compresión mecánica o de quebrantamiento.

Algunos resultados resaltantes son:

- El porcentaje de cáscaras de nueces está alrededor del 30 % en peso; con un rendimiento de unos 70 % en peso de almendras, con respecto a la nuez limpia.
- La cáscara o cascarilla de la nuez es relativamente dura, requiere un golpe o presión mecánica para quebrantar y retirar la almendra de su interior.
- La cáscara es de color marrón castaño, duro pero quebradizo a la presión, de alrededor de 0,90 mm de espesor.
- La cáscara presenta una humedad media de 8,0 %.

##### **6. Troceado de las almendras**

Luego de obtener las almendras secas del Sampananki, se procede a un troceado mecánico, previa a la molienda, a fin de evitar el apelmazamiento del material en el molino. El troceado puede aplicar la desintegración mecánica de sólidos por mecanismos de corte.

Para el troceado a escala menor se emplea las tijeras comunes, cuchillas o cortaplumas; la operación de troceado de las almendras se realiza a un tamaño de partículas de alrededor de los 5 mm a 6 mm.

Algunos resultados observados en la almendra son:

- Constituyen alrededor del 70 % en peso de la nuez seca y limpia.
- La almendra es de color blanco crema, cubierta con una película fina y suave.
- Su aspecto es liviano, suave y frágil a la presión.
- Es de forma esférica ovoidal similar a la nuez que la contiene, pero al abrirse en dos hemisferios, presenta un centro vacío.
- Al triturarse sobre un papel, se impregna rápidamente el papel con aceite.
- La densidad de la almendra está alrededor de  $0,90 \text{ g/cm}^3$ .
- La almendra seca presenta un valor medio de 3,5 % de humedad.
- La calcinación de almendra a  $590 \text{ }^\circ\text{C}$ , presenta un contenido medio de 2,25 % en peso de cenizas.

## **7. Molienda de almendras**

Una vez troceadas las almendras, es posible proseguir con la reducción mecánica de tamaño a partículas más pequeñas o finas, utilizando un sistema de molienda por compresión o trituración sin que se apelmace, para garantizar una eficiente extracción de su aceite; es preciso señalar que, las almendras son la fuente oleaginosa potencial de las nueces de Sampananki.

A escala menor, la operación de molienda se realiza con un mortero y pilón de porcelana. El tamaño de partícula promedio final, de las almendras molidas, debe ser menor a 1 mm, considerando el aspecto oleaginoso de la matriz sólida de la almendra, que presenta una naturaleza física bastante similar al maní, con una notoria presencia oleaginosa.

La almendra molida, es pasante de malla de 1 mm de abertura y rechazo de 0,5 mm, para los procesos de extracción del aceite.

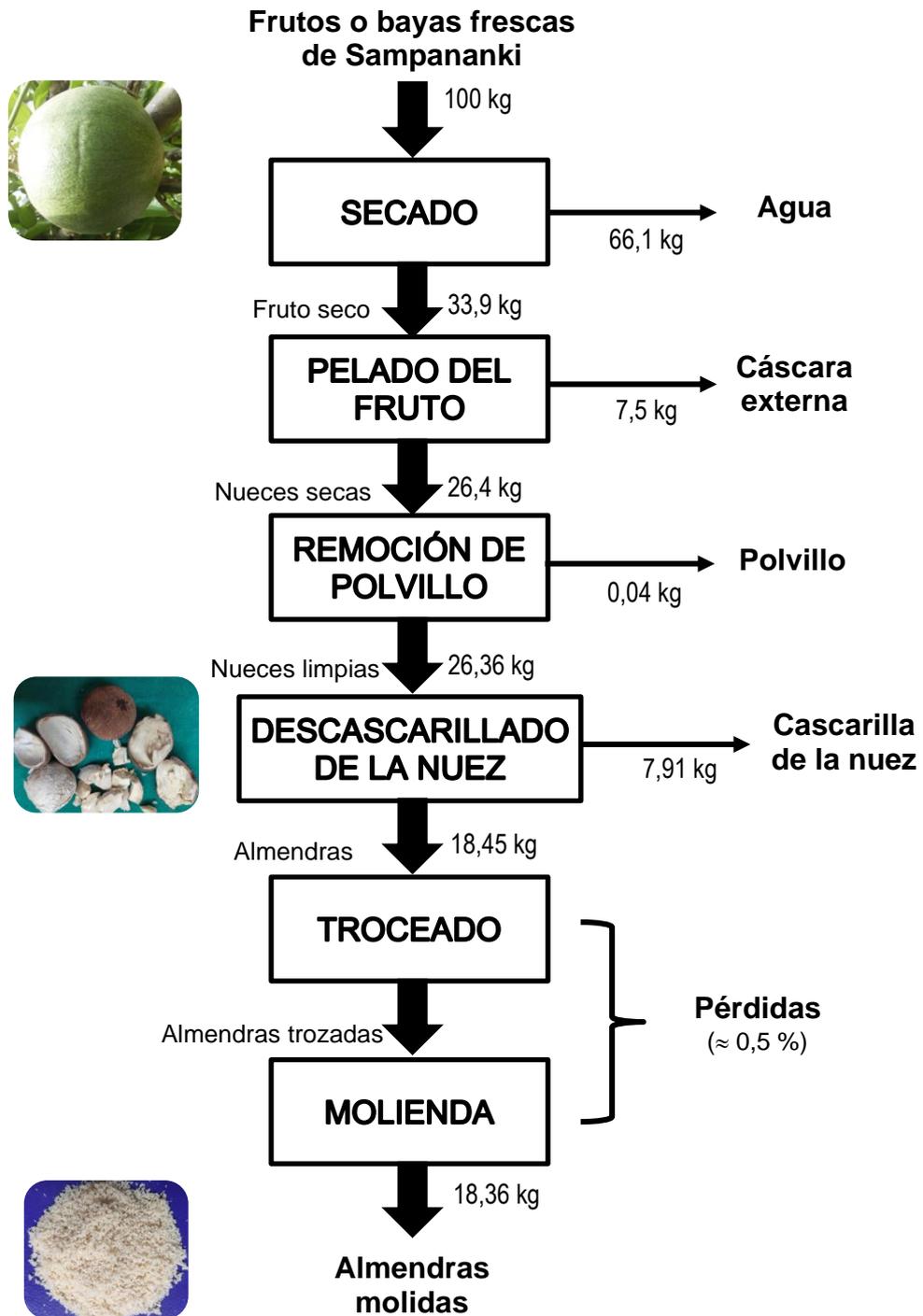
### **4.4.2 Diagrama de proceso de tratamiento de frutos**

En la siguiente figura 18, se presenta el diagrama de bloques cuantitativo, para el proceso de tratamiento de los frutos frescos del Sampananki y la obtención de la almendra, para proseguir posteriormente con la extracción del aceite.

La propuesta del balance de materia, se realiza en base a 100 kg de frutos o bayas frescas de Sampananki, a fin de percibir el rendimiento que se va generando en todo el proceso de obtención de las almendras molidas, que son la fuente oleaginosa para la producción del aceite.

**Figura 18**

Diagrama de bloques del procesamiento de frutos frescos de Sampananki para la producción de almendras molidas.



El rendimiento de nueces secas y limpias es del 26,4 % en peso con respecto al fruto verde o fresco. Las almendras molidas, son el material disponible para la extracción del aceite, y representan un rendimiento del 18,36 % con respecto a los frutos frescos de Sampananki procesado; y del 69,65 % con respecto a las nueces secas y limpias.

## 4.5 EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE SAMPANANKI

A partir de las almendras molidas, se procedió a la extracción del aceite, como parte de la extracción oleaginosa de las nueces de Sampananki, definida en el trabajo de investigación.

El proceso de extracción de aceites, se estableció a nivel de laboratorio, utilizando el sistema de extracción Soxhlet, instalando una batería de seis extractores Soxhlet en simultáneo, evaluando el efecto del tamaño de partícula, tipos de solventes orgánicos y relación de solvente a materia prima para la extracción, influyendo en el rendimiento del aceite crudo extraído.

### 4.5.1 Descripción del proceso de extracción de aceite

Se describe las principales operaciones establecidas para la extracción del aceite a nivel de laboratorio.

#### 1. *Habilitación del equipo de extracción*

El equipo de extracción Soxhlet consta de un equipo calentador eléctrico, que es más recomendable y seguro utilizar que el mechero, debido a la alta inflamabilidad de los solventes empleados; se utiliza un balón esférico de base plana de vidrio pírex, de 250 mL de capacidad, el tubo o cuerpo Soxhlet en la cual se coloca el cartucho conteniendo la muestra de almendra molida a extraer y el tubo condensador, tipo bolas, refrigerado con agua corriente.

Todos los componentes son debidamente limpiados y secos, con uniones esmeriladas lubricadas con glicerina o vaselina sin olor, y sujetadas a un soporte universal mediante pinzas, con las instalaciones de servicios de energía eléctrica y agua corriente para su funcionamiento.

#### 2. *Preparación de los cartuchos de extracción*

Se hace uso de papeles filtro de unos 15 cm x 15 cm, con la cual se elaboraron los cartuchos de forma cilíndrica y tamaño adecuado, de tal manera que puedan caber cómodamente al interior del tubo o cuerpo del Soxhlet.

Estos cartuchos contruidos de papel filtro, se desecan en la estufa por aproximadamente 30 minutos, luego se pesan en balanza analítica de precisión al 0,0001 g y se registra su valor:  $m_1$ .

Seguidamente se cargan con cuidado en los cartuchos las muestras de almendras molidas, se vuelven a pesar el conjunto y registra el valor:  $m_2$ , para posteriormente por diferencia de pesos determinar la cantidad de muestra inicial empleada en la extracción de aceite, que será el valor de materia prima cargada en el extractor:  $m_3 = m_2 - m_1$ . El cartucho se carga al interior el tubo de extracción Soxhlet.

### 3. *Carga del solvente de extracción*

Se elige el solvente de extracción líquido, compatible con el propósito de extracción de aceites; previamente, se pesa el balón vacío de extracción y determina el peso:  $m_4$ , luego se mide un volumen definido de solvente, 100 a 150 mL, y se carga en el balón, se verifica el cierre correcto de todo el sistema de extracción Soxhlet y queda listo el equipo con el cartucho conteniendo las almendras de las nueces de Sampananki.

### 4. *Extracción de aceite*

Una vez cargado e instalado, se da inicio el calentamiento eléctrico de cada unidad de la batería de extractores Soxhlet; asimismo, se da inicio al flujo del agua de refrigeración, en serie para todas las unidades de extracción, tal como se aprecia en la figura 19.

Como es sabido, el solvente se vaporiza y alcanza al refrigerante, condensando y cayendo como líquido hirviendo sobre el cartucho de extracción, humectando a las partículas de almendra, al tiempo que se efectúa la solubilización y transferencia de masa del aceite, desde el ulterior de la matriz sólida de las partículas hacia el solvente, en un proceso difusivo, mientras se va cargando con solvente líquido el volumen del cartucho, para luego descargar como sifoneo el extracto. Durante la extracción, se controla el número de ciclos o "sifoneadas" que da el solvente en cada unidad de la batería de extractores, igualmente el reflujo que presenta cada una de ellos.

**Figura 19**

*Sistema de extracción Soxhlet para aceites de almendra de Sampananki.*



## 5. **Culminación de la extracción**

Se debe verificar que, cada unidad del equipo extractor cumpla con el número de ciclos pre-determinados, para luego proceder a apagar el sistema de calentamiento y culminar la operación de extracción de aceites; se puede apreciar que, las almendras exhaustas de la nuez de Sampananki, al final de la extracción, quedan exentas de aceite al interior del cartucho, lo cual se visualiza fácilmente. A la finalización total de la extracción, se detiene el sistema de refrigeración y se deja enfriar el equipo, para luego descargar el extracto líquido, que es el solvente con aceite contenido en el balón, así como el sólido exhausto residual contenido en los cartuchos de papel filtro.

El cartucho de papel filtro, conteniendo la muestra exenta de aceite, se remueve y retira del Soxhlet, luego se lleva al secado en la estufa, para su posterior pesado en balanza analítica y el registro del peso del cartucho que incluye al sólido residual seco:  $m_5$ .

## 6. **Recuperación del aceite extraído**

Por otra parte, al finalizar la extracción, se retira del balón el extracto líquido o la miscela, que es la mezcla de solvente y aceite, la cual se somete a un proceso de vaporización y destilación, logrando separar el solvente del aceite; para lo cual se utiliza el Rotavapor de laboratorio con sistema de vacío, que se ve en la figura 20.

### **Figura 20**

*Separación y recuperación del aceite de Sampananki en el Rotavapor al vacío de laboratorio.*



El solvente empleado en la extracción se recupera en el rotavapor, dado que destila por tener menor punto de ebullición con respecto al aceite; mientras que, en el balón queda el aceite crudo o no refinado. Una vez enfriado el

balón, conteniendo el extracto aceitoso, se determina el peso del balón conteniendo el aceite recuperado:  $m_6$ .

### **7. Tratamiento del aceite crudo**

Del aceite crudo recuperado, se remueve todo vestigio de solvente, colocándolo en un recipiente de boca ancha y disponiendo en un sistema de tiro cerrado, para facilitar su liberación.

### **8. Rendimiento de la extracción**

La determinación del rendimiento es importante para monitorear la cantidad del aceite crudo obtenido a partir de la materia prima; lo cual se evalúa en la operación de extracción del aceite, que se puede expresar en función al aceite retirado a partir de las almendras, o a la cantidad de aceite recuperado en el balón.

#### **A) En base al cartucho:**

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{aceite retirado de la almendra}}{\text{muestra de almendra extraída}} \times 100 \quad (\text{Ec. 12})$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{(m_2 - m_5)}{(m_2 - m_1)} \times 100 \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde:

$m_1$  = Peso de cartucho vacío (g)

$m_2$  = Peso de cartucho + muestra inicial de almendra (g)

$m_5$  = Peso de cartucho + muestra agotada o residuo seco exhausto (g)

#### **B) En base al balón:**

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{aceite recuperado en el balón}}{\text{muestra de almendra extraída}} \times 100 \quad (\text{Ec. 14})$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{(m_6 - m_4)}{(m_2 - m_1)} \times 100 \quad (\text{Ec. 15})$$

Donde:

$m_4$  = Peso del balón vacío (g)

$m_6$  = Peso del balón + aceite recuperado (g)

### **9. Conservación de los aceites**

Los productos de aceite de Sampananki obtenidos en las extracciones fueron guardados para su posterior análisis en frascos pequeños, oscuros y bien cerrados, en un ambiente fresco. Las muestras de aceite ocuparon todo el

volumen del frasquito, sin dejar espacio a ninguna fracción de contenido de aire, para su mejor conservación y evitar su oxidación.

#### 4.5.2 Factores de la extracción de aceite

En el sistema de extracción de aceites en la batería de extractores Soxhlet, se ha considerado la evaluación de tres factores o variables importantes que influyen en la extracción del aceite, como factores que tienen mayor influencia en el rendimiento de la producción del aceite de nuez de Sampananki, que son:

- 1) Tamaño de partícula de la muestra de almendra molida
- 2) Solvente de extracción
- 3) Relación solvente a muestra triturada

Cabe mencionar que, durante las pruebas de extracción del aceite de la nuez, con fines del estudio de variables, se mantuvieron constantes las demás condiciones de operación; tales como el número de ciclos o “sifoneadas” del solvente extractor, la relación de reflujo del solvente en el condensador, el grado del sistema de calentamiento, el sistema de refrigeración, entre otros.

##### 1. *Tamaño de partícula*

Se procede a clasificar las partículas de almendra molidas, de acuerdo al tamaño, utilizando las mallas Tyler; para lo cual se decide evaluar dos grupos de tamaños, usando las mallas de 2 mm, 1 mm y 0,5 mm; procediendo con la extracción del aceite para cada tamaño de partícula, de acuerdo al proceso descrito en el ítem anterior.

Para la extracción del aceite se utilizó un volumen de 150 mL de n-hexano como solvente; reportándose los resultados expresados en la tabla 12.

**Tabla 12**

*Rendimiento porcentual de aceite extraído en función al tamaño de partícula de la muestra de almendra molida de Sampananki.*

| Tamaño de partícula (mm) | Muestra (g) | Aceite (g)   | Rendimiento (%) |
|--------------------------|-------------|--------------|-----------------|
| > 1 (1 mm a 2 mm)        | 52,63       | <b>34,84</b> | 66,20           |
| < 1 (0,5 mm a 1 mm)      | 52,21       | <b>36,10</b> | 69,14           |

## 2. Solvente de extracción

Existen diversos solventes orgánicos propuestos para la extracción de aceites a partir de semillas oleaginosas; en el presente trabajo de investigación se utilizan cinco solventes orgánicos para la extracción del aceite a partir de las almendras molidas de las nueces de Sampananki; con la finalidad de evaluar el rendimiento en función al tipo de solvente.

El estudio en laboratorio se efectúa bajo condiciones controladas, manteniendo el tamaño de partículas de almendra molida en un tamaño menor a 1 mm (< 1 mm), por presentar un mayor rendimiento en la extracción de aceites; manteniendo la relación solvente a muestra de almendras molidas de Sampananki en la proporción de 3 a 1 en v/p; cuyos resultados se presentan en la tabla 13.

**Tabla 13:**

*Rendimiento porcentual de aceite extraído en función al tipo de solvente orgánico.*

| <b>Solvente</b>  | <b>Muestra<br/>(g)</b> | <b>Aceite<br/>(g)</b> | <b>Rendimiento<br/>(%)</b> |
|------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Éter de petróleo | 54,41                  | <b>37,83</b>          | 69,53                      |
| n-Hexano         | 52,20                  | <b>36,10</b>          | 69,16                      |
| Dietiléter       | 59,73                  | <b>40,22</b>          | 67,34                      |
| Diclorometano    | 55,54                  | <b>37,10</b>          | 66,80                      |
| Etanol absoluto  | 57,42                  | <b>36,48</b>          | 63,53                      |
| <b>PROMEDIO</b>  |                        |                       | <b>67,27</b>               |

No se aprecia una desviación significativa en el rendimiento evaluado en cada solvente con respecto al valor medio del rendimiento porcentual de los solventes orgánicos utilizados en la investigación; por razones técnicas y de disponibilidad de solvente orgánico, se proceden las demás evaluaciones utilizando el n-hexano como solvente de extracción del aceite de almendras de nueces de Sampananki, ligeramente superado por el éter de petróleo.

## 3. Relación de solvente a muestra de almendra triturada

Considerando los criterios de operación indicadas, se procede a evaluar el efecto de la relación de solvente a cantidad de muestra de almendra triturada en el rendimiento de aceite; para lo cual se utiliza tres variaciones de volumen de solvente en la extracción: 100 mL, 150 mL y 200 mL.

El proceso de la extracción de aceite se realiza con un tamaño de partícula de almendras menores a 1 mm (< 1 mm) y empleando como solvente orgánico el n-hexano; con resultados expresados en la tabla 14.

**Tabla 14**

*Relación de solvente n-hexano utilizado con respecto a muestra de almendra molida.*

| Volumen de solvente n-hexano (mL) | Muestra (g) | Aceite (g)   | Rendimiento (%) |
|-----------------------------------|-------------|--------------|-----------------|
| 100                               | 52,20       | <b>34,25</b> | 65,61           |
| 150                               | 52,21       | <b>36,10</b> | 69,14           |
| 200                               | 52,21       | <b>35,78</b> | 68,53           |
| <b>PROMEDIO</b>                   |             |              | <b>67,76</b>    |

#### **4.6 CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE SAMPANANKI**

Con el aceite crudo obtenido a partir de las almendras de nueces de Sampananki, se prosigue con los propósitos del trabajo de investigación, la evaluación y determinación de las principales características del aceite de Sampananki.

##### **4.6.1 Aspectos y propiedades organolépticas del aceite**

Previamente se realiza la preparación y adecuación del aceite de almendra de Sampananki obtenida, seguido por las evaluaciones organolépticas principales.

###### **1. Preparación de la muestra de aceite**

La muestra de aceite extraído a partir de la nuez de Sampananki es fluida y limpia, no debe presentar materiales particulados ni arrastre de finos, con una buena filtración en la operación de extracción de aceite; si aún presenta turbidez o materia particulada sedimentada o depositada, es recomendable una filtración en caliente.

Para todas las evaluaciones, antes de realizar la toma de muestra, se agita vigorosamente la muestra de aceite, para una homogenización de la muestra, especialmente para la determinación de impurezas, agua y materias volátiles e insaponificables.

Para la evaluación de los métodos analíticos, la muestra se coloca en una estufa a 50 °C; luego se retira y agita energicamente. Se deja decantar, luego

se filtra con papel de filtro en estufa manteniendo a la temperatura de 50°C. El filtrado debe ser limpio.

## **2. Propiedades Organolépticas**

Siguiendo los criterios indicados en la revisión bibliográfica se observa y reporta las siguientes características organolépticas en el aceite de Sampananki:

### **A) Color**

La determinación del color se realiza por observación y comparación con colores de aceites vegetales naturales extraídas de otras semillas oleaginosas; la muestra de aceite de nuez de Sampananki presenta:

- Color amarillento dorada
- Tonalidad baja o suave
- Color típico de aceites obtenidas de semillas oleaginosas

### **B) Olor**

La determinación del olor se efectúa por comparación con olores de otros aceites vegetales naturales de otras semillas oleaginosas; reportándose que la muestra presenta:

- Olor característico al de los aceites vegetales
- Ligero aroma peculiar, típico del Sampananki

### **C) Sabor**

Dado los antecedentes del uso y consumo humano del aceite de Sampananki en las comunidades nativas, se puede determinar su sabor sin riesgo alguno, e igualmente se puede comparar con el de otros aceites vegetales de referencia, percibiéndose que:

- Sabor similar al de otros aceites de semillas oleaginosas

### **D) Aspecto**

El aspecto del aceite está referido fundamentalmente a la consistencia, transparencia, claridad o turbiedad, brillo, fluorescencia, fluidez, pesadez, entre otras características físicas que pueda presentar el aceite vegetal en estudio; en la muestra se observa que:

- Presenta consistencia, fluidez, brillo, translucidez típica de los aceites vegetales comunes.

### **E) Otras propiedades**

Comprende aquellas otras propiedades de naturaleza organoléptica no mencionadas, que se puedan apreciar a simple vista y que lo puedan caracterizar, diferenciar o asemejar a otros aceites similares, reportándose en la muestra que:

- En el transcurso del tiempo de almacenamiento del aceite, con reposo prolongado, se van depositando pequeños sedimentos grasos como estearinas, de color crema claro.

#### **4.6.2 Determinación de propiedades físicas del aceite**

Se procede con la evaluación de las principales propiedades físicas del aceite de nueces de Sampananki, cuyos procedimientos se describen brevemente, seguidos por los resultados.

##### **1. Densidad**

La determinación de la densidad, para las muestras del aceite del Sampananki y la del agua que sirve como sustancia de referencia, se determinan con un termostato a diferentes temperaturas preestablecidas, para estudiar la variación de esta frente a la temperatura. Los resultados de evaluación de la densidad en función a la temperatura para los aceites extraídos con los diversos solventes se expresan en las siguientes tablas 15 al 19.

**Tabla 15**

*Densidad del aceite de Sampananki extraído con n-hexano en función a la temperatura.*

| <b>Temperatura<br/>(°C)</b> | <b>Densidad del aceite<br/>(g/mL)</b> |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| 18,0                        | 0,91098                               |
| 23,0                        | 0,90902                               |
| 28,0                        | 0,90880                               |
| 33,0                        | 0,90751                               |
| 38,0                        | 0,90660                               |

**Tabla 16**

*Densidad del aceite de Sampananki extraído con dietiléter en función a la temperatura.*

| Temperatura<br>(°C) | Densidad del aceite<br>(g/mL) |
|---------------------|-------------------------------|
| 18,0                | 0,91693                       |
| 23,0                | 0,91547                       |
| 28,0                | 0,91292                       |
| 33,0                | 0,91215                       |
| 38,0                | 0,91067                       |

**Tabla 17**

*Densidad del aceite de Sampananki extraído con diclorometano en función a la temperatura.*

| Temperatura<br>(°C) | Densidad del aceite<br>(g/mL) |
|---------------------|-------------------------------|
| 18,0                | 0,93047                       |
| 23,0                | 0,92963                       |
| 28,0                | 0,92686                       |
| 33,0                | 0,92443                       |
| 38,0                | 0,92214                       |

**Tabla 18**

*Densidad del aceite de Sampananki extraído con etanol absoluto en función a la temperatura.*

| Temperatura<br>(°C) | Densidad del aceite<br>(g/mL) |
|---------------------|-------------------------------|
| 18,0                | 0,91806                       |
| 23,0                | 0,91690                       |
| 28,0                | 0,91363                       |
| 33,0                | 0,91238                       |
| 38,0                | 0,91161                       |

**Tabla 19**

*Densidad del aceite de Sampananki extraído con éter de petróleo en función a la temperatura.*

| Temperatura<br>(°C) | Densidad del aceite<br>(g/mL) |
|---------------------|-------------------------------|
| 18,0                | 0,90929                       |
| 23,0                | 0,90859                       |
| 28,0                | 0,90642                       |
| 33,0                | 0,90378                       |
| 38,0                | 0,90086                       |

## **2. Viscosidad**

Se efectúa la instalación del viscosímetro de Ostwald, conforme el procedimiento señalado, para la determinación de viscosidad en las diversas muestras de aceite extraídos con los diversos solventes orgánicos a diversas temperaturas establecidas en el termostato, incluyendo la evaluación en el agua destilada como referencia. Los resultados de la variación de la viscosidad relativa del aceite de Sampananki, extraídos con los diversos solventes orgánicos, en función a la temperatura se presentan en las siguientes tablas 20 al 24.

**Tabla 20**

*Viscosidad relativa del aceite de Sampananki extraído con n-hexano en función a la temperatura.*

| Temperatura<br>(°C) | Viscosidad relativa |
|---------------------|---------------------|
| 18,0                | 43,1581             |
| 23,0                | 38,6223             |
| 28,0                | 34,9682             |
| 33,0                | 30,6795             |
| 38,0                | 29,4286             |

**Tabla 21**

*Viscosidad relativa del aceite de Sampananki extraído con dietiléter en función a la temperatura.*

| Temperatura<br>(°C) | Viscosidad relativa |
|---------------------|---------------------|
| 18,0                | 49,8990             |
| 23,0                | 42,9204             |
| 28,0                | 38,9448             |
| 33,0                | 34,0824             |
| 38,0                | 30,2730             |

**Tabla 22**

*Viscosidad relativa del aceite de Sampananki extraído con diclorometano en función a la temperatura.*

| Temperatura<br>(°C) | Viscosidad relativa |
|---------------------|---------------------|
| 18,0                | 44,7242             |
| 23,0                | 44,3428             |
| 28,0                | 35,7315             |
| 33,0                | 33,1770             |
| 38,0                | 28,5383             |

**Tabla 23**

*Viscosidad relativa del aceite de Sampananki extraído con etanol absoluto en función a la temperatura.*

| Temperatura<br>(°C) | Viscosidad relativa |
|---------------------|---------------------|
| 18,0                | 49,1999             |
| 23,0                | 45,1085             |
| 28,0                | 40,3504             |
| 33,0                | 35,5521             |
| 38,0                | 32,5327             |

**Tabla 24**

*Viscosidad relativa del aceite de Sampananki extraído con éter de petróleo en función a la temperatura.*

| Temperatura<br>(°C) | Viscosidad relativa |
|---------------------|---------------------|
| 18,0                | 42,4918             |
| 23,0                | 39,7717             |
| 28,0                | 35,2657             |
| 33,0                | 33,4352             |
| 38,0                | 29,7353             |

### **3. Índice de refracción**

Las mediciones del índice de refracción, se efectúa siguiendo el procedimiento descrito con el refractómetro termostatzado, aplicando las muestras de aceite extraído con los diferentes solventes orgánicos sobre el prisma del refractómetro y se evalúan a diferentes temperaturas predeterminadas, siempre con la ayuda del termostato; cuyos resultados se expresan en las siguientes tablas 25 al 29.

**Tabla 25**

*Índice de refracción del aceite de Sampananki extraído con n-hexano en función a la temperatura.*

| Temperatura<br>(°C) | Índice de refracción<br>(n) |
|---------------------|-----------------------------|
| 20,0                | 1,4732                      |
| 25,0                | 1,4720                      |
| 30,0                | 1,4700                      |
| 35,0                | 1,4682                      |
| 40,0                | 1,4666                      |
| 45,0                | 1,4646                      |
| 50,0                | 1,4630                      |

**Tabla 26**

*Índice de refracción del aceite de Sampananki extraído con dietiléter en función a la temperatura.*

| Temperatura<br>(°C) | Índice de refracción<br>(n) |
|---------------------|-----------------------------|
| 20,0                | 1,4730                      |
| 25,0                | 1,4712                      |
| 30,0                | 1,4700                      |
| 35,0                | 1,4674                      |
| 40,0                | 1,4655                      |
| 45,0                | 1,4638                      |
| 50,0                | 1,4620                      |

**Tabla 27**

*Índice de refracción del aceite de Sampananki extraído con diclorometano en función a la temperatura.*

| Temperatura<br>(°C) | Índice de refracción<br>(n) |
|---------------------|-----------------------------|
| 20,0                | 1,4723                      |
| 25,0                | 1,4712                      |
| 30,0                | 1,4693                      |
| 35,0                | 1,4674                      |
| 40,0                | 1,4657                      |
| 45,0                | 1,4637                      |
| 50,0                | 1,4617                      |

**Tabla 28**

*Índice de refracción del aceite de Sampananki extraído con etanol absoluto en función a la temperatura.*

| Temperatura<br>(°C) | Índice de refracción<br>(n) |
|---------------------|-----------------------------|
| 20,0                | 1,4736                      |
| 25,0                | 1,4715                      |
| 30,0                | 1,4695                      |
| 35,0                | 1,4685                      |
| 40,0                | 1,4663                      |
| 45,0                | 1,4653                      |
| 50,0                | 1,4633                      |

**Tabla 29**

*Índice de refracción del aceite de Sampananki extraído con éter de petróleo en función a la temperatura.*

| Temperatura<br>(°C) | Índice de refracción<br>(n) |
|---------------------|-----------------------------|
| 20,0                | 1,4720                      |
| 25,0                | 1,4711                      |
| 30,0                | 1,4685                      |
| 35,0                | 1,4670                      |
| 40,0                | 1,4650                      |
| 45,0                | 1,4632                      |
| 50,0                | 1,4612                      |

#### **4. Punto de ebullición**

Evaluado con el método de Siwoloboff modificado, este procedimiento se aplica a las muestras de aceite de Sampananki extraídos con los diversos solventes orgánicos, con evaluación por triplicado, evaluados a las condiciones de la presión barométrica local de Ayacucho, que va por los 548 mmHg; los valores medios finales se reportan en la tabla 30.

**Tabla 30**

*Punto de ebullición del aceite de Sampananki extraído con diversos solventes orgánicos.*

| <b>Solvente</b>  | <b>Temperatura de ebullición del aceite (°C)</b> |
|------------------|--|
| n-Hexano         | 280,0  |
| Dietiléter       | 272,0  |
| Diclorometano    | 285,0  |
| Etanol absoluto  | 278,0  |
| Éter de petróleo | 260,0  |

## **5. pH**

Los resultados de medición del pH evaluado en los aceites extraídos con diversos solventes, se presentan en la tabla 31.

**Tabla 31**

*pH del aceite de Sampananki extraído con diversos solventes orgánicos.*

| <b>Solvente</b>  | <b>pH</b> |
|------------------|-----------|
| n-Hexano         | 6,3       |
| Dietiléter       | 5,5       |
| Diclorometano    | 5,2       |
| Etanol absoluto  | 6,5       |
| Éter de petróleo | 6,4       |

### **4.6.3 Determinación de Índices del aceite**

De acuerdo a los procedimientos de evaluación y caracterización de aceites comestibles en general, se prosigue con la determinación de los índices típicos para aceites como son el índice de acidez, índice de saponificación, índice de yodo y el índice de peróxido; cuya descripción breve de procedimientos y resultados se presentan a continuación.

## 1. Índice de Acidez

Aplicando el procedimiento experimental pertinente, se aplica la determinación del índice de acidez a las muestras de aceite extraídos con los diversos solventes orgánicos, cuyos resultados se presentan en la tabla 32.

**Tabla 32**

*Grado de acidez e Índice de acidez del aceite de Sampananki extraído con diversos solventes orgánicos.*

| Solvente         | Grado de acidez | Índice de acidez |
|------------------|-----------------|------------------|
| n-Hexano         | 2,09            | 4,1604           |
| Dietiléter       | 4,16            | 8,2527           |
| Diclorometano    | 4,83            | 9,5992           |
| Etanol absoluto  | 1,87            | 3,7149           |
| Éter de petróleo | 2,07            | 4,1059           |

## 2. Índice de Saponificación

La evaluación del índice de saponificación en las muestras de aceite extraídos con los diversos solventes se realiza por triplicado; los resultados medios se reportan en la tabla 33.

**Tabla 33**

*Índice de saponificación del aceite de Sampananki extraído con diversos solventes orgánicos.*

| Solvente         | Índice de saponificación |
|------------------|--------------------------|
| n-Hexano         | 280,2210                 |
| Dietiléter       | 275,1011                 |
| Diclorometano    | 261,1513                 |
| Etanol absoluto  | 288,3076                 |
| Éter de petróleo | 283,9586                 |

### 3. Índice de Yodo

El procedimiento experimental del índice de yodo se aplica a las muestras de aceite extraídos con los diversos solventes por triplicado; los resultados medios de evaluación se presentan en la tabla 34.

**Tabla 34**

*Índice de yodo del aceite de Sampananki extraído con diversos solventes orgánicos.*

| Solvente         | Índice de yodo |
|------------------|----------------|
| n-Hexano         | 14,1503        |
| Dietiléter       | 13,2287        |
| Diclorometano    | 14,1092        |
| Etanol absoluto  | 14,6638        |
| Éter de petróleo | 15,2922        |

### 4. Índice de Peróxido

Para la determinación experimental del índice de peróxido, se aplica el procedimiento descrito, con la aclaración de que, la disolución rápida de la cantidad de la muestra de aceite utilizado, está definida en función de los índices presumidos, cuyos detalles técnicos se expresan en el Anexo 3. Los resultados de la evaluación en las muestras de aceite de Sampananki extraídos en los diversos solventes orgánicos se presentan en la tabla 35.

**Tabla 35**

*Índice de peróxido del aceite de Sampananki extraído con diversos solventes orgánicos.*

| Solvente         | Índice de peróxido |
|------------------|--------------------|
| n-Hexano         | 7,7197             |
| Dietiléter       | 8,4259             |
| Diclorometano    | 8,9960             |
| Etanol absoluto  | 15,7840            |
| Éter de petróleo | 4,8418             |

#### 4.6.4 Evaluación espectrofotométrica del aceite

Las muestras de aceite extraído a partir de las almendras de la nuez de Sampananki, también se sometieron a las pruebas de análisis espectrofotométrico, utilizando el equipo UV-VIS GENESYS 6 y el NICOLET IS 10 FTIR, del laboratorio de Investigación de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia – UNSCH, en las regiones ultravioleta (UV), visible (VIS) e infrarrojo (IR).

La región UV-VIS proporciona la existencia de cromóforos o el estado de conjugación en la molécula a partir de las absorciones observadas; mientras que, el infrarrojo ofrece la posibilidad de evaluar los enlaces atómicos de la muestra y las posibles moléculas químicas en su estructura.

El procedimiento experimental, para la operación del **Espectrofotómetro UV-VIS Genesys 6**, requiere manejar de acuerdo a su protocolo, que se resumen en conectar a la red eléctrica, encender el estabilizador, luego el espectrofotómetro, habilitar el **Visionlite** y programar la evaluación espectrofotométrica en el rango de barrido y proceder con las lecturas, que generalmente se expresan como Absorbancia en función a la longitud de onda expresado en nm; tal como se reportan en la siguiente figura 21 a y figura 21 b.

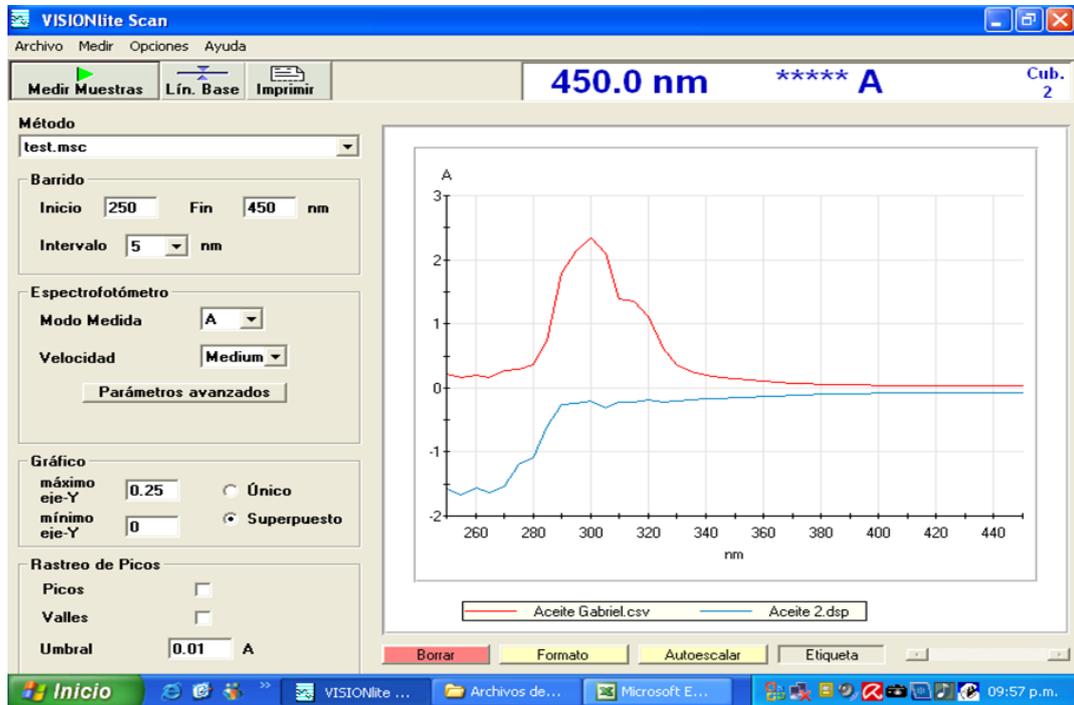
Por otra parte, la operación del **Espectrofotómetro Nicolet IS 10 FTIR**, que incorpora la transformada de Fourier para mejorar la calidad de los espectros y generación de datos de evaluación, también requiere proceder con el protocolo de encendido y operación, para la evaluación de la muestra; reportándose los espectros tanto en salida de Absorbancia y de % Transmitancia en función del número de ondas ( $\text{cm}^{-1}$ ); tal como se reportan los espectros IR en la siguiente figura 22 a y figura 22 b.

Con el propósito de disponer con resultados de análisis paralelos, así como resultados de evaluación especial de las muestras de aceite, se ha recurrido a los servicios de los Laboratorios **Certifical Certificaciones y Calidad S.A.C.** – Pueblo Libre y **SGS del Perú S.A.C.** – Callao, que se encuentran en los Anexos 4 y 5, que están vinculados con los análisis realizados a las muestras de aceite de Sampananki en los rubros de:

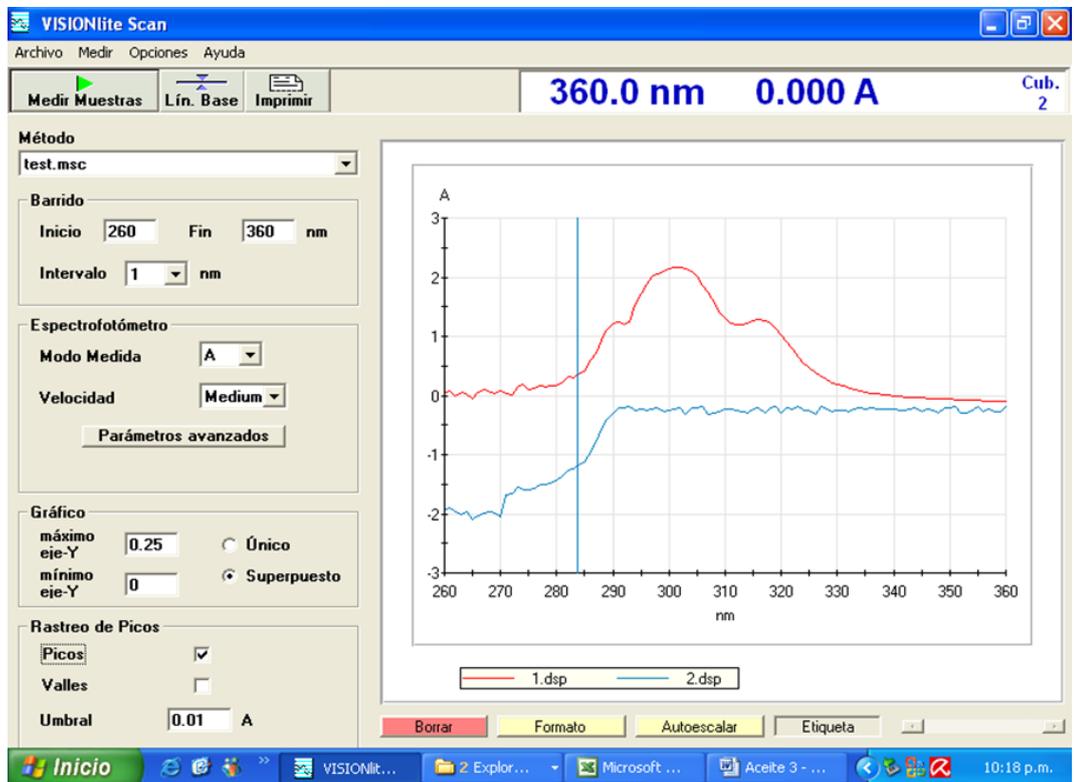
- Ensayo físico químico
- Ensayo de ácidos grasos

**Figura 21**

*Espectro de absorción UV-VIS del aceite de Sampananki (Modo Absorbancia 250 a 450 nm).*



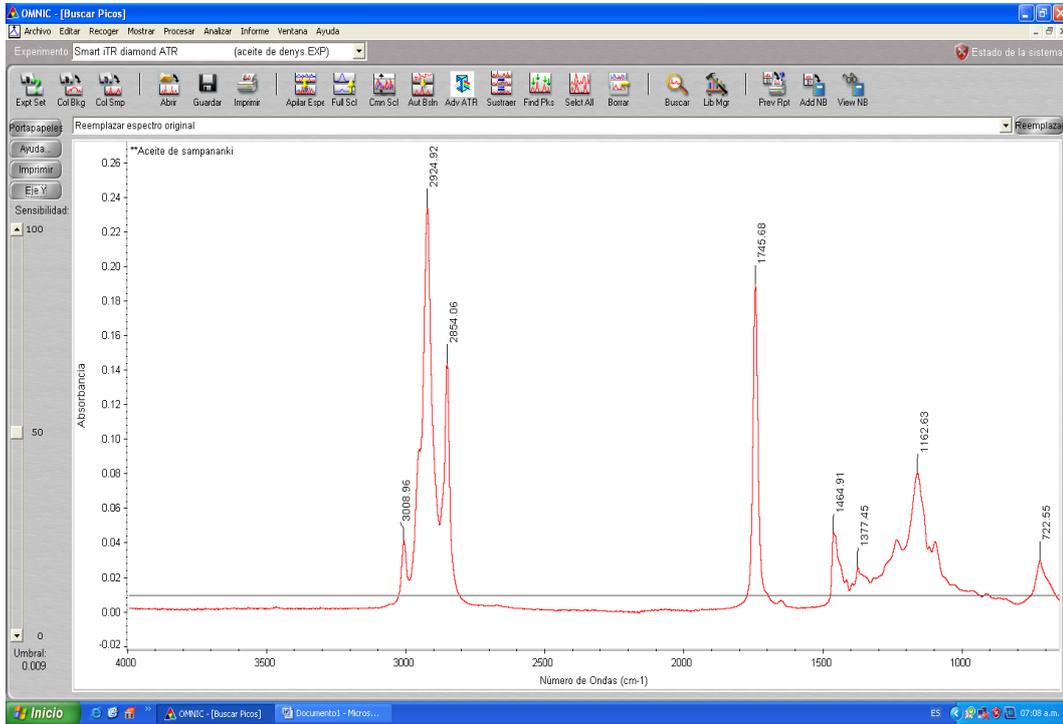
(a)



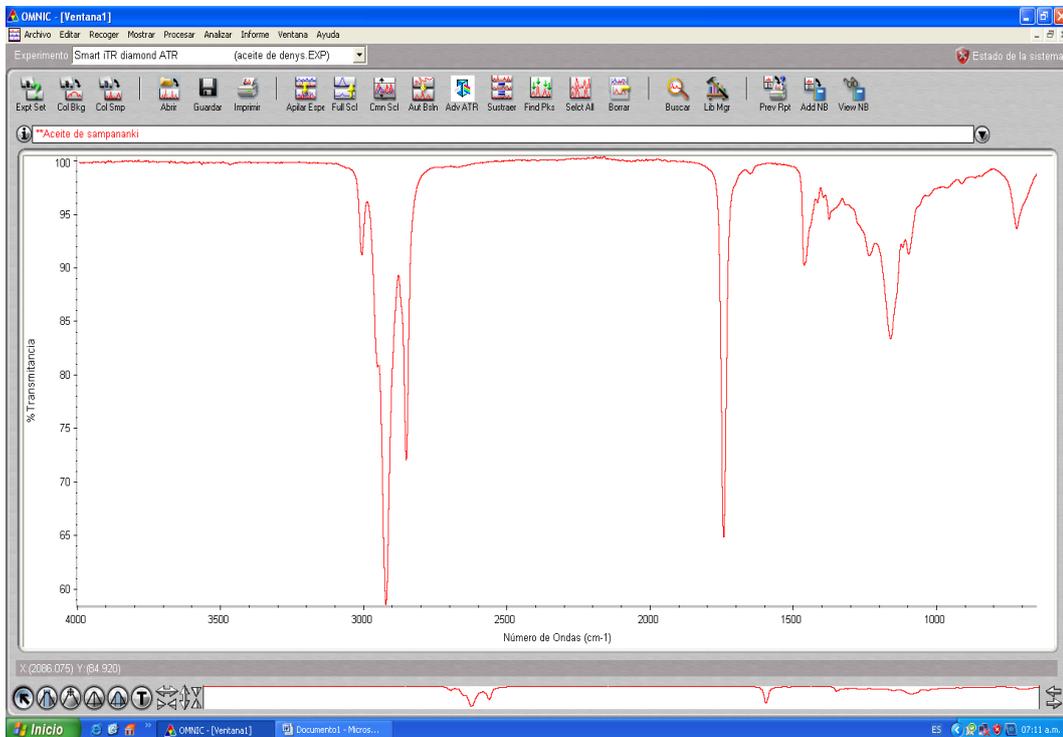
(b)

**Figura 22**

*Espectro de absorción IR del aceite de Sampananki (Modo (a) Absorbancia y (b) % Transmitancia, 4000 a 1000  $\text{cm}^{-1}$ ).*



(a)



(b)

Los diferentes resultados de la investigación presentadas, se analizan y discuten en el siguiente capítulo.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Con los resultados obtenidos en la investigación, se efectúan los análisis y discusiones, contrastados con la información reportada en la revisión bibliográfica y en concordancia a los objetivos formulados en el presente trabajo de investigación.

#### **5.1 EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS NUECES DE SAMPANANKI**

De la observación y evaluación de las plantaciones de Sampananki en la comunidad de Otari, la cosecha y sus tratamientos previos, considerando que la materia prima para la extracción del aceite son las semillas o nueces que contienen la almendra, se presentan el análisis y discusión de resultados en las diversas etapas de la caracterización de las nueces de Sampananki.

##### **5.1.1 Componentes de la planta de Sampananki**

De acuerdo a la observación directa de las plantaciones de Sampananki, como se aprecian en las figuras 15 y 16, así como las evidencias fotográficas del Anexo 1, desarrolladas en la comunidad de Otari del distrito de Pichari en el VRAEM, sumadas con la cosecha y el tratamiento de los frutos del Sampananki, como fuente de gran potencial oleaginosa, se presenta la descripción resumida en la tabla 36.

**Tabla 36**

*Descripción resumida de la planta y nuez de Sampananki, como materia prima para la extracción del aceite.*

| Componentes del Sampananki | Descripción básica   | Fotografía  |
|----------------------------|--|---|
| Planta                     | Son tipo lianas, que crecen como enredaderas sobre algunos árboles, de hojas verdes lanceoladas.   |    |
| Fruto o baya               | De forma casi esférica, de unos 6 a 8 cm de diámetro, de casi ¼ kg de peso por unidad, de color verde, con cáscara gruesa, en cuyo interior alberga unas 3 a 5 semillas, en seco es de color marrón, reduciendo su peso a unos 90 g. |    |
| Nuez o semilla             | Redondeadas de uno 3 a 4 cm, con 6 a 18 g por cada nuez, retiradas del fruto presentan un polvillo blanco externo, al limpiar queda con una cáscara de color marrón; la cáscara es relativamente dura, de casi 1 mm de grosor.       |   |
| Almendra                   | Al eliminar la cáscara de la nuez, se libera la almendra, de color crema, liviano y relativamente frágil para ser troceado, con alto contenido oleaginoso como fuente de aceite.   |  |

Cabe señalar que, la nuez o semilla es la que alberga a la almendra, que es el material oleaginoso, para la extracción del aceite.

### 5.1.2 Evaluación taxonómica del Sampananki

El principal aporte del presente trabajo de investigación es la definición de la evaluación taxonómica, descrito en el ítem 4.2.1, que fue establecido con el Departamento de Etnobotánica y Botánica Económica de la UNMSM, que se resume como:

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Género</b>       | <i>Plukenetia</i> L.                    |
| <b>Especie</b>      | <i>Plukenetia polyadenia</i> Müll. Arg. |
| <b>Nombre común</b> | Sampananki                              |

Cabe mencionar que, a la fecha, no se registra aún en los trabajos de investigación sobre caracterización oleaginosa de especies Amazónicas la denominación explícita de **Sampananki**, a excepción de las publicaciones de Mario Vega (2001), en la cual describe brevemente la planta oleaginosa con el nombre de Sampananki; sin embargo, conjuntamente con el sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y otras semillas del mismo género, que también es una semilla oleaginosa de procedencia Amazónica peruana y brasileña, se presentan estudios de caracterización del género *Plukenetia* L., haciendo referencia a las siguientes descripciones:

- *Plukenetia polyadenia* Müll. Arg., 'Compadre-de-azeite' (Kodahl, 2022)
- *Plukenetia polyadenia* Mull. Arg., considerando como sinónimos *Elaeophora polyadenia* (Mull. Arg.) Duke, *Elaeophora abutaefolia* Ducke y *Plukenetia abutaefolia* (Ducke) (Euphorbiaceae) (Mota, 2015)
- *Plukenetia polyadenia* Müll. Arg., (Rodríguez, 2010)

### 5.1.3 Caracterización física

Considerando las diversas evaluaciones preliminares y los resultados experimentales expresados entre la tabla 7 hasta la tabla 11 del capítulo anterior, vinculados a los diversos componentes del Sampananki resumidos en la tabla 36, se presentan las siguientes consolidaciones y detalles de resultados:

#### 1) Fruto o baya

- El fruto verde pesa alrededor de ¼ de kg por cada unidad
- Su forma es esférica, de uno 7 a 8 cm de diámetro
- El fruto es sometido a secado, para su aprovechamiento.
- El secado de fruto contrae en unos 22 % su diámetro inicial, y por ende su volumen.
- El fruto o baya fresco o verde, pierde unos 66 % en peso de su humedad.
- La cáscara externa del fruto seco, es de color marrón, de textura esponjosa, de unos 5 a 12 mm de grosor.
- Al quebrar la cáscara externa se percibe una capa interna de color blanco marfil, suave y esponjoso, que alberga las semillas o nueces, con un grosor de 1 mm a 3 mm.
- De cada fruto seco se puede extraer entre 3 a 5 nueces o semillas.
- Las semillas recién retiradas del fruto seco, están cubiertas de un polvillo fino, vinculado a la capa interna de la cáscara, la cual se retira fácilmente, para dejar limpio a la semilla o nuez.

- Alrededor del 22 % en peso del fruto seco representa la cáscara externa y el 78 % son las semillas o nueces.

## 2) Semilla o nuez

- La semilla o nuez limpia del polvillo externo, presenta una superficie casi lisa, de color marrón intenso.
- El polvillo blanco que se retira de la superficie de la nuez es de 0,17 % en peso.
- Su forma es esférica, de unos 3 cm a 4 cm de diámetro, pero achatado con un espesor de 2 cm a 3 cm.
- Las semillas varían su tamaño y peso, pueden estar entre unos 6 g a 18 g de peso por cada semilla seca.
- Las semillas pequeñas se consideran con un promedio de 8,74 g, las medianas con 11,02 g y las grandes con 13,67 g por cada nuez seca.
- La nuez presenta una densidad media de 0,70 g/cm<sup>3</sup>
- Alrededor del 30 % en peso de la nuez es la cáscara o cascarilla periférica y el 70 % es la almendra interior; con una pequeña variación, de acuerdo al tamaño de la nuez, siendo de mayor rendimiento en almendra para nueces grandes.
- Para retirar la cáscara periférica se requiere aplicar una presión mecánica, por ser duro, el grosor de la cáscara es de 0,9 mm.

## 3) Almendra

- Al eliminarse la cáscara de la nuez, se libera la almendra.
- La almendra recién liberada, presenta una capa periférica muy fina, que parece a un celofán blanquecino.
- Es de color blanco crema, de aspecto liviano, suave y frágil para el troceado.
- Se abre fácilmente en dos hemisferios, presenta un hueco o vacío en su interior.
- Al trocearse sobre un papel, se percibe rápidamente el aspecto aceitoso que imprime sobre el papel.
- La densidad de la almendra es de 0,90 g/cm<sup>3</sup>.
- Su contenido de humedad, medidos a 105 °C, es del 3,5 % en peso.
- El contenido de cenizas, a 590 °C, es de 2,25 % en peso.
- Su troceado es relativamente fácil, seguido por una molienda, que en contextura se parece a la molienda del maní.

- Para el proceso de extracción de aceites, la almendra es el componente de interés como fuente oleaginosa.
- El peso de almendra seca representa el 18,36 % en rendimiento con respecto a los frutos frescos o verdes de Sampananki; el 24,16 % en rendimiento con respecto a los frutos secos de Sampananki, o el 69,65 % en rendimiento con respecto a las semillas o nueces secas y limpias.

Para fines de procesamiento, es más probable que se disponga potencialmente, en un supuesto mercado, las semillas o nueces secas y limpias de Sampananki, de manera análoga a la actual comercialización de las semillas del Sacha Inchi, que es una semilla oleaginosa del mismo género, pero que son mucho más pequeñas que el del Sampananki, tal como se percibe en la Figura 5.

## **5.2 EXTRACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE ACEITE**

Para la extracción del aceite se ha utilizado las almendras molidas, sometidas a extracción por diversos solventes orgánicos, en una batería de extractores Soxhlet, conforme se detalla en el ítem 4.5.1, obteniéndose al final el aceite crudo de Sampananki.

### **5.2.1 Factores de extracción**

Con resultados expresados en el ítem 4.5.2, reportados en las tablas 12 al 14, se presentan las siguientes consolidaciones:

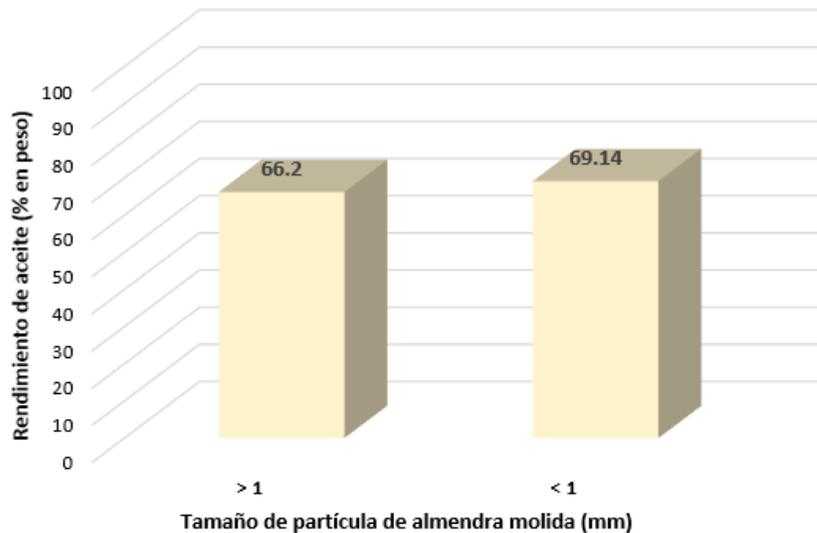
#### **1) Tamaño de partícula**

De acuerdo a los fundamentos teóricos se conoce que, a menor tamaño de partícula se reduce la resistencia a los procesos difusionales del soluto a extraerse con el solvente y se incrementa la superficie de transferencia, bajo ciertas condiciones de extracción o lixiviación (Geankoplis, 1998; McCabe, 2002); se considera apropiado la reducción del tamaño de partículas del sólido, si fuera posible hasta su pulverización.

En el caso de las almendras de Sampananki, luego del troceado se realiza la molienda mecánica, no es posible una pulverización debido al aspecto oleaginoso de la almendra, de naturaleza similar a la molienda de las semillas de maní. El rendimiento de extracción de aceite evaluado en dos tamaños de partículas, presenta mayor rendimiento para el tamaño menor, como se aprecia en la figura 23.

**Figura 23**

*Rendimiento porcentual de aceite extraído evaluado para partículas de almendra > 1 (1 mm a 2 mm) y < 1 (0,5 mm a 1 mm).*



La extracción del aceite con n-hexano para dos tamaños de partículas presenta las siguientes observaciones.

- El tamaño de partícula de almendra comprendido entre 1 mm a 2 mm (> 1), presenta un rendimiento del 66,20 % en peso de producción de aceite; mientras que, para menor tamaño, entre 0,5 mm a 1 mm (< 1) el rendimiento es del 69,14 %.
- La reducción de tamaño de partícula de almendras seca en unos 50 % en promedio, incrementa el rendimiento en la producción del aceite en 4,4 %.
- No resulta muy viable ni pertinente la molienda a nivel de pulverización, dado de que ello, no ocurre en las almendras del Sampananki, debido a su contenido considerable de aceite, provocando conglomeración o apelmazamiento tipo pastoso, que reduce la superficie de transferencia y extracción.
- Se considera apropiado la molienda y manejo de tamaño de partículas de almendra menores a 1 mm.

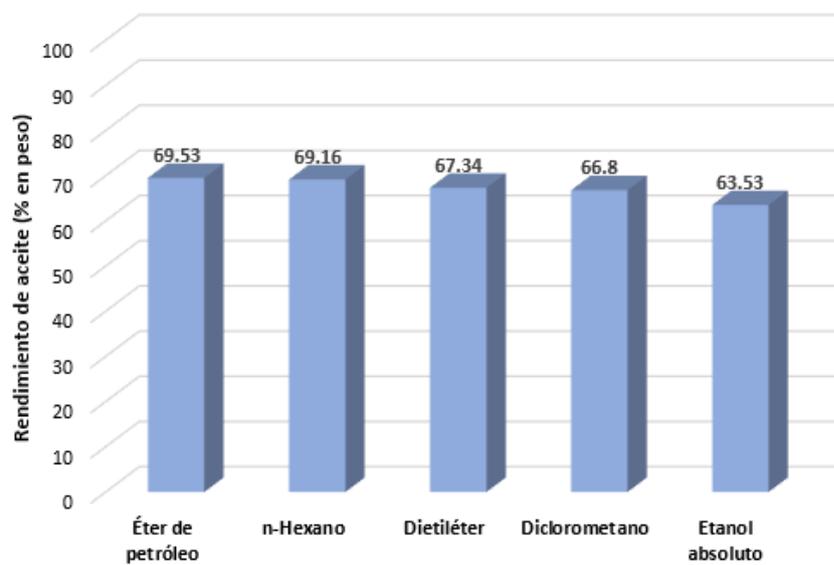
## **2) Solvente de extracción**

La elección del solvente es importante en la calidad final del aceite, debido a diversos criterios que se deben tener en cuenta, como es la capacidad de extracción o solubilidad frente al aceite a extraer, la selectividad, la inflamabilidad, la volatilidad, la recuperabilidad, su nivel de toxicidad, costos, entre otras consideraciones.

Los resultados de la evaluación del rendimiento porcentual de aceite de Sampananki obtenido a partir de las almendras, frente a cinco solventes orgánicos, evaluados para tamaño de partículas menores a 1 mm, con una relación de solvente a sólido de 3 a 1 en volumen a peso, se presenta en la figura 24, seguido por los respectivos análisis de resultados.

**Figura 24**

*Rendimiento porcentual de aceite extraído con diversos solventes orgánicos.*



- No existe una discrepancia significativa en el rendimiento de extracción del aceite evaluado en los cinco solventes orgánicos: éter de petróleo, n-hexano, dietiléter, diclorometano y el etanol absoluto; que presentan un rendimiento medio del 67,27 % de extracción de aceite con respecto a la almendra de Sampananki procesada, con una desviación media de  $\pm 2,4$  % de rendimiento.
- El solvente que presenta mayor rendimiento de extracción de aceite es el éter de petróleo, seguido por el n-hexano; y el solvente de menor rendimiento es el etanol absoluto.
- El n-hexano tiene un rendimiento de extracción del 69,16 % de producción de aceite, con respecto a la almendra de nuez de Sampananki procesado.
- Las pequeñas diferencias de rendimiento de extracción, reportados entre los diversos solventes utilizados, se deben a la diferencia de polaridad de los mismos, que influyen en la capacidad de extracción y fundamentalmente en la selectividad.

- El escaso margen de variación de selectividad de cada solvente utilizado en la extracción del aceite, estaría vinculado con la pequeña variación de los componentes extraídos, como son los ácidos grasos; las cuales se reflejan en las pequeñas variaciones de las siguientes propiedades físicas y químicas analizadas en los aceites obtenidos con cada tipo de solvente, como son la densidad, viscosidad, grado de acidez, etc.

Para fines de aplicación alimentaria, y por la disponibilidad comercial, es más práctico la utilización del n-hexano como solvente orgánico, para la extracción del aceite contenido en las nueces del Sampananki, que presenta un rendimiento del 69,2 % en peso de aceite con respecto a la almendra seca procesada.

### **3) Relación de solvente a muestra sólida**

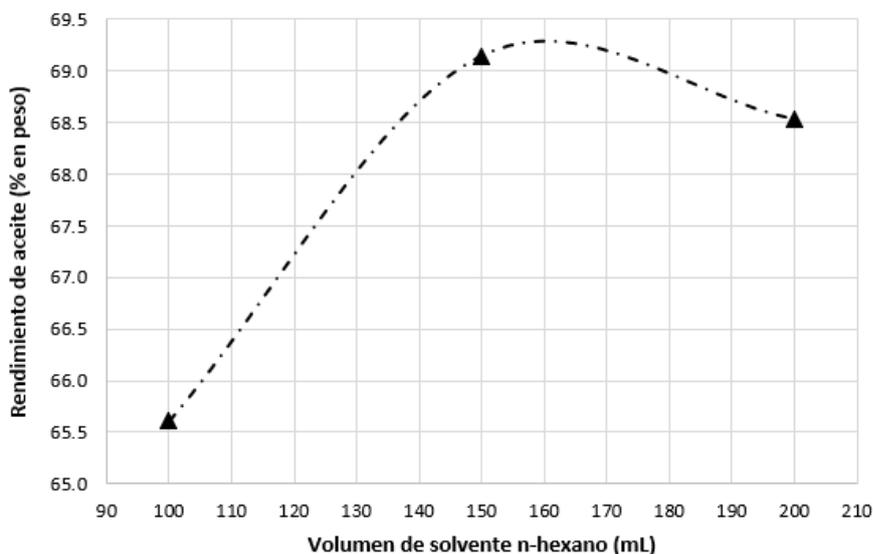
Se conoce que, a mayor cantidad de solvente utilizado por cada unidad de sólidos procesados para la extracción, se obtendrá mayor rendimiento; debido a la mayor disponibilidad material del solvente para solubilizar y extraer, con la desventaja de que el nivel de concentración disminuye debido al aumento del volumen final del extracto líquido.

Considerando los criterios de operación indicadas, se procede a evaluar el efecto de la relación de solvente a cantidad de muestra de almendra triturada en el rendimiento de aceite; para lo cual se utiliza tres variaciones de volumen de solvente en la extracción: 100 mL, 150 mL y 200 mL, que corresponden a relaciones de 2 a 1, 3 a 1, y 4 a 1, de solvente a muestra sólida, expresado en volumen a peso; cuya respuesta se percibe en la figura 25.

Cabe precisar que, debido a la estructura del equipo de extracción Soxhlet usado en la investigación, el incremento del solvente con respecto al sólido cargado en el cuerpo de extracción del equipo, no significa que la muestra esté expuesta en cada ciclo de extracción a una mayor cantidad de solvente, porque el volumen del cuerpo de extracción que contiene al cartucho de extracción es invariable, sifoneando prácticamente la misma cantidad de solvente que estuvo en contacto con el sólido cargado.

**Figura 25**

*Rendimiento porcentual de aceite extraído en función al incremento de volumen de solvente n-hexano.*



De la evaluación se percibe las siguientes observaciones:

- El rendimiento medio de extracción es del 67,76 %  $\pm$  1,9 % al usarse como solvente el n-hexano.
- El mayor rendimiento relativo se percibe con el uso de 150 mL de solvente n-hexano, que corresponde a una relación de solvente a muestra sólida de 3 a 1, expresado en volumen a peso.
- Cabe aclarar que, en el caso del uso del extractor Soxhlet, el incremento de la cantidad de solvente, no implica directamente que exista el incremento del solvente que está en contacto con el sólido, como ocurrirá en un tanque extractor; debido a que el volumen disponible del cuerpo del extractor, donde se ubica el cartucho de extracción de las almendras de Sampananki molido, tiene una capacidad constante; por lo tanto, la proporción real de volumen de solvente por muestra sólida cargada, no variaría en el extractor Soxhlet; estableciéndose el sifoneo y descarga cíclica del solvente en la misma proporción volumétrica.
- Lo que sí debe tenerse en cuenta es la mínima cantidad de solvente que debe utilizarse, que viene a ser, aquel volumen de solvente que permite humectar el sólido como solución retenida por cada unidad de sólido procesado en la extracción; por lo tanto, el volumen del solvente debería utilizarse por encima de dicho valor mínimo.

Con fines técnicos y prácticos, se procede la extracción del aceite de Sampananki utilizando la proporción de 3 a 1 de solvente a sólido.

De la evaluación de extracción del aceite de nueces de Sampananki, es favorable la extracción a partir de las almendras molidas en un tamaño mínimo de unos 0,5 mm a 1 mm, utilizando como solvente de extracción el n-hexano en una proporción de 3 a 1 de volumen de solvente por peso de sólido extraído, que presenta un 69,19 % de rendimiento con respecto a las almendras de Sampananki, o el equivalente del 48,2 % en peso de rendimiento con respecto a las semillas o nueces limpias.

Dado que el sachá Inchi, es una semilla oleaginosa del mismo género que las semillas del Sampananki, considerando además que, existen algunas investigaciones que involucran dichos géneros de *Plukenetia*, por decir, en la investigación de Gutiérrez Luis (2011) se reporta el rendimiento del 41,4 % de aceite con respecto a las semillas, con 24,7 % de proteínas; mientras que, el rendimiento de aceite reportado para el Sampananki en la investigación está por los 48,1 % en peso con respecto a las semillas; que son resultados con buena coherencia, reflejando un mayor contenido de aceite en las nueces de Sampananki.

### **5.2.2 Proceso de extracción del aceite**

Con los resultados analizados y consolidados, se procede a formular el proceso de extracción del aceite a partir de las semillas o nueces limpias de Sampananki, con una descripción breve de las principales operaciones que deben conformar dicho proceso, que permite establecer el diagrama de extracción presentado en la figura 26.

#### **1) Recepción de materia prima**

La materia prima realmente deberán ser las semillas o nueces limpias del Sampananki seco; ya que los frutos verdes o bayas del Sampananki y los procesos de secado, deberán ser las operaciones de postcosecha que deberían manejar las comunidades nativas, como parte de sus actividades sostenibles, para proveer las semillas o nueces secas y limpias; además, dado que las semillas varían entre unos 3 cm a 4 cm de diámetro, no hay mayores probabilidades de que puedan portar polvillo o partículas pequeñas contaminantes.

#### **2) Descascarillado de la nuez**

Las semillas o nueces se someten a una baja presión mecánica, para fracturar la cáscara envolvente, que tiene cerca de 1 mm de espesor, para liberar y clasificar la almendra interior. Las cáscaras están alrededor del 30 % de la semilla, son material lignocelulósico residual en el proceso, que podría derivarse a otros procesos de utilización alternativa. Luego del descascarillado queda la almendra de Sampananki, que es la fuente con potencial oleaginoso, de color blanquecino crema.

### **3) Troceado de almendras**

Las almendras son relativamente frágiles, se pueden trocear con una compresión o golpe mecánico suave, quedando partículas de 3 mm a 5 mm; se percibe una clara liberación aceitosa en las almendras.

### **4) Molienda de almendras**

Luego del troceado se somete a una molienda, siendo práctico el molino de discos, con apertura graduada a tamaño no muy fino, dado que su molienda fina asociado al calor por efecto del molino, podría generar una masa pastosa, que no es recomendable. La molienda se hace hasta un tamaño promedio de 0,5 mm.

### **5) Extracción del aceite**

Se extrae con solvente n-hexano hirviente, en una proporción de 3 a 1 de volumen a peso de almendra procesada. A mayor escala de producción se recomienda una extracción o lixiviación de aceites en múltiples etapas, que podría ser de corriente cruzada, de al menos tres etapas, para mejorar el rendimiento en la producción del aceite; además, debe considerarse la solución retenida, conformada por el solvente en el sólido residual al final de la extracción, para fines de la recuperación del solvente y su capacidad de recirculación al proceso de extracción del aceite.

### **6) Recuperación del aceite**

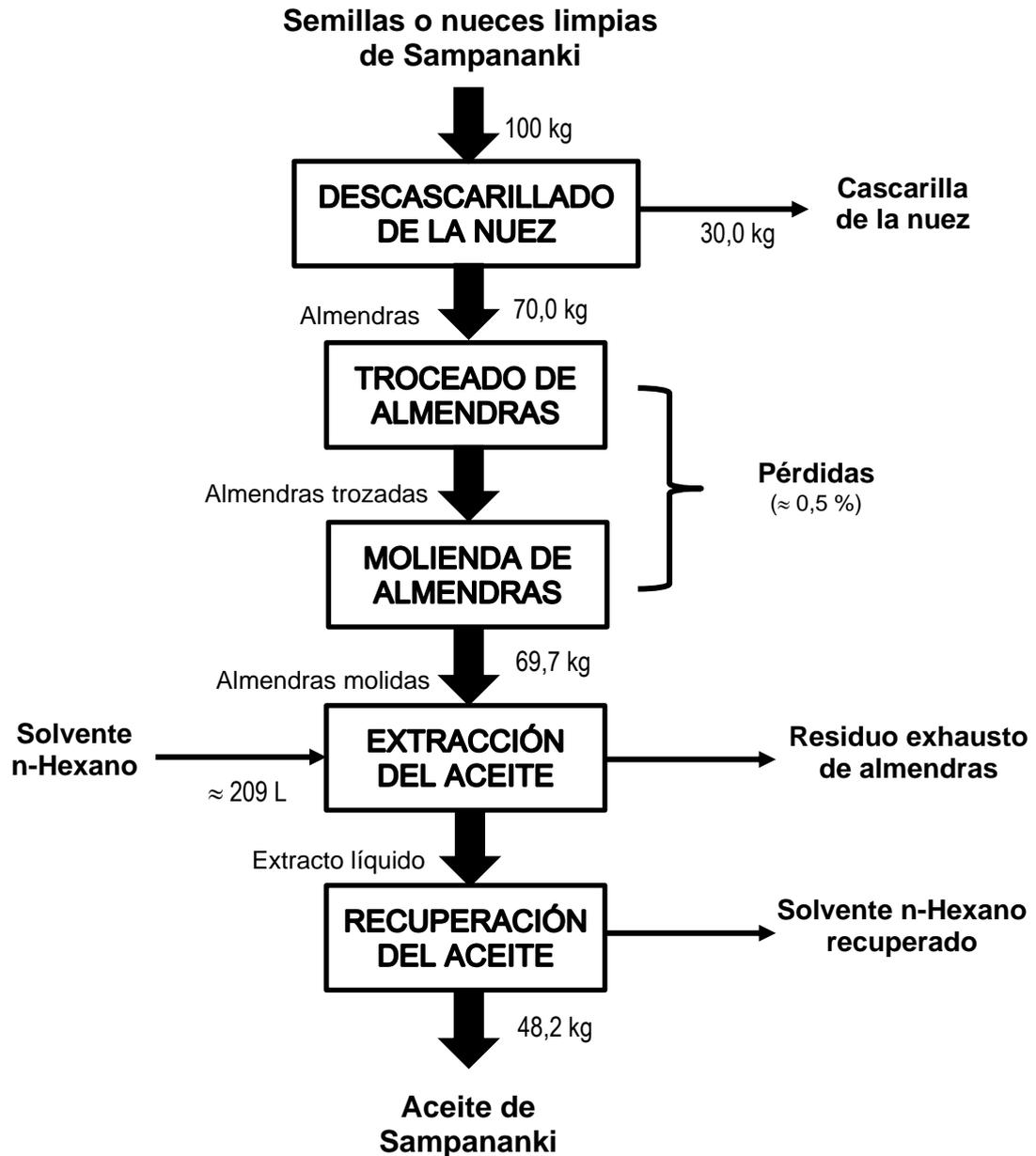
El extracto rico en aceite, producto de la extracción descrita en la operación anterior, se somete a una vaporización al vacío, con la finalidad de separar el solvente y recuperar el aceite puro a partir del extracto líquido conformado por el solvente y el aceite extraído, donde el aceite crudo será el producto final del proceso de extracción de aceite a partir de las semillas de Sampananki, la cual se almacenará apropiadamente.

Cabe señalar que el aceite crudo, en una secuencia de procesos adicionales, seguirán con la refinación; en el presente trabajo de investigación, se desarrollan los trabajos experimentales hasta la obtención del aceite crudo y estabilizado procedente de las nueces de Sampananki.

A continuación, figura 26, se presentan el esquema del proceso de extracción con valores cuantitativos para la producción del aceite de semillas o nueces de Sampananki, sobre la base de 100 kg de semillas o nueces limpias de Sampananki que ingresan al proceso, indicando la secuencia de operaciones unitarias con las respectivas entradas y salidas de materiales.

**Figura 26**

*Propuesta del proceso de extracción del aceite a partir de las semillas o nueces de Sampananki.*



El rendimiento de producción de aceite a partir de la almendra molida es del 69,19 % en peso al utilizarse solvente n-hexano, de acuerdo a los resultados de la tabla 13; y el rendimiento global del proceso planteado es del 48,2 % en peso de aceite, con respecto a las nueces secas y limpias de Sampananki procesado.

### **5.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ACEITE**

El aceite crudo obtenido a partir de las nueces de Sampananki, luego de la preparación previa, seguida por la evaluación de propiedades físico químicas, con resultados expuestos en el ítem 4.6, se analiza y se discute en los siguientes puntos.

#### **5.3.1 Propiedades organolépticas**

El aceite de Sampananki es amarillento dorado, de tonalidad suave, con un olor típico y peculiar, de sabor y aspecto similar a los aceites vegetales de semillas oleaginosas. Estas características organolépticas, le brinda al aceite de Sampananki una cualidad y valor agregado para su industrialización, como fuente oleaginosa, apto para consumo humano.

El potencial del aceite de Sampananki para el consumo humano, así como su inocuidad, está evidenciado por el consumo que realizan ancestralmente las comunidades nativas, sin ningún efecto adverso que se haya reportado en su consumo y salud.

La información de inocuidad ha sido complementada por la investigación de Mota (2015), que reporta el consumo del aceite por los nativos de Brasil y la Amazonía, reportando en su trabajo el efecto antinociceptivo del aceite, vale decir que, en las pruebas de dosis orales del aceite del *Plukenetia polyadenia* Müll. Arg. se concluye que es segura sin ningún proceso de letalidad o cambios adversos en el comportamiento general, resultados observados en los estudios de toxicidad aguda y subcrónica evaluados en ratones.

De acuerdo a los factores de calidad y composición expresados por el CODEX STAN 9-1981 para grasas y aceites comestibles no regulados, del Codex Alimentarius expuesto en la tabla 6, se puede afirmar que el aceite obtenido a partir de nueces de Sampananki, referidos al color, olor y sabor, presentan características típicas a la fuente oleaginosa, exento de olores y sabores extraños o rancios; por lo tanto, se considera apto el aceite de Sampananki.

#### **5.3.2 Propiedades físicas**

Los resultados experimentales sobre las propiedades físicas del aceite de Sampananki, está expuestas en el ítem 4.6.2; las cuales se analizan y discuten a continuación.

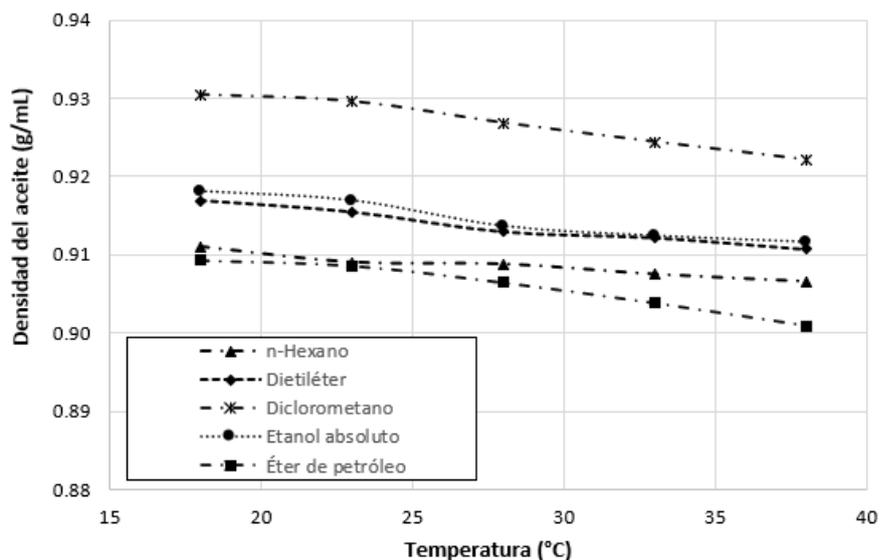
##### **1) Densidad**

La evaluación de la densidad de las muestras de aceite obtenidos con cada tipo de solvente, están reportados entre los 18 °C a 38 °C, entre la tabla 15 al 19, cuya variación se percibe en la figura 27, con una diferenciación aparentemente significativa, debido a la escala ampliada en la densidad, de 0,88 a 0,94 g/mL,

para una mejor visualización diferenciada; porque si la escala de densidad se inicia en cero, casi todos los valores se superponen.

**Figura 27**

*Variación de la densidad del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados, en función a la temperatura.*



Las principales observaciones y análisis de resultados son las siguientes:

- El margen de desviación de la densidad del aceite reportada para cada tipo de solvente utilizado, en cada temperatura evaluada, está alrededor de los  $\pm 0,0081$  g/mL; lo cual implica que, existe una pequeña discrepancia entre los distintos solventes utilizados, probablemente debido a la selectividad y los tipos de aceites grasos extraídos, que componen el aceite obtenido por cada tipo de solvente.
- A la temperatura de 18 °C, se reporta una densidad media de 0,9179 g/mL para los aceites obtenidos con los cinco tipos de solventes, con una desviación estándar de  $\pm 0,0083$  g/mL.
- El aceite obtenido con el solvente diclorometano presenta mayor densidad, seguido por el etanol absoluto que casi emparejan con el dietiléter, seguido por el n-hexano, y con menor densidad el aceite obtenido con el éter de petróleo. Por lo tanto, el aceite obtenido con diclorometano estaría conformado por ácidos grasos relativamente más pesados, a diferencia de los más livianos que son los obtenidos con el n-hexano y el éter de petróleo.
- La densidad del aceite disminuye casi linealmente con la temperatura evaluada, en el rango de 18 °C a 38 °C, para los diversos solventes; reportando la densidad del aceite a 18 °C extraído con n-hexano el valor de 0,91098 g/mL.

- El aceite obtenido con n-hexano, presenta una disminución de la densidad con el incremento de temperatura, de forma lineal, bajo la siguiente expresión, con una regresión buena de  $r^2 = 0,953$ , según la siguiente expresión:

$$\text{Densidad} = 0,91433 - 2,0540 \times 10^{-4} \cdot T \quad (\text{g/mL})$$

T Temperatura (°C)

Rango 18 °C a 38 °C

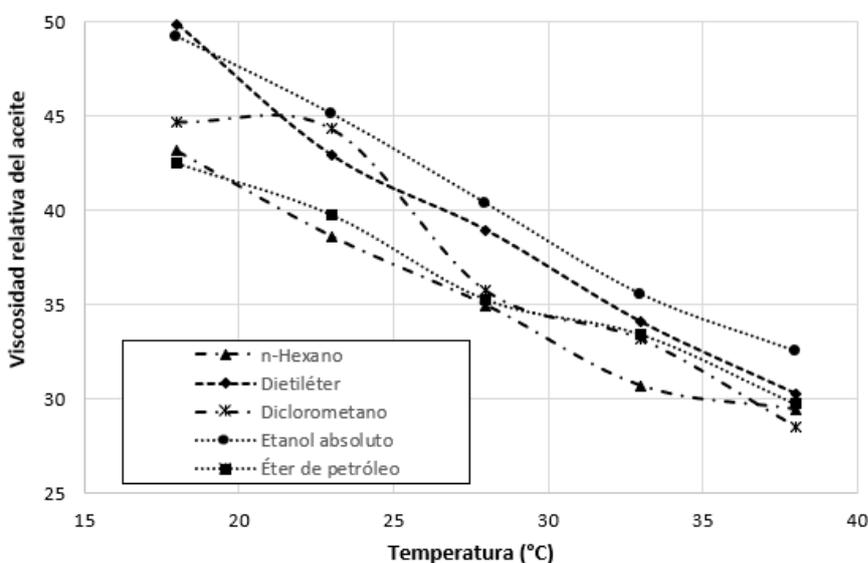
La densidad de aceites vegetales obtenidas a partir de semillas oleaginosas está alrededor de 0,90 a 0,94 g/mL; en los trabajos de Sánchez (2013), se reporta la densidad de tres aceites fijos obtenidos en especies nativas oleaginosas entre 0,91 a 0,93 g/mL; mientras que, Gutiérrez Luis (2011) reporta la densidad del aceite de sacha Inchi en 0,9187 g/mL a 25 °C; bastante cercanos a la densidad del aceite de Sampananki extraída con el n-hexano en la presente investigación, que a 25 °C sería de 0,9092 g/mL.

## 2) Viscosidad

De manera similar a la densidad, se tienen los resultados de la viscosidad relativa obtenida para los diferentes solventes, entre los 18 °C a 38 °C, reportados entre las tablas 20 al 24, cuya variación se presenta en la figura 28, en la cual, para mayor ampliación variacional, se representa la viscosidad relativa del aceite en la región de 25 a 50, teniendo como referencia al agua destilada.

**Figura 28**

*Variación de la viscosidad relativa del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados, en función a la temperatura.*



Se reporta como principales observaciones lo siguiente:

- Los aceites obtenidos con los diferentes solventes evaluados, a la temperatura de 18 °C, presentan una viscosidad media de  $45,9 \pm 3,4$ ; y disminuyen casi linealmente con el aumento de la temperatura, hasta los 38 °C, límite de evaluación.
- La viscosidad del aceite obtenido con el etanol absoluto presenta un valor más alto, seguido por el dietiléter, que casi van con el diclorometano que presenta mayor oscilación; los aceites obtenidos con el éter de petróleo y el n-hexano son los de menor densidad.
- El aceite extraído con n-hexano, a la temperatura de 18 °C, reporta una viscosidad relativa de 43,16.
- La viscosidad del aceite extraído con el n-hexano, disminuye linealmente con el incremento de la temperatura, atenuándose un poco hacia los 38 °C; la regresión lineal en el rango de temperatura evaluada, presenta un  $r^2 = 0,974$ , considerable aceptable, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{Viscosidad relativa} = 55,19 - 0,7080 T$$

T      Temperatura (°C)  
Rango 18 °C a 38 °C

En el trabajo de Gutiérrez Luis (2011) se reporta para el aceite de sachá Inchi una viscosidad de 35,4 mPa.s a 20 °C, que equivale a una viscosidad relativa de 35,4; con valores casi cercanos al aceite de Sampananki que a 20 °C es de 41,03.

### 3) Índice de refracción

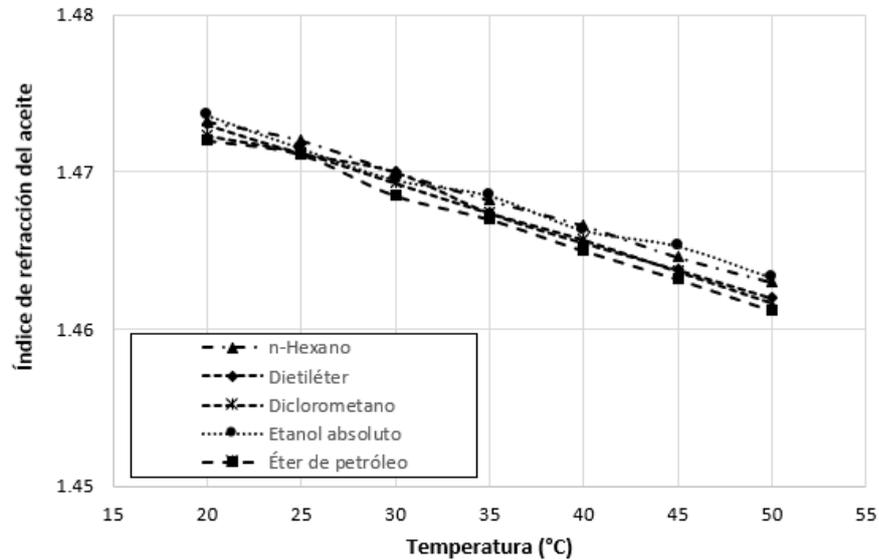
También evaluado con diversos solventes, en el rango de los 20 °C a 50 °C, expuestos entre las tablas 25 al 29, cuya ampliación de baja dispersión se percibe en la figura 29, ampliada para el índice de refracción del aceite en la región de 1,45 al 1,48.

Las principales observaciones que se reportan son:

- La dispersión del índice de refracción, para los aceites extraídos con los diferentes solventes, no presentan una dispersión considerable; se reporta una desviación estándar media de  $\pm 0,0007$ , en las diversas temperaturas evaluadas.
- A la temperatura de 20 °C se reporta un índice de refracción promedio de  $1,4728 \pm 0,0007$ , para los aceites obtenidos con los diversos solventes de extracción.

**Figura 29**

*Variación del índice de refracción del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados, en función a la temperatura.*



- Los aceites obtenidos con el n-hexano y el etanol absoluto presentan un ligero mayor índice de refracción, seguidos por el dietiléter y el diclorometano que casi se superponen, y ligeramente con menor índice de refracción el aceite obtenido con el éter de petróleo.
- El índice de refracción del aceite disminuye casi linealmente con el incremento de la temperatura en todos los casos.
- El índice de refracción del aceite obtenido con el n-hexano, presenta un buen ajuste lineal en el rango de temperatura evaluada, con un  $r^2 = 0,998$ , bastante bueno, bajo la siguiente expresión:

$$\text{Índice de refracción} = 1,48043 - 0,00035 T$$

T Temperatura (°C)

Rango 20 °C a 50 °C

El estudio del aceite procedentes de doce plantas oleaginosas de la Amazonía realizado por Lima (2019) presentan el índice de refracción entre 1,46 a 1,47; igualmente el estudio del aceite de tres especies nativas de Sánchez (2013) presentan índices de refracción comprendidos entre 1,46 a 1,49.

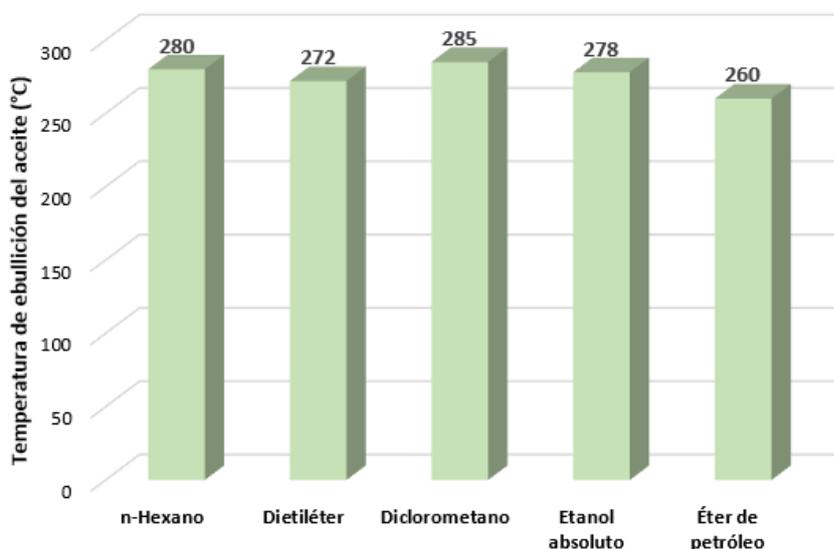
En el trabajo de Gutiérrez Luis (2011) se reporta para el aceite de sacha Inchi un índice de refracción de 1,4791 a 25 °C; que en general son resultados bastante cercanos a los valores reportados en la presente investigación para el índice de refracción del aceite de Sampananki extraído con n-hexano de 1,4717 a 25 °C.

#### 4) Punto de ebullición

La determinación de la temperatura de ebullición de los aceites obtenidos con los diversos solventes, se presenta en la tabla 30, representado para su evaluación en la figura 30

**Figura 30**

*Variación de la temperatura de ebullición del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados.*



Las principales observaciones que se desprenden son:

- El punto o la temperatura de ebullición de los aceites obtenidos con los diversos solventes presentan un valor medio de  $275\text{ °C} \pm 9,6\text{ °C}$ .
- El aceite obtenido con el diclorometano presenta mayor temperatura de ebullición que es de los  $285\text{ °C}$ , y el de menor temperatura con el éter de petróleo que es de  $260\text{ °C}$ .
- La temperatura de ebullición reportado para el aceite extraído con el n-hexano es de  $280\text{ °C}$ .

En el caso de aceites, se hace mayor referencia a la determinación del punto de humeo, como aquella temperatura sobrecalentada en la cual el aceite inicia la emisión de humos, con descomposición y combustión de sus componentes, seguido por su inflamación; indicando que, la temperatura de ebullición está antes del punto de humeo. Se reporta el punto de humeo para el aceite de oliva entre  $160\text{ °C}$  (extra virgen) hasta  $240\text{ °C}$  (refinado); mientras que, para el aceite de sacha Inchi se reporta valor de  $255\text{ °C}$  (Codex Alimentarius, 2021), con alto punto de humeo con respecto a otros aceites comestibles; luego, el punto de ebullición

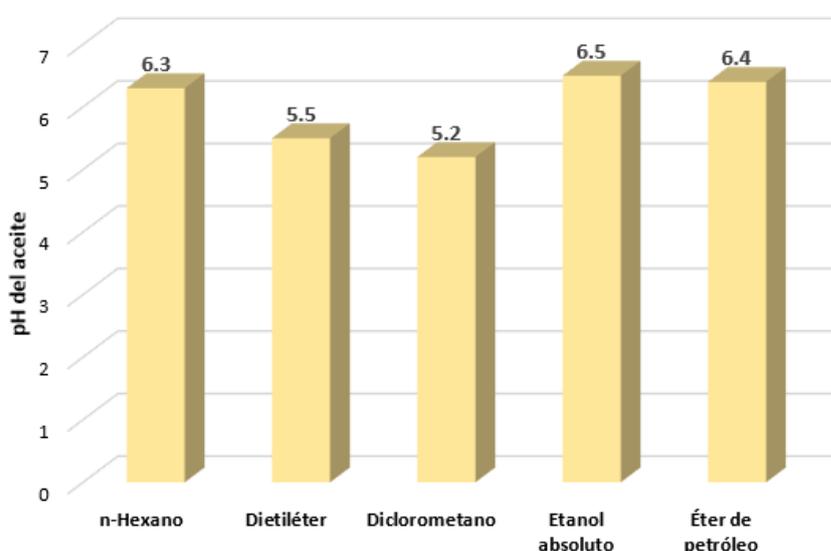
de 260 °C para el aceite de Sampananki, implicaría un valor ligeramente mayor al del sachá Inchi.

## 5) pH

Los valores de pH de los aceites obtenidos con los diferentes solventes, reportados en la tabla 31, se representan en la figura 31, para su análisis y discusión.

**Figura 31**

*Variación del pH del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados.*



Se presentan las siguientes observaciones:

- Los aceites extraídos con los diversos solventes, presentan una ligera acidez, medidos a 20 °C, reportando las muestras un pH medio de  $5,98 \pm 0,59$ ; y para el aceite extraído con n-hexano un pH de 6,3.
- El aceite obtenido con el diclorometano es relativamente más ácido que los demás, con un pH de 5,2; mientras que, el aceite obtenido con el etanol absoluta presenta un pH de 6,5 que es el menos ácido.
- Existe una relación casi directa de los resultados del pH con el índice de acidez analizado en el ítem de propiedades químicas.

En la evaluación de pH del aceite fijo de especies oleaginosas nativas estudiadas por Sánchez (2013), se reportan valores de pH comprendidos entre 4,78 a 7,76; que reflejan el bajo nivel de acidez que presentan los aceites de semillas oleaginosas; que es bastante compatible con los valores de pH reportados en los aceites obtenidos a partir de nueces de Sampananki.

### 5.3.3 Propiedades químicas

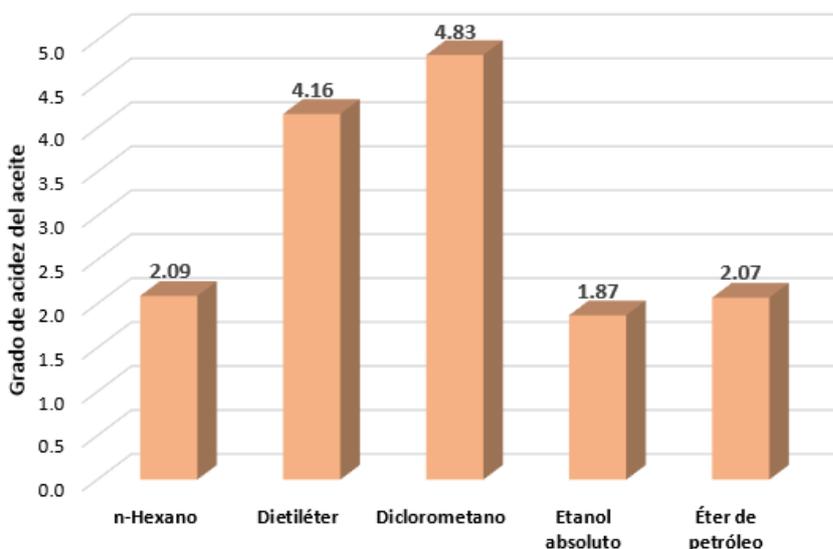
Las evaluaciones experimentales sobre propiedades químicas están expuestas en el ítem 4.6.3, que están vinculados con algunos índices característicos del aceite de Sampananki; las cuales se analizan y discuten en los siguientes puntos.

#### 1) Índice de acidez

En la tabla 32 se reporta los resultados del grado de acidez y del índice de acidez, de los aceites obtenidos con los diversos solventes de extracción, cuya evaluación se presenta en las siguientes figuras 32 y 33.

**Figura 32**

*Variación del grado de acidez del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados.*



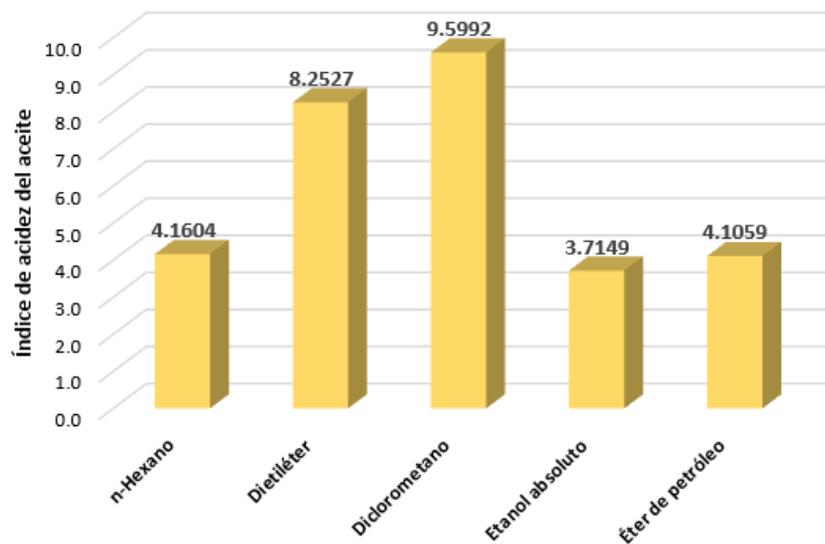
Para el grado de acidez se tienen las siguientes observaciones:

- El grado de acidez, que normalmente se expresa como porcentaje en referencia al ácido oleico que es un ácido graso, cuyo peso molecular es de 282,47 g/mol, evaluado en el aceite obtenido con cada tipo de solvente, presentan ciertas diferencias según el tipo de solvente utilizado.
- El aceite obtenido con el diclorometano presenta un mayor grado de acidez (4,83 %); mientras que el etanol absoluto presenta un aceite con menor grado de acidez (1,87 %).
- El aceite obtenido con el n-hexano presenta un grado de acidez de 2,09 %, referido al ácido oleico; ligeramente mayor que el aceite obtenido con el éter de petróleo.

- Estas diferencias indican la selectividad de extracción que presentan cada solvente al grupo de aceites grasos contenidos en la almendra del Sampananki, vinculados a su naturaleza y polaridad química.

**Figura 33**

*Variación del índice de acidez del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados.*



En los resultados del índice de acidez se tienen las siguientes apreciaciones:

- El índice de acidez expresa los miligramos de hidróxido de potasio requerido para neutralizar cada gramo de muestra de aceite de Sampananki evaluado (mg KOH/g).
- La variación y explicación del índice de acidez, para cada aceite extraído con los diversos solventes, presentan la misma observación reportada en el grado de acidez.
- El índice de acidez del aceite obtenido con el solvente de n-hexano es de 4,1604 mg KOH/g.

Un mayor índice de acidez implica una mayor presencia de ácidos libre en la muestra de aceite, siendo recomendables los aceites de baja acidez, tal es el caso del buen aceite virgen de oliva que debe estar entre los 0,8 % al 2 %; siendo el grado de acidez del aceite de Sampananki extraído con n-hexano del 2,09 %.

En el trabajo de Sánchez (2013) se reportan valores del índice de acidez de aceite de especies nativas del orden de 3,0 a 3,6. El aceite de Sampananki obtenido con n-hexano reporta un índice de acidez de 4,16, relativamente cercano a los valores reportados.

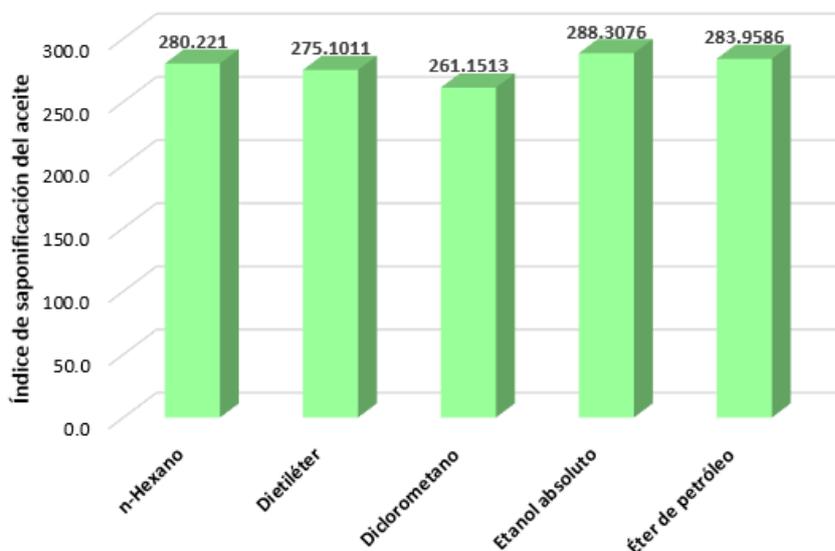
De acuerdo al CODEX STAN 19-1981, del Codex Alimentarius de la tabla 6, se admite un máximo de 4,0 mg de KOH/g de grasa o aceite virgen para el índice de acidez; por lo tanto, el aceite obtenido con el etanol absoluto presenta un índice de acidez menor (3,72 mg KOH/g) y el n-hexano excede un poco (4,16 mg KOH/g).

## 2) Índice de saponificación

Los resultados reportados en la tabla 33, para aceites obtenidos con los diversos solventes, se representan en la figura 34 para su análisis.

**Figura 34**

*Variación del índice de saponificación del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados.*



Se tienen las siguientes observaciones:

- El índice de saponificación promedio observado en las muestras de aceites obtenidos con los diversos solventes presenta una media de  $277,7 \pm 10,5$  mg KOH/g.
- El aceite obtenido con el etanol absoluto presenta mayor índice de saponificación (288,3 mg KOH/g) y el extraído con diclorometano el menor índice (261,2 mg KOH/g).

- El aceite obtenido con el n-hexano presenta un índice de saponificación de 280,2 mg KOH/g.

Los índices de saponificación del aceite de oliva varían entre 184 a 196, del aceite de maní entre los 187 a 196, de soja entre los 187 a 195, de palma entre 190 a 209 y de coco entre 248 a 265; indicando que reflejan la cadena de los ácidos grasos presente en el aceite como triglicéridos, y que cuanto mayor sea el índice menor será la longitud media de los ácidos grasos así como del peso molecular medio de los triglicéridos, como es el caso del aceite de Sampananki que alcanza alrededor de los 277 mg KOH/g, asociado a una alta pureza del aceite vegetal.

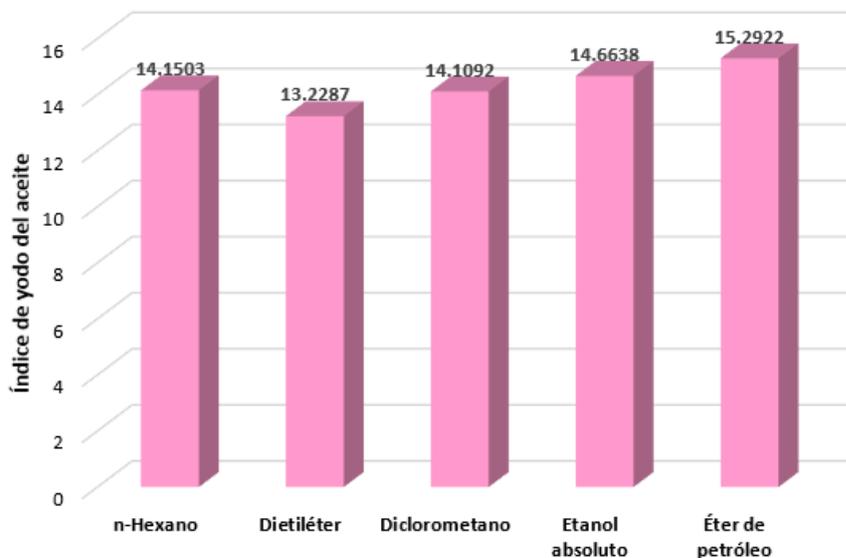
En el trabajo de Gutiérrez (2011) se reporta para el aceite de sacha Inchi un índice de saponificación de 185,2; que es algo menor que el índice reportado para el aceite de Sampananki, que pertenece al mismo género.

### 3) Índice de yodo

Los resultados del índice de yodo se presentan en la tabla 34, para los aceites obtenidos con cada tipo de solvente, las cuales se presentan en la figura 35 para su evaluación.

**Figura 35**

*Variación del índice de yodo del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados.*



Se tienen las siguientes observaciones:

- El índice de yodo medio, para los aceites obtenidos con los cinco solventes orgánicos, tiene un valor promedio de  $14,29 \pm 0,76$  g yodo/100 g.
- El aceite con mayor índice de yodo es el extraído con éter de petróleo (15,29 g yodo/100 g); y el de menor índice de yodo el extraído con dietiléter (13,23 g yodo/100 g).
- El aceite extraído con el n-hexano reporta un índice de yodo de 14,15 g yodo/100 g.

De acuerdo a Sánchez (2013), se considera el aceite de oliva y maní como aceites no secantes, con un índice de yodo comprendidos entre 84 a 106 g yodo/100 g; además, reporta para el aceite fijo de tres especies nativas de Guatemala índices de yodo que van entre 51 a 146 g yodo/100 g, considerados como aceites no secantes a semi-secantes.

Igualmente, en el trabajo de Lima (2019), los índices de yodo evaluados para doce plantas oleaginosas de la Amazonía, reporta valores comprendidos entre los 10 a 98 g yodo/100 g para diez especies, y sólo dos presentan 126 y 188 g yodo/100 g de índice de yodo. En el trabajo de Gutiérrez (2011) se reporta para el aceite de sacha Inchi un índice de yodo de 193,1 g yodo/100 g.

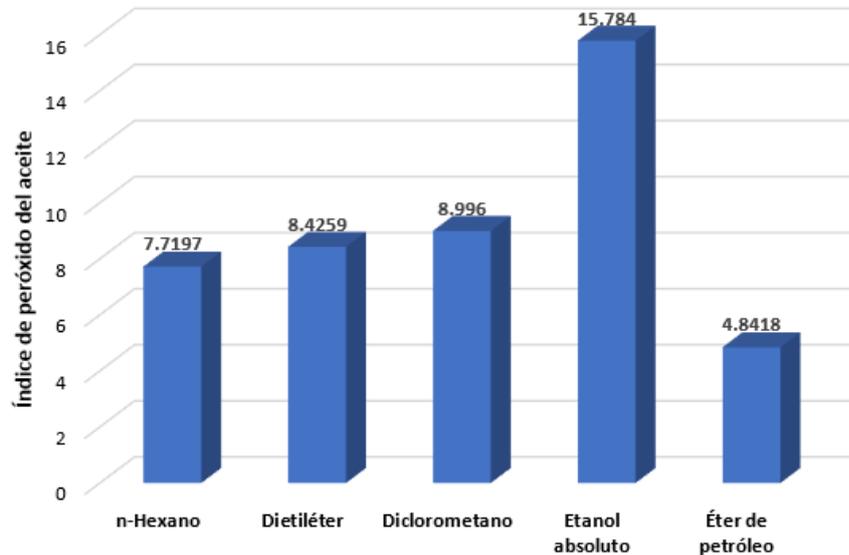
Por lo tanto, el aceite obtenido a partir de las nueces de Sampananki, que reporta un índice de yodo de 14,15 g yodo/100 g, se considera como aceites fijos no secantes, por presentar índices de yodo por debajo de los niveles de 110 g yodo/100 g; vale decir que, es un aceite que no se endurece al exponerse como una película al aire por un buen tiempo, debido a la escasa reacción química oxidativa con el oxígeno ambiental, que favorece su aplicación cosmética, alimentaria, etc.

#### **4) Índice de peróxido**

Los resultados de la tabla 35, evaluados sobre el índice de peróxido de muestras de aceite obtenidos con los diversos solventes, se presentan en la figura 36 para su análisis y discusión.

**Figura 36**

*Variación del índice de peróxido del aceite de Sampananki, extraído con los diversos solventes utilizados.*



Las observaciones son:

- Los valores del índice de peróxido varían significativamente en las muestras de aceites, de acuerdo al tipo de solvente utilizado.
- El aceite extraído con etanol absoluto presenta el mayor índice de peróxido (15,78 mEq/kg); mientras que, el menor índice de peróxido es con el éter de petróleo (4,84 mEq/kg). El índice de peróxido para los demás solventes utilizados, se encuentran alrededor del valor promedio de  $8,38 \pm 0,64$  mEq/kg.
- El aceite extraído con el n-hexano reporta un índice de peróxido de 7,72 mEq/kg.

El índice de peróxido está asociado al estado de oxidación inicial del aceite, vinculado con los compuestos de oxidación primarios; tal que, a menor nivel del índice de peróxido, mayor será la calidad del aceite, debido a los bajos niveles de oxidación en el transcurso del tiempo, que en caso contrario promueven el enranciamiento del aceite.

La investigación de Sánchez (2013) reporta para tres especies nativas valores de índice de peróxido comprendidos entre 22 a 142 mEq/kg; mientras que, Lima (2019) reporta valores menores a 15 mEq/kg para siete especies oleaginosas Amazónicas y entre 16 a 63 mEq/kg para cinco especies Amazónicas.

De igual manera, según el CODEX STAN 19-1981, del Codex Alimentarius de la tabla 6, se admite hasta 15 miliequivalente de oxígeno activo / kg de aceite virgen de índice de peróxido; por lo tanto, sólo excedería dicho máximo el aceite obtenido con el etanol absoluto; mientras que, los aceites obtenidos con los demás solventes están muy debajo de dicho valor; por decir, el aceite obtenido con el solvente n-hexano presenta un índice de peróxido inferior (7,72 mEq/kg), luego por tener un índice de peróxido bajo, la calidad del aceite de Sampananki es muy buena.

#### 5.3.4 Análisis físico químicos complementarios

Finalmente, se realizó el análisis complementario de los ensayos físico químicos para la muestra de aceite de Sampananki en un laboratorio certificado, Anexo 4, la cual se presenta en la tabla 37.

**Tabla 37**

*Análisis físico químicos complementarios de la muestra de aceite de Sampananki en un laboratorio certificado.*

| Determinaciones                    | Resultados del<br>Laboratorio certificado<br>(Anexo 04) |
|------------------------------------|---|
| Acidez (expresado en % ác. oleico) | 0,41  |
| Humedad (%)                        | 0,10  |
| Índice de peróxido (mEq/kg)        | 10,98   |
| Aceites minerales                  | Ausente   |
| PG (mg/kg)                         | < 0,39  |
| TBHQ (mg/kg)                       | < 0,69  |
| BHA (mg/kg)                        | < 0,42  |
| BHT (mg/kg)                        | < 1,93  |
| Proteínas (%)                      | 0,52  |
| Ceniza (%)                         | 0,02  |
| Grasa (%)                          | 99,90   |
| Índice de Acidez (%)               | 0,83  |

Cabe precisar que, algunas determinaciones especiales, no fueron posibles realizar en los ambientes de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la UNSCH; los resultados determinados en el laboratorio certificado, permiten

complementar los análisis de los resultados físico químicos evaluados en el aceite de almendra de Sampananki.

De los resultados se puede analizar que:

- El aceite de Sampananki no presenta contenido de aceites minerales.
- Tiene una baja humedad, equivalente al 0,10 %.
- Los contenidos de proteínas y cenizas son también bajos, de 0,52 % y 0,02 % respectivamente.
- El índice de peróxido es ligeramente mayor que el registrado en el trabajo de investigación (7,72 mEq/kg).
- Los valores de acidez (expresado como ác. oleico) y el índice de acidez presentan valores discrepantes; sin embargo, los valores obtenidos en la investigación, de 2,09 % de grado de acidez y de 4,16 mg KOH/g de índice de acidez, fueron analizadas y discutidas con otros resultados procedentes de trabajos de investigación de aceites de semillas oleaginosas.
- En la evaluación de antioxidantes fenólicos naturales contenidos en el aceite de Sampananki, se reportan:
  - **PG**, propilgalato, es un antioxidante, cuyo contenido es inferior a los 0,39 mg/kg.
  - **TBHQ**, terbutil hidroquinona, considerado como un poderoso antioxidante fenólico, es inferior a los 0,69 mg/kg.
  - **BHA**, butilhidroxianisol, son antioxidantes que estabilizan el aceite, es inferior a 0,42 mg/kg.
  - **BHT**, butilhidroxitolueno, es un compuesto químico estabilizante que retarda la rancidez del aceite, es inferior a los 1,93 mg/kg,

Los diversos resultados evaluados para el aceite de Sampananki, evidencian las buenas condiciones organolépticas, físicas y químicas del mismo; con valores compatibles para los aceites obtenidos a partir de semillas oleaginosas para consumo humano.

### 5.3.5 Evaluación de ácidos grasos

Las evaluaciones de ensayo de ácidos grasos complementarios se realizaron en un laboratorio certificado, Anexo 5; cuyos resultados se sistematizan en la tabla 38 y analizan a continuación.

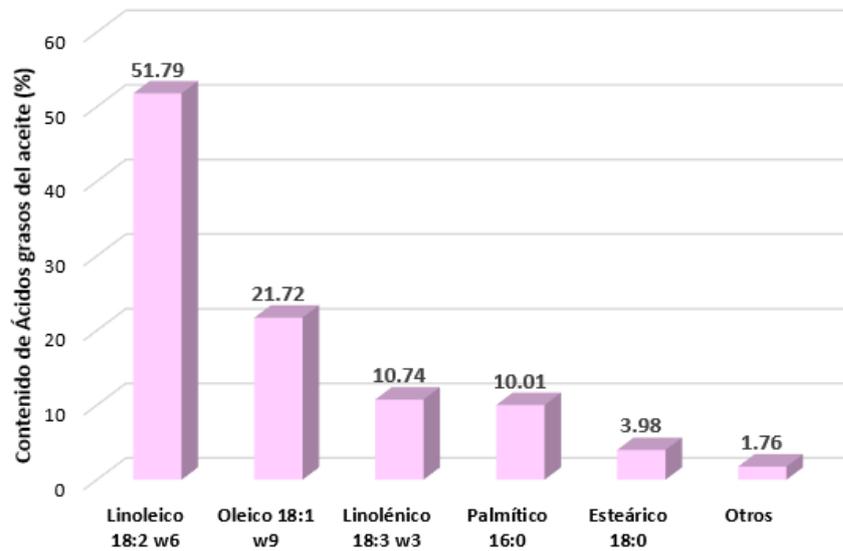
**Tabla 38**

*Análisis de ácidos grasos en muestra de aceite de Sampananki, evaluado con un laboratorio certificado.*

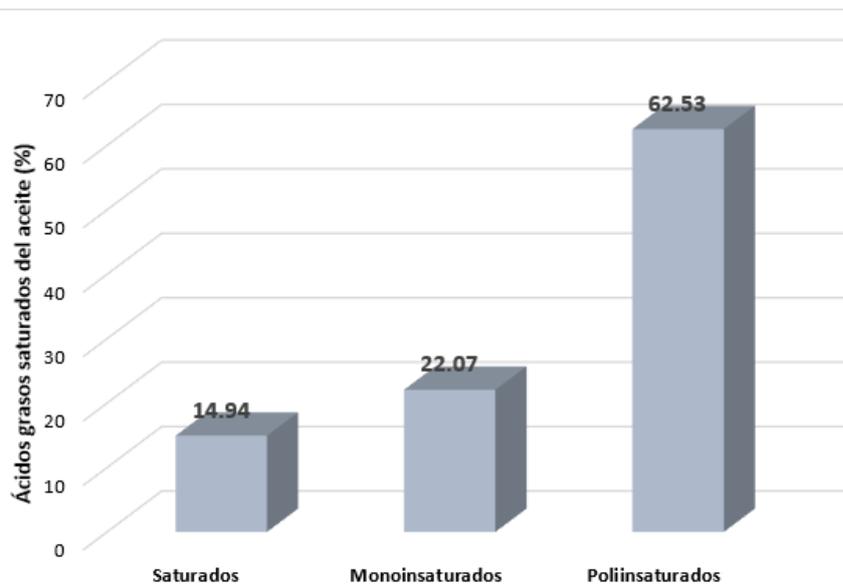
| <b>Ácidos grasos</b>                               | <b>Contenido (%)</b> |
|--|----------------------|
| Palmitico 16:0                                     | 10,01                |
| Esteárico 18:0                                     | 3,98                 |
| Oleico 18:1 w9                                     | 21,72                |
| Linoleico 18:2 w6                                  | 51,79                |
| Linolénico 18:3 w3                                 | 10,74                |
| Palmitoleico 16:1                                  | 0,10                 |
| Heptadecanoico 17:0                                | 0,10                 |
| Araquídico 20:0                                    | 0,32                 |
| Gadoleico 20:1                                     | 0,25                 |
| Behénico 22:0                                      | 0,34                 |
| Lignocérico 24:0                                   | 0,12                 |
| Saturados  | 14,94                |
| Monoinsaturados                                    | 22,07                |
| Poliinsaturados                                    | 62,53                |
| <b>Total Ácidos Grasos Identificados</b>           | <b>99,54</b>         |
| Otros ácidos evaluados, están como no detectables. |                      |
| Omega 9  | 21,72                |
| Omega 6  | 51,79                |
| Omega 3  | 10,74                |

En las siguientes figuras 37, 38 y 39, se exponen y analizan la determinación de los ácidos grasos, saturados y la distribución omega, en el aceite de Sampananki.

**Figura 37:**  
*Contenido de ácidos grasos en el aceite de Sampananki.*

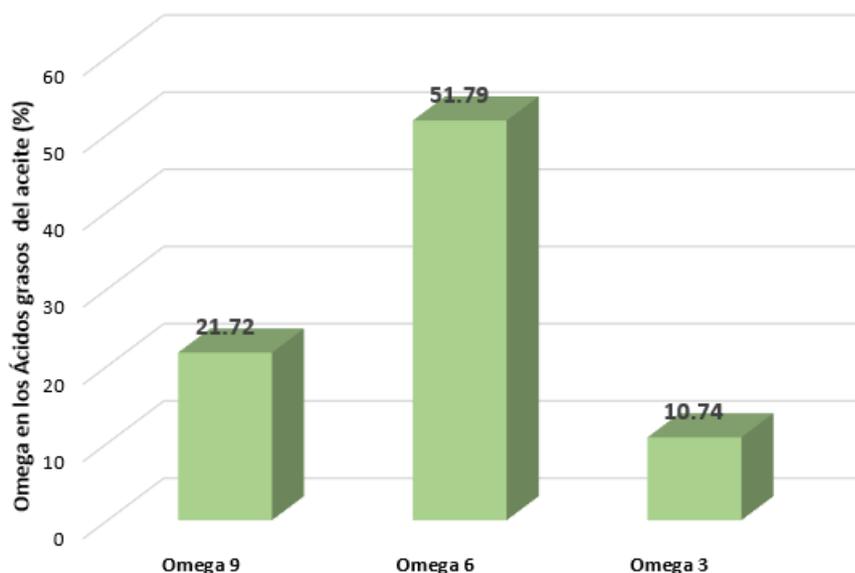


**Figura 38**  
*Distribución de ácidos grasos saturados en el aceite de Sampananki.*



**Figura 39**

*Distribución de Omega en los ácidos grasos del aceite de Sampananki.*



Las principales observaciones son:

- Entre los ácidos grasos identificados en el aceite de Sampananki, con un alto contenido porcentual, se encuentran el ác. linoleico (51,79 %), seguido por el ác. oleico (21,72 %), en menor proporción el ác. linolénico (10,74 %) y el ác. palmítico (10,01 %).
- Del total de ácidos grasos identificados, el mayor porcentaje corresponden a los ácidos grasos poliinsaturados (62,53 %), seguidos por los monoinsaturados (22,07 %).
- La distribución de omega en los ácidos grasos, reporta mayor contenido de omega 6 (51,79 %), seguido por el omega 9 (21,72 %).

De acuerdo a la información de Badui (2006) y Baquero (1988), la composición de los ácidos grasos en los aceites comestibles como son el cacahuete, canola, girasol, maíz, soya y otros, presentan mayor contenido en ácidos oleicos (entre 19 % a 52 %) y linoleicos (entre 20 % a 62 %); luego, el aceite de Sampananki, también presenta esa tendencia en ác. oleico (21,72 %) y ác. linoleico (51,79 %).

Igualmente, Lima y colaboradores (2019) en su trabajo sobre fuentes alternativas de aceites a partir de plantas Amazónicas, para el estudio de doce especies, detallados en la tabla 4, reporta un mayor contenido de ác. oleico (hasta 78,6 %), ác. palmítico (hasta 63,1 %) y ác. linoleico (hasta 69,2 %), en la mayor parte de las especies evaluadas.

En el trabajo de Mota (2015), sobre evaluación de aceites del *Plukenetia polyadenia* Müll Arg. (Euphorbiaceae), detallado en la tabla 5, identifica los ácidos grasos en el aceite de semillas de *Plukenetia polyadenia* siendo en mayor proporción el ác. linoleico (46,5 %), el ácido  $\alpha$ -linoleico (34,4 %), seguido por el ác. oleico (13,9 %). Que son resultados bastante compatibles con los resultados obtenidos para el aceite de Sampananki, con un total de 51,79 % de ác. linoleico y 21,72 % de ác. oleico.

En el estudio de Kodahl (2022), sobre la composición lipídica del sachá Inchi Amazónico y otras semillas del género *Plukenetia*, específicamente para el *Plukenetia polyadenia* a la cual no menciona exactamente con el nombre de Sampananki, reporta un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (81,6 %), desagregando como C18:2 w-6 (46,9 %) y C18:3 w-3 (34,7 %); que guardan buena correlación con los resultados del 62,53 % de ácidos grasos poliinsaturados presentes en el aceite de Sampananki, con predominio de la omega 6.

### 5.3.6 Evaluación espectrofotométrica

Los espectros obtenidos en el ítem 4.6.4 para el aceite de Sampananki, presentados en las figuras 21 y 22, presentan algunas características fundamentales, en la cuales se reportan las siguientes observaciones:

- En el espectro de absorbancia evaluado para el aceite de Sampananki, en el rango de barrido de 250 nm a 450 nm de la figura 21 (a), ampliado en el rango 260 nm a 360 nm de la figura 21 (b), que corresponde al espectro UV-VIS, se percibe tres picos, siendo la más relevante el pico máximo a los 302 nm a 303 nm, con una absorbancia de unos 2,2 a 2,3.
- El pico máximo observado estaría asociado a algún grupo cromóforo típico contenido en el aceite crudo de Sampananki.
- En el espectro de absorción IR del aceite de Sampananki, evaluado en el número de onda de  $4000\text{ cm}^{-1}$  a cerca de  $500\text{ cm}^{-1}$ , con salida de absorbancia tal como se presenta en la figura 22 (a), se registran ocho picos significativos, siendo los mayores a  $2924,92\text{ cm}^{-1}$ ;  $2854,06\text{ cm}^{-1}$ ;  $1745,68\text{ cm}^{-1}$  y el de  $1162,63\text{ cm}^{-1}$ .
- Mientras que, en el espectro de absorción IR con salida de % Transmitancia como se presenta en la figura 22 (b), se perciben los picos mencionados, en modo inverso.
- Los picos IR están vinculados con la presencia de los ácidos grasos contenidos en el aceite de Sampananki, que de acuerdo a los análisis químicos, están mayormente conformados por el ác. linoleico, el ác. oleico, el ác. linolénico y el ác. palmítico entre otros menores.

El aceite de sacha Inchi, que es una semilla oleaginosa del mismo género que el Sampananki, presenta un máximo de absorbancia a 340 nm, conforme se reportó en la figura 8 (Gamarra, 2022); que ratificaría la tendencia de los aceites del género *Plukenetia L.*, como es el aceite de Sampananki que presenta un pico máximo entre 302 nm a 303 nm; que también guarda correlación con el espectro del aceite crudo de palma reportado en la figura 9 (Paso, 2020), con un pico máximo reportado a 447 nm.

El espectro de evaluación FTIR para el aceite de oliva, soja, girasol, maíz y canola, evaluados por Téllez (2019), reportado en la figura 11, presenta una buena similitud espectral al aceite de Sampananki reportado en la figura 22 (a); identificándose el primer grupo de los tres primeros picos entre los 3000  $\text{cm}^{-1}$  a 2800  $\text{cm}^{-1}$ , seguido por el segundo pico alto a los 1700  $\text{cm}^{-1}$  y el tercer grupo de varios picos menores hacia el final del espectro entre los 1500  $\text{cm}^{-1}$  a 500  $\text{cm}^{-1}$ ; que ratifica la presencia de los ácidos grasos.

Igual similitud se encuentra entre el espectro convencional IR del aceite de palma evaluado por Paso (2020) reportado en la figura 12, con el espectro de absorción IR del aceite de Sampananki reportado en la figura 22 (b); tanto en la denominada zona de los grupos funcionales, así como la zona dactilar, que ratifican la presencia de los principales ácidos grasos que conforman dichos aceites.

Inclusive el espectro del aceite de Sampananki de la figura 22 (b) tiene una gran similitud al espectro IR del aceite de sacha Inchi de la figura 13, reportado en los estudios de Gamarra (2022); con identificación de los grupos C-H,  $\text{CH}_2$  y  $\text{CH}_3$ , C=C, C=O, de los diferentes componentes ácidos grasos, considerando que ambos aceites pertenecen al mismo género de *Plukenetia L.*

#### **5.4 POTENCIALES USOS Y APLICACIONES DEL ACEITE**

De acuerdo a los reportes y algunas publicaciones referidas al *Plukenetia polyadenia L.* y el Sampananki, se reportan entre los usos y costumbres de las comunidades nativas, las aplicaciones del aceite de Sampananki en:

- Comestible alimentario como aceite, por parte de las comunidades nativas Amazónicas.
- Consumo directo, para frituras de pescado, yuca y otros productos típicos de la zona Amazónica.
- Base para la elaboración de productos cosméticos nativos, combinado con pigmentos y colorantes de la zona.

- Facilitar la combustión de ciertos materiales, por la naturaleza oleaginosa del Sampananki.
- Saludable para tratamientos de artritis y reumatismo.

Concretamente, el aceite extraído a partir de las almendras contenidas en las semillas o nueces de Sampananki, con características organolépticas, físicas y químicas bastante aceptables y enmarcados en los parámetros de la calidad de los aceites vegetales comestibles provenientes de semillas, presenta un gran potencial oleaginoso con alto valor económico, como parte de los recursos naturales propios de la región de Ayacucho, específicamente el territorio del Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro – VRAEM; cuyo incentivo y emprendimiento productivo, de manera sostenible y ambientalmente planificado, permitirá el desarrollo de las diversas comunidades Amazónicas, para su presentación en el ámbito comercial o el proceso de extracción y exportación potencial del aceite de Sampananki.

Por la información reportada sobre el actual consumo directo de las nueces de Sampananki en frituras y otras aplicaciones, que manifiestan las comunidades nativas, así como los resultados de la caracterización del aceite de Sampananki reportados en el presente trabajo de investigación, se considera que, el aceite de Sampananki tiene un gran potencial oleaginoso para el consumo humano, que también puede aplicarse en ciertas aplicaciones farmacéuticas.

## **CONCLUSIONES**

- La planta de Sampananki, es una especie Amazónica que se desarrolla en el VRAEM, es una fuente con gran potencial oleaginoso, que crece como lianas sobre los árboles, produciendo frutos o bayas casi esféricas de unos 6 cm a 8 cm y con alrededor de ¼ kg por fruto verde, que alberga unas 3 a 5 semillas o nueces, en cuyo interior contiene la almendra, que es el material fuente para la extracción del aceite. En el secado del fruto verde del Sampananki se pierde unos 66,1 % en peso de humedad; obteniéndose del interior las semillas o nueces secas y limpias, con un rendimiento del 26,4 % en peso con respecto al fruto verde, que es la fuente oleaginosa para el proceso de extracción de aceites. La evaluación taxonómica del Sampananki, establecida con el Departamento de Etnobotánica y Botánica Económica de la UNMSM, determina que el Sampananki pertenece al género *Plukenetia* L. y a la especie *Plukenetia polyadenia* Müll. Arg.
- De las semillas o nueces de Sampananki, se retiran las almendras, que son el 70 % en peso de la nuez; la almendra es de color blanco crema, liviano y frágil, con una densidad de 0,90 g/cm<sup>3</sup>, con un contenido de 3,5 % de humedad, 2,25 % de cenizas y un rendimiento medio de 67,3 % en peso de aceite. El proceso de extracción y producción de aceite a partir de las almendras de las nueces de Sampananki, es recomendable con una molienda de las almendras a un tamaño de partícula de 0,5 mm a 1 mm, usando como solvente de extracción el n-hexano, en una relación de solvente a muestra de almendra sólida de 3 a 1, presenta un rendimiento del 69,16 % de producción de aceite por extracción Soxhlet.
- El aceite de Sampananki, presenta un color, olor y sabor típico de aceites comestibles procedentes de semillas oleaginosas, exento de sabores extraños; con una densidad de 0,911 g/mL y una viscosidad relativa de 43,16 medidos a la temperatura de 18 °C; con un índice de refracción de 1,4732 y el pH de 6,3 medidos a 20 °C; con un punto de ebullición de 280,0 °C; con un grado de acidez de 2,09 %, índice de acidez de 4,1604 mg KOH/g, índice de saponificación de 280,2 mg KOH/g, índice de yodo de 14,15 g yodo/100 g y un índice de peróxido de 7,72 mEq/kg; enmarcados en los factores de calidad y composición para grasas y aceites comestibles no regulados expresados por el CODEX STAN 19-1981. El análisis del contenido de ácidos grasos en el aceite de Sampananki reporta un contenido de 51,79 % de ácido linoleico (18:2 w6), 21,72 % de ácido oleico (18:1 w9), 10,74 % de ácido linolénico (18:3 w3), 10,01 % de ácido palmítico (16:0), 3,98 % de ácido esteárico (18:0) y otros ácidos grasos menores; con predominancia de ácidos poliinsaturados (62,53 %) y del Omega 6 (51,79 %). La evaluación espectrofotométrica del aceite de Sampananki en

el espectro UV-Vis presenta un pico predominante entre los 302 nm a 303 nm; y en el espectro IR se registran ocho picos significativos de la zona de grupos funcionales y de la zona dactilar, que confirman la presencia de los ácidos grasos identificados.

- Las semillas, así como el aceite de Sampananki, utilizados actualmente en las comunidades nativas, presentan un gran potencial de uso y aplicaciones, como aceite natural y comestible, cuya industrialización sostenible constituirá un beneficio para las poblaciones y comunidades Amazónicas, como es el VRAEM en la región de Ayacucho.

## **RECOMENDACIONES**

- Desarrollar políticas sostenibles para la promoción y emprendimiento que permita desarrollar y ejecutar campañas de cultivo y producción del Sampananki en el VRAEM de la región de Ayacucho, por ser una especie nativa Amazónica con alto potencial oleaginoso, que a la fecha es un simple cultivo silvestre y marginal.
- Desarrollar estudios específicos en aspectos tecnológicos, productivos, toxicológicos y otros, en las nueces y aceites del Sampananki, orientados a la industrialización del mismo.
- Evaluación de proyectos de producción industrial sostenible, para estimar la viabilidad técnica y económica, con responsabilidad social y ambiental, en beneficio de las poblaciones y comunidades del VRAEM.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ABRIL D. Nieves et. al. (s/f). ***Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas.*** Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Campus de Rabanales. Universidad de Córdoba. España.
- BADUI D. Salvador. (2006). ***Química de los alimentos: Cap. 4 Lípidos.*** 4ta. ed., Edit. Pearson Addison Wesley, México.
- BAQUERO F. José. (1988). ***Extracción de aceite de semillas oleaginosas.*** Publicaciones Agrarias Pesqueras y Alimentarias. Corazón de María. Madrid, España.
- BERNARDINI, E (1986). ***Métodos de análisis de aceites y grasas comestibles.*** Edit. Alhambra S.A. España.
- CARBAJAL A. Ángeles. (2013). ***Manual de Nutrición y Dietética: Cap.6 Grasas y Lípidos.*** Departamento de Nutrición. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. España.  
<https://www.ucm.es/nutricioncarbajal/>
- CHASQUIBOL N. et. al. (2013). ***Estudios preliminares sobre la caracterización de aceites de semillas de sacha inchi (plukenetia huayllabambana), cultivadas en la provincia de Rodríguez de Mendoza, departamento de Amazonas Perú.*** Instituto de Investigaciones Científica. Universidad de Lima. Perú.
- CODEX ALIMENTARIUS. (2005). ***Qué es el Codex Alimentarius.*** Nutrition Division. ISBN: 92-5-305232-1. FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.  
<https://www.fao.org/3/y7867s/y7867s.pdf>
- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. (2021). ***Part III - Amendment/revision to the Codex Standard for named vegetable oils (cxs 210-1999) - inclusion of sacha inchi oil.*** JOINT FAO/WHO FOOD STANDARDS PROGRAMME CODEX COMMITTEE ON FATS AND OILS. FAO,  
[https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-709-27%252FCRDs%252Ffo27\\_crd28e.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-709-27%252FCRDs%252Ffo27_crd28e.pdf)

- CODEX STAN 19-1981. (1981). Norma del CODEX para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales CODEX STAN 19-1981 (Rev. 2-1999).
- GAMARRA A. Camilo. (2022). **Caracterización del Aceite y Cascarilla Procedentes de la Semilla de Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis*) para Aplicaciones en la Industria Petroquímica**. Programa de Ingeniería Petroquímica. Universidad de Santander. Bucaramanga. Colombia.
- GEANKOPLIS C.J. (1998). **Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias**. 3ra. ed. CECSA. México.
- GRACIANI Enrique. (2006). **Los aceites y grasas: composición y propiedades**. Madrid, España. Edit. AMV, Mundi Prensa Libros.
- GUTIÉRREZ L et. al. (2011). **Chemical composition of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction**. Grasas y Aceites, 62(1), DOI: 10.3989/gya044510. Instituto de Ciencia y Tecnología. Bogotá, Colombia.
- KODAHN Nete et. al. (2022). **Lipid composition of the Amazonian 'Mountain Sacha Inchi' including *Plukenetia carolis-vegae* Bussmann, *Paniagua* & C.Téllez**. Scientific Reports, nature portfolio. 12:6450. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10404-8>.
- LEÓN S. Gerardo. (1998). **Expediente Técnico: Instalación Vivero de Plantas Nativas en las Comunidades de Sanpantuari y Otari del Valle del Río Apurímac**. Kimbiri, Cusco. (Reg. CIP N° 44173).
- LIMA S. Joseline et. al. (2019). **Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: Fatty acids, methyl tocopherols, total carotenoids and chemical composition**. ELSEVIER. Food Research International. Vol. 116. 12-19.
- MADRID V. Antonio. (1987). **Producción, Análisis y Control de Calidad de Aceites y Grasas Comestibles**. Edit. Madrid. España.
- MADRID V. Antonio. (2020). **Tecnología de los aceites vegetales**. Edit. A. Madrid. España.
- McCABE W.L., Smith J.C. & Harriott P. (2002). **Operaciones Unitarias en Ingeniería Química**. 6ta. ed. Edit. McGraw Hill. México.
- MENDOZA W. & Leyva J. (2017). **La economía del VRAEM: Diagnóstico y opciones de política**. Lima, Perú. USAID – CIES.

- MORGAN R.P. & Shultz, E.B. (1981). ***Fuels and chemicals from novel seed oils***. USA. Chem. Eng. News. Vol 59:36.
- MOTA Amanda S. et. al. (2015). ***Antinociceptive Activity and Toxicity Evaluation of the Fatty Oil from Plukenetia polyadenia Mull. Arg. (Euphorbiaceae)***. Molecules. 20, 7925-7939: doi:10.3390/molecules20057925. ISSN 1420-3049. [www.mdpi.com/journal/molecules](http://www.mdpi.com/journal/molecules).
- OWEN Tony. (2000). ***Fundamentos de la espectroscopía UV-visible moderna: Conceptos básicos***. Edit. Agilent Technologies. Alemania.
- PASO C. Islemi. (2020). ***Caracterización por técnicas espectroscópicas de aceite crudo de palma y aceite refinado***. Tesis. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. Instituto Politécnico Nacional. México.
- PAZ A. & MOLERO M. (2000). ***Aplicación de la espectrofotometría UV-visible al estudio de la estabilidad térmica de aceites vegetales comestibles***. Grasas y Aceites. Vol. 51. Fasc. 6(2000), 424-428. Madrid, España.
- PONCE R. Fortunato. (2009). ***Tecnología de Aceites y Grasas***. EFP Ing. Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, filial La Merced. Chanchamayo, Perú.
- RAMOS E. Fernando et. al. (2016). ***Perfil de ácidos grasos de aceite de Sacha inchi (Plukenetia volubilis) en comparación con otros aceites vírgenes comestibles***. CAMPUS USMP. Lima, Perú. Rev. V. XXI. N. 21.
- RODRÍGUEZ Ángel et. al. (2010). ***Diferenciación morfológica y por ISSR (Inter simple sequence repeats) de especies del género Plukenetia (Euphorbiaceae) de la Amazonía peruana: propuesta de una nueva especie***. Rev. peru. biol. 17(3): 325-330. Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM. Versión Online ISSN 1727-9933. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, IIAP. Iquitos, Perú.
- SÁNCHEZ P. Iris. (2013). ***Extracción y caracterización fisicoquímica de aceite fijo obtenido por Expresión de 5 especies nativas y cultivadas en Guatemala: Crescentia cujete (Morro), Mammea americana (Mamey), Pachira aquatica (Zapotón), Cucumis melo (Melón) y Acrocomia mexicana (Coyolio)***. Seminario de Investigación. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacio. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

- SOLIS R. et. al. (2017). ***Vegetative propagation of Plukenetia polyadenia by cuttings: effects of leaf area and indole-3-butyric acid concentration.*** Braz. J. Biol., Vol.77, N°3, pp.580-584. Programa de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales – PROBOSQUES, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. San Martín, Perú.
- TABIO D. et. al. (2017). ***Monografía: Extracción de aceites de origen vegetal.*** Research Proposal. Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”.
- TÉLLEZ M. Clara. (2019). ***Aplicaciones de la espectroscopía infrarroja en el análisis de alimentos.*** Trabajo fin de Grado. Departamento de Química Analítica. Universidad de Sevilla. España.
- VEGA ORCACITAS, Mario (2001). ***Etnobotánica de la Amazonia Peruana.*** Ediciones Abya Yala. (1ra. Edición). Quito, Ecuador.
- ZUMBADO H. (2008). ***Análisis Químico de los Alimentos: Métodos Clásicos.*** Edit. Universitaria del Ministerio de Educación Superior, El Vedado, Ciudad de La Habana. Cuba

## LISTA DE ABREVIATURAS

|       |   |
|-------|---|
| FIQM  | Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia       |
| UNSCH | Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga |
| VRAEM | Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro         |
| AOCS  | American Oil Chemists Society                     |
| NGD   | Norme Gras e Derivati                             |
| UV    | Ultravioleta                                      |
| VIS   | Visible   |
| IR    | Infrarrojo  |
| A     | Absorbancia                                       |
| %T    | Porcentaje de Transmitancia                       |
| AOAC  | Association of Analytical Communities             |

## **GLOSARIO**

### **Aceite**

Mezcla de triacilgliceroles, que es líquida a temperatura ambiente porque contiene una elevada proporción de ácidos grasos insaturados. En general, los aceites predominan en productos vegetales y en animales marinos.

### **Aceite fijo**

Los aceites fijos están compuestos por ácidos grasos y un alcohol o un poliol; que constituyen estructuras celulares como fosfolípidos, glicolípidos, elementos de revestimiento; como ceras y cutinas, sustancias de reserva y fuentes de energía celular; necesaria para procesos metabólicos de una planta. Se obtienen por prensado o extracción con solventes a partir de fuentes oleaginosas.

### **Aceite esencial**

Los aceites esenciales son principalmente volátiles, tienen un aspecto aceitoso a temperatura ambiente y no son miscibles con agua. Generalmente, se obtienen por arrastre con vapor de agua.

### **Acidez de un aceite**

En el caso particular de los aceites de oliva vírgenes, es la medida de la presencia de ácidos grasos libres; esta acidez se expresa como porcentaje de ácidos grasos libres respecto al total de ácidos grasos y su valor corresponde a la graduación (°) del aceite. En aceites de oliva y de orujo de oliva, la acidez se refiere al contenido en aceite de oliva virgen.

### **Ácidos grasos**

Ácidos orgánicos que se combinan con el glicerol para formar grasas. Ácido alifático monocarboxílico que se libera por hidrólisis de los aceites y grasas naturales. Los ácidos grasos tienen un número par de carbonos (de 4 a 28), son no ramificados y pueden ser saturados o insaturados.

### **Grasas o lípidos**

Nutrientes que proporcionan energía al organismo y sirven de transporte a las vitaminas liposolubles. Los aceites vegetales y las grasas de origen marino aportan ácidos grasos esenciales para el crecimiento, el desarrollo del cerebro, la visión y la prevención de las enfermedades cardiovasculares.

### **Grasas saturadas**

Son lípidos formados por cadenas de átomos de carbono unidos por dos átomos de hidrógeno, es decir, no presentan dobles enlaces.

### **Grasas monoinsaturadas**

Son lípidos formados por ácidos grasos que presentan un doble enlace en la cadena de átomos de carbono. Este tipo de grasa se encuentra en alimentos de origen animal y vegetal, en general líquidos a la temperatura ambiente. Los

aceites de oliva, raps o colza, canola, nueces y maní contienen principalmente ácidos grasos monoinsaturados

### **Grasas polinsaturadas**

Son lípidos formados por ácidos grasos que presentan dos o más dobles enlaces en la cadena de átomos de carbono. Los alimentos que contienen alta cantidad de este tipo de ácido graso son líquidos o blandos a la temperatura ambiente. Se encuentran en aceites de maravilla o girasol, maíz, soya. También se encuentran en las grasas de pescados y mariscos.

### **Grasas insaturadas**

Son lípidos formados por ácidos grasos en cuya cadena algunos átomos de carbono llevan unido sólo un átomo de hidrógeno. Según del número de átomos de carbono insaturados, se dice que el ácido graso es monoinsaturado o poliinsaturado. Se encuentran principalmente en los aceites vegetales y son líquidos a la temperatura ambiente.

### **Índice de peróxidos**

Cantidad de miliequivalentes de oxígeno activo contenidos en un kg de grasa, o aceite. Este índice se calcula valorando el yodo liberado tras la oxidación del yoduro potásico por el oxígeno activo y es una medida del estado de oxidación inicial del aceite o grasa. A mayor índice de peróxidos, o compuestos de oxidación inicial, menor será la capacidad antioxidante de un aceite y mayor será su tendencia al enranciamiento. En el caso de los aceites de oliva, los peróxidos se originan si la aceituna no se trata bien o si el aceite no se protege de luz y calor y no se conserva adecuadamente.

### **Índice de saponificación**

El índice de saponificación es expresado como el número de miligramos de KOH requeridos para saponificar los ácidos grasos libres y combinados, presentes en un gramo de grasa y ofrece una medida del peso molecular promedio de los triglicéridos que constituye la grasa. Por este parámetro se evalúa la pureza del aceite, ya que un índice de saponificación alto indica una alta pureza del aceite vegetal.

### **Índice de yodo**

Cantidad de yodo, en gramos, que reacciona con 100 g de grasa. Se utiliza como medida del grado de insaturación de los lípidos porque el yodo se adiciona a los enlaces dobles.

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1) Vistas fotográficas del trabajo de investigación**

**Figura 1.-** Ciudad de Pichari, provincia La Convención – VRAEM



**Figura 2.-** Ancestros de “Ashánincas” de los “campas”, Pichari - VRAEM.



**Figura 3.-** Árboles hospederas de las plantas de Sampananki con frutos silvestres, de la comunidad de Otari, distrito de Pichari.



**Figura 4.-** Fruto semi maduro en las plantas silvestres del Sampananki en la Comunidad de Otari.



**Figura 5.-** Fruto maduro para cosecha en las plantas del Sampananki.



**Figura 6.-** Cosecha de frutos de Sampananki con poblados Ashánincas en la comunidad de Otari.



**Figura 7.-** Linas con hojas verdes de las plantaciones de Sampananki, que se hospedan sobre los árboles de la zona.



**Figura 8.-** Medida de una rama con hojas de planta de Sampananki de aproximadamente 50 cm.



**Figura 9.-** Medida de una hoja madura de planta Sampananki de aproximadamente 16 cm.



**Figura 10.-** Fruto verde de Sampananki.



**Figura 11.-** Fruto o baya madura y seca del Sampananki, con apertura de la cáscara exterior para liberar las nueces o semilla internas.



**Figura 12.-** Cáscara externa gruesa del fruto seco de Sampananki con una capa interna blanquecina suave.



**Figura 13.-** Nueces o semillas de Sampananki luego de la limpieza del polvillo externo.



**Figura 14.-** Quebrantamiento de la cascarilla externa de las nueces o semillas de Sampananki para liberar la almendra interna.



**Figura 15.-** Troceado de las almendras de nueces de Sampananki.



**Figura 16.-** Almendras molidas de Sampananki para la extracción de aceite.



**Figura 17.-** Pabellón de laboratorios, con el Laboratorio de Química Orgánica e Investigación – FIQM, Módulos UNSCH.



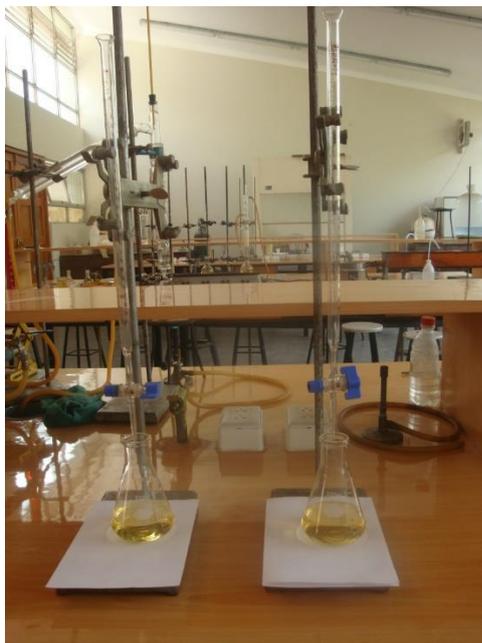
**Figura 18.-** Sistema de batería de extractores Soxhlet, para extracción de aceite a partir de la almendra de nueces de Sampananki.



**Figura 19.-** Aceite extraído con diversos solventes orgánicos en extractor Soxhlet.



**Figura 20.-** Análisis y caracterización del aceite de Sampananki



**Figura 21.-** Evaluación de la viscosidad del aceite de Sampananki, con el viscosímetro Ostwald.



**Figura 22.-** Separación del aceite a partir del extracto o miscela, con el Rotavapor al vacío.



**Figura 23.-** Espectrofotómetro UV-VIS Genesys 6 del laboratorio de Investigación, para evaluación espectrofotométrica del aceite de Sampananki.



**Figura 24.-** Espectrofotómetro FTIR Nicolet IS10 del laboratorio de Investigación, para evaluación espectrofotométrica del aceite de Sampananki.



**ANEXO 2) Constancia de Clasificación Taxonómica de las muestras de Sampananki, Museo de Historia Natural – UNMSM.**



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



**CONSTANCIA**

**EL JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ETNOBOTANICA Y BOTANICA ECONOMICA DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DEJA CONSTANCIA QUE:**

La muestra vegetal recibida del ING. Gabriel Arturo Cerron Leandro, DNI 28213156, Profesor Asociado a DE. De la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, ha sido determinada según el Sistema APG IV (2016) como sigue:

CLASE: EQUISETOPSIDA C. AGARDH  
SUBCLASE: MAGNOLIIDAE NOVÁK EX TAKHT.  
SUPER ORDEN: Rosanae Takht.  
ORDEN: Malpighiales Juss. ex Bercht. & J. Presl  
FAMILIA: Euphorbiaceae Juss.  
GENERO: *Plukenetia* L.  
ESPECIE: *Plukenetia polyadenia* Mull. Arg.

PROCEDENCIA: Comunidad de Otari, Distrito de Pichari, Provincia La Convencion, Valle del Rio Ene y Mantaro (VRAEM).

NOMBRE VERNACULAR : Sampananki, Pasanaki

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines pertinentes.

  
Dra. Joaquina Adelaida Albán Castillo  
JEFE

Departamento de Etnobotánica y Botánica Económica  
Museo de Historia Natural. U.N.M.S.M

Lima 19 de setiembre 2016

### **ANEXO 3) Observaciones para la determinación del Índice de Peróxido en muestras de aceites.**

#### ***Observaciones al peso de la muestra:***

La toma de la cantidad de muestra para el ensayo del Índice de Peróxido se efectuará pesando una cantidad de muestra de aceite o grasa de acuerdo con el índice de peróxidos que se presupone, la cual se indica en la siguiente tabla A:

**Tabla A:**

Peso de muestra de aceite (g) de acuerdo al índice de peróxido que se presupone.

| <b>Índice que se presupone</b> | <b>Peso de muestra (g)</b> |
|--------------------------------|----------------------------|
| 0 a 20                         | 2,0 a 1,2                  |
| 20 a 30                        | 1,2 a 0,8                  |
| 30 a 50                        | 0,8 a 0,5                  |
| 50 a 100                       | 0,5 a 0,3                  |

#### ***Factores de conversión para el índice de peróxidos***

Para la expresión del índice de peróxidos se han propuesto otras unidades distintas a la adoptada en esta norma y que suelen ser utilizadas. En algunos casos, se prestan a confusiones en la interpretación de resultados. Para evitar estos errores y los inconvenientes que pudieron derivarse de los mismos, en los informes analíticos deberá indicarse siempre la unidad en la que se expresa el índice.

Para facilitar el paso o conversión de una unidad a otra, se continuación, en la tabla B, se indican los factores de conversión por los que deberá multiplicarse en cada caso la cifra del índice, expresado en una determinada unidad, para obtener la cifra equivalente en la unidad que se define inicialmente.

**Tabla B:**

Factores de conversión para el índice de peróxidos.

| <b>Índice de Peróxido<br/>expresado en:</b>              | <b>Factor de<br/>conversión (*)</b> |
|--|-------------------------------------|
| Microgramos de oxígeno activo / g muestra                | 0,125                               |
| Gramos de oxígeno activo / kg muestra                    | 125                                 |
| Mililitros solución tiosulfato sodio 0,01 N / kg muestra | 0,01                                |
| Mililitros solución tiosulfato sodio 0,01 N / g muestra  | 10                                  |
| Mililitros solución tiosulfato sodio 0,002 N / g muestra | 2                                   |
| Mili moles de oxígeno activo / kg muestra                | 2                                   |

(\*) Factor de conversión para calcular el índice de peróxido expresado en mili equivalentes de oxígeno activo por kilogramo de muestra.

**ANEXO 4) Informe de ensayo físico químico de la muestra de aceite de Sampananki, Certifical SAC.**



**Certifical**  
Certificaciones y Calidad S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO FQ N° 160425-033**

Emitido en Lima, el 25 de Abril de 2016

---

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Orden de Trabajo            | : 5001 - 0113   |
| Numero de Servicio          | : 13010008  |
| Nombre del Solicitante      | : DEPARTAMENTO DE INSPECCIONES  |
| Dirección de la Empresa     | : AV. SUCRE NRO. 1361- PUEBLO LIBRE   |
| Servicio Solicitado         | : Informe de Ensayo Físico Químico.   |
| Producto declarado          | : ACEITE SAMPANANKI   |
| Cantidad de Muestra         | : 01 Botella x 500 mL.  |
| Identificación / marca      | : GABRIEL ARTURO CERRÓN LEANDRO   |
| Presentación                | : Envasado  |
| Lugar y fecha de recepción  | : Laboratorio Físico-Químico . 18 de Abril de 2016                              |
| Características             | : Muestra proporcionada por el solicitante en botella pet cristal transparente. |
| Condiciones de recepción    | : En aparente buen estado a temperatura ambiente.                               |
| Muestra de Diferencia       | : No proporcionada por el Cliente   |
| Fecha de inicio de Ensayos  | : 18 de Abril de 2016   |
| Fecha de término de Ensayos | : 25 de Abril de 2016   |

---

**ENSAYOS**

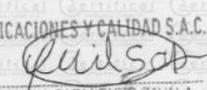
| DETERMINACIONES                             | UNIDADES                  | RESULTADOS |
|---|---------------------------|------------|
| Acidez                                      | %                         | 0,41       |
| Espesado en Ac. Clórico                     |                           |            |
| Humedad                                     | %                         | 0,10       |
| Indice de Peróxido                          | meq/Kg. de aceite o grasa | 10,98      |
| Aceites Minerales                           | -                         | Ausencia   |
| PG<br>(L.D. 0,22 mg/Kg) (L.C. 0,39 mg/Kg)   | mg/Kg                     | < 0,39     |
| TBHQ<br>(L.D. 0,23 mg/Kg) (L.C. 0,69 mg/Kg) | mg/Kg                     | < 0,69     |
| BHA<br>(L.D. 0,25 mg/Kg) (L.C. 0,42 mg/Kg)  | mg/Kg                     | < 0,42     |
| BHT<br>(L.D. 1,62 mg/Kg) (L.C. 1,93 mg/Kg)  | mg/Kg                     | < 1,93     |
| Proteínas                                   | %                         | 0,52       |
| Factor: 6,25                                |                           |            |
| Ceniza                                      | %                         | 0,02       |
| Grasa                                       | %                         | 99,90      |
| Indice de Acidez                            | %                         | 0,83       |

| DETERMINACIONES         | MÉTODO DE ENSAYO  |
|-------------------------|---|
| Acidez                  | NTP 209.005:1968. (Revisada el 2011). Aceites y Grasas Comestibles. Método Para La Determinación de la Acidez Libre.                              |
| Humedad                 | NTP - 209.004.1968 (Revisada el 2011) Aceites y Grasas Comestibles. Método de determinación del contenido de humedad y materias volátiles 1a. ed. |
| Indice de Peróxido      | ISO - 3960. 2001. Animal and Vegetable Fats and Oils - Determination of Peroxide Value  |
| Aceites Minerales       | AOAC 945.102 Versión 17 TH ED. 2005. pag. 1 de 2. 8014. Aceite Mineral en Grasas  |
| Antioxidantes fenólicos | AOAC - 983.15, Vol III, C 47, 18 TH Ed 2005. Phenolic Antioxidants in oils, Fats and Butter oil, Liquid chromatographic Method                    |
| Proteínas               | FAO Food and Nutrition Paper Vol 14/7 Pág. 221-223 - 1986   |
| Ceniza                  | FAO Food and Nutrition Paper Vol 14/7 Pág. 228- 1986  |
| Grasa                   | FAO Food and Nutrition Paper Vol 14/7 Pág. 212- 1986  |
| Indice de Acidez        | NMX-F-101-1987. Alimentos. Aceites y Grasas vegetales o animales. Determinación del Índice de acidez.   |

**Observaciones:**  
- Este Informe de Ensayo tiene una validez de 120 días calendario a partir de la fecha de emisión.

CERTIFICACIONES Y CALIDAD S.A.C.



QUILMA SARMIENTO ZAVALA  
JEFE DE DPTO. LABORATORIO  
C. Q. P. N° 293

Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación del conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIFICAL S.A.C.

Av. Sucre 1361 Pueblo Libre, Telefax. 4611036 / email: informes@certifical.com.pe PR-44/V6-01  
Página 1 de 1

**"PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO"**

**ANEXO 5) Informe de ensayo: Ácidos Grasos de la muestra de aceite de Sampananki, SGS.**



**INFORME DE ENSAYO  
AG1607964**

Página 1 de 2

**Análisis solicitado por:** GABRIEL ARTURO CERRON LEANDRO  
JR. CARLOS F. VIVANCO NRO. 388, AYACUCHO - AYACUCHO

**Solicitud de Ensayo:** 221839-1

**Producto descrito como:** ACEITE VEGETAL Y GRASAS

**Procedencia:** CALLAO

**Observaciones Recep:** En frasco de plástico aprox. 70 ml

**Notas:** MUESTRA DE ACEITE VEGETAL

**Cantidad Muestras:** 1

**Fecha de Recepción:** 30/03/2016

**Fecha de Ensayo:** 02/04/2016

**Fecha de Emisión:** 02/04/2016

**Ensayo** Acidos Grasos **Método** ISO 5508 : 1990: 2nd Ed. Animal and vegetable fats and oils - Analysis by gas chromatography of methyl esters of fatty acids

| Resultados                   |      |      |               |
|------------------------------|------|------|---------------|
| Identificación de la muestra |      |      |               |
| Ensayo                       | L.D. | L.C. | SAMPANANKI    |
| Caproico 6:0 (%)             | 0.05 | 0.1  | No Detectable |
| Caprílico 8:0 (%)            | 0.05 | 0.1  | No Detectable |
| Cáprico 10:0 (%)             | 0.05 | 0.1  | No Detectable |
| Undecanoico 11:0 (%)         | 0.05 | 0.1  | No Detectable |
| Láurico 12:0 (%)             | 0.05 | 0.1  | No Detectable |
| Tridecanoico 13:0 (%)        | 0.05 | 0.1  | No Detectable |
| Mirístico 14:0 (%)           | 0.05 | 0.1  | < 0.10        |
| Miristoleico 14:1 (%)        | 0.05 | 0.1  | No Detectable |
| Pentadecanoico 15:0 (%)      | 0.05 | 0.1  | No Detectable |
| Palmitico 16:0 (%)           | 0.05 | 0.1  | 10.01         |
| Palmitoléico 16:1 (%)        | 0.05 | 0.1  | 0.10          |
| Heptadecanoico 17:0 (%)      | 0.05 | 0.1  | 0.10          |
| Heptadecenoico 17:1 (%)      | 0.05 | 0.1  | No Detectable |
| Esteárico 18:0 (%)           | 0.05 | 0.1  | 3.98          |

COD. 310

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definida en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo solo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión Julio 2015

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348 - Callao 1 t (51-1) 517 1900

[www.sgs.pe](http://www.sgs.pe)

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



INFORME DE ENSAYO  
AG1607964

Página 2 de 2

|                                       |      |     | SAMPANANKI    |
|---------------------------------------|------|-----|---------------|
| Oléico 18:1 w9 (%)                    | 0.05 | 0.1 | 21.72         |
| Linoleico 18:2 w6 (%)                 | 0.05 | 0.1 | 51.79         |
| Linolénico 18:3 w3 (%)                | 0.05 | 0.1 | 10.74         |
| Araquídico 20:0 (%)                   | 0.05 | 0.1 | 0.32          |
| Gadoléico 20:1 (%)                    | 0.05 | 0.1 | 0.25          |
| Behénico 22:0 (%)                     | 0.05 | 0.1 | 0.34          |
| Erúico 22:1 (%)                       | 0.05 | 0.1 | No Detectable |
| Lignocérico 24:0 (%)                  | 0.05 | 0.1 | 0.12          |
| Saturados (%)                         | 0.05 | 0.1 | 14.94         |
| Monoinsaturados (%)                   | 0.05 | 0.1 | 22.07         |
| Poliinsaturados (%)                   | 0.05 | 0.1 | 62.53         |
| Total Acidos Grasos Identificados (%) | 0.05 | 0.1 | 99.54         |

L.D. = Limite de Detección  
L.C. = Limite de Cuantificación

OBSERVACIONES

Resultados:

Omega 9 = 21.72 %  
Omega 6 = 51.79 %  
Omega 3 = 10.74 %

Juan Carlos Balbín Lavado  
CQP 594  
Supervisor Lab Prod Orgánicos

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definida en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituyo un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión Julio 2015

SGS del Perú S.A.C.

Av. César Faucett 3348 - Cañad 1 t. (51-1) 517 1900

[www.sgs.pe](http://www.sgs.pe)

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

COD. 910

**UNSCH**ESCUELA DE  
POSGRADO

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD 074-2023-UNSCH-EPG/EGAP

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de Posgrado en segunda instancia para la **Escuela de Posgrado - UNSCH**; en cumplimiento a la Resolución Directoral N<sup>º</sup> 198-2021-UNSCH-EPG/D, Reglamento de Originalidad de trabajos de Investigación de la UNSCH, otorga lo siguiente:

### **CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD**

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| <b>AUTOR:</b>                      | Bach. GABRIEL ARTURO CERRÓN LEANDRO  |
| <b>MAESTRÍA:</b>                   | EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA QUÍMICA   |
| <b>MENCIÓN:</b>                    | INGENIERÍA EN GESTIÓN Y DESARROLLO DE LOS RECURSOS NATURALES   |
| <b>TÍTULO DE TESIS:</b>            | EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL POTENCIAL OLEAGINOSO DE NUECES DE "SAMPANANKI" COMO RECURSO NATURAL DE LA REGIÓN AYACUCHO |
| <b>EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD:</b> | 17%  |
| <b>Nº DE TRABAJO:</b>              | 2031465863   |
| <b>FECHA:</b>                      | 07-mar.-2023   |

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es procedente otorgar la constancia de originalidad con depósito.

Se expide la presente constancia, a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

Ayacucho, 07 de marzo del 2023.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN  
CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
ESCUELA DE POSGRADO

.....  
Ing. Edith Geovana Asto Peña  
Responsable Área Académica

# EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL POTENCIAL OLEAGINOSO DE NUECES DE "SAMPANANKI" COMO RECURSO NATURAL DE LA REGIÓN AYACUCHO

*por* Gabriel Arturo Cerrón Leandro

---

**Fecha de entrega:** 07-mar-2023 03:38p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2031465863

**Nombre del archivo:** Tesis\_corregida\_2023\_Sampananki\_GACL.docx (18.36M)

**Total de palabras:** 42357

**Total de caracteres:** 225592

# EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL POTENCIAL OLEAGINOSO DE NUECES DE "SAMPANANKI" COMO RECURSO NATURAL DE LA REGIÓN AYACUCHO

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

boe.es

Fuente de Internet

2%

2

pt.scribd.com

Fuente de Internet

2%

3

aprenderly.com

Fuente de Internet

1%

4

biblioteca.uajms.edu.bo

Fuente de Internet

1%

5

vbook.pub

Fuente de Internet

1%

6

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

7

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

8

www.scribd.com

Fuente de Internet

1%

|    |   |      |
|----|---|------|
| 9  | biomodel.uah.es<br>Fuente de Internet   | 1 %  |
| 10 | coggle.it<br>Fuente de Internet   | 1 %  |
| 11 | repositorio.uns.edu.pe<br>Fuente de Internet  | 1 %  |
| 12 | repositorio.uncp.edu.pe<br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 13 | www.boe.es<br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 14 | es.scribd.com<br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 15 | edukativos.com<br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 16 | rdu.unc.edu.ar<br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 17 | tipnisboliviaorg.files.wordpress.com<br>Fuente de Internet                                  | <1 % |
| 18 | tesis.ipn.mx<br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 19 | Submitted to Universidad Nacional de San<br>Cristóbal de Huamanga<br>Trabajo del estudiante | <1 % |
| 20 | repositorio.lamolina.edu.pe   |      |

Fuente de Internet

<1 %

---

21 doku.pub  
Fuente de Internet

<1 %

---

22 ribuni.uni.edu.ni  
Fuente de Internet

<1 %

---

23 edoc.tips  
Fuente de Internet

<1 %

---

24 www.fao.org  
Fuente de Internet

<1 %

---

25 biblioteca.usac.edu.gt  
Fuente de Internet

<1 %

---

26 bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443  
Fuente de Internet

<1 %

---

27 ri.ues.edu.sv  
Fuente de Internet

<1 %

---

28 idoc.pub  
Fuente de Internet

<1 %

---

29 www.analizacalidad.com  
Fuente de Internet

<1 %

---

30 pdfcookie.com  
Fuente de Internet

<1 %

---

31 sedici.unlp.edu.ar  
Fuente de Internet

<1 %

---

|    |   |      |
|----|---|------|
| 32 | <a href="http://html.rincondelvago.com">html.rincondelvago.com</a><br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 33 | <a href="http://vsip.info">vsip.info</a><br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 34 | Submitted to Universidad de San Buenaventura<br>Trabajo del estudiante  | <1 % |
| 35 | <a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a><br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 36 | <a href="http://test">test</a><br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 37 | P. S. Rodríguez Millán, A. S. Silva Ramírez, M. L. Carrillo Inungaray. " Caracterización fisicoquímica del aceite de nuez de Macadamia ( ) Physicochemical characterization of Macadamia nut ( ) oil ", CyTA - Journal of Food, 2011<br>Publicación | <1 % |
| 38 | <a href="http://cybertesis.unmsm.edu.pe">cybertesis.unmsm.edu.pe</a><br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 39 | <a href="http://idus.us.es">idus.us.es</a><br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 40 | <a href="http://kupdf.net">kupdf.net</a><br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 41 | <a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a><br>Fuente de Internet  | <1 % |

<1 %

---

42 repositorio.ug.edu.ec  
Fuente de Internet

<1 %

---

43 paleodiversitas.org  
Fuente de Internet

<1 %

---

44 qdoc.tips  
Fuente de Internet

<1 %

---

45 www.historiacocina.com  
Fuente de Internet

<1 %

---

46 purl.org  
Fuente de Internet

<1 %

---

47 1library.co  
Fuente de Internet

<1 %

---

48 dspace.udla.edu.ec  
Fuente de Internet

<1 %

---

49 repositorio.unal.edu.co  
Fuente de Internet

<1 %

---

50 repositorio.uwiener.edu.pe  
Fuente de Internet

<1 %

---

51 www.uv.mx  
Fuente de Internet

<1 %

---

52 Submitted to Universidad Nacional de  
Colombia

<1 %

---

|    |                         |      |
|----|-------------------------|------|
| 53 | repositorio.unfv.edu.pe | <1 % |
|    | Fuente de Internet      |      |

---

|    |                        |      |
|----|------------------------|------|
| 54 | repositorio.ute.edu.ec | <1 % |
|    | Fuente de Internet     |      |

---

|    |                    |      |
|----|--------------------|------|
| 55 | cocimaniacos.com   | <1 % |
|    | Fuente de Internet |      |

---

|    |                    |      |
|----|--------------------|------|
| 56 | www.tdx.cat        | <1 % |
|    | Fuente de Internet |      |

---

|    |                     |      |
|----|---------------------|------|
| 57 | repositorio.ufpa.br | <1 % |
|    | Fuente de Internet  |      |

---

|    |                      |      |
|----|----------------------|------|
| 58 | www.authorstream.com | <1 % |
|    | Fuente de Internet   |      |

---

|    |                    |      |
|----|--------------------|------|
| 59 | www.springer.com   | <1 % |
|    | Fuente de Internet |      |

---

Excluir citas      Activo

Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias      < 30 words



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR**  
**AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (A) EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA QUÍMICA, MENCIÓN**  
**INGENIERÍA EN GESTIÓN Y DESARROLLO DE LOS RECURSOS NATURALES**  
**RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 00181-2023-UNSCH-EPG/D**

Siendo las 6:00 p.m. de 3 de Marzo de 2023 se reunieron en el auditorium de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, el Jurado Examinador y Calificador de tesis, presidido por el **Dr. Emilio Germán RAMÍREZ ROCA** director de la Escuela de Posgrado, el **Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA** director de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Química, por los siguientes miembros: **Mg. Tarcila ALCARRAZ ALFRARO** y la **Mc. Gloria Ines BARBOZA PALOMINO**; para la sustentación oral y pública de la tesis intitulado, **EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL POTENCIAL OLEAGINOSO DE NUECES DE "SAMPANANKI" COMO RECURSO NATURAL DE LA REGIÓN AYACUCHO**. En la Ciudad de Ayacucho del 2023, presentada por el **Bach. Gabriel Arturo CERRÓN LEANDRO** Teniendo como asesor al **Mg. Cipriano MENDOZA ROJAS**.

Acto seguido se procedió a la exposición de la tesis, con el fin de optar al Grado Académico de **MAESTRO(A) EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA QUÍMICA, MENCIÓN INGENIERÍA EN GESTIÓN Y DESARROLLO DE LOS RECURSOS NATURALES**, Formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por la graduanda.

A continuación el Jurado Examinador y Calificador de tesis procedió a la votación, la que dio como resultado el siguiente calificativo: DIECISEIS (16).

**CALIFICACION (\*)**

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Aprobado por unanimidad    | x |
| Aprobado por Mayoría       | - |
| Desaprobada por Unanimidad | - |
| Desaprobada por mayoría    | - |

(\*) Marcar con aspa

Luego, el presidente del Jurado recomienda que la Escuela de Posgrado proponga que se le otorgue al **Bach. Gabriel Arturo CERRÓN LEANDRO** el Grado Académico de **MAESTRO(A) EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA QUÍMICA, MENCIÓN INGENIERÍA EN GESTIÓN Y DESARROLLO DE LOS RECURSOS NATURALES**. Siendo las 7:45 pm hrs. Se levanta la sesión.

Se extiende el acta en la ciudad de Ayacucho, a las 7:45 pm hrs. Del 03 de marzo 2023.

.....  
**Dr. Emilio Germán RAMÍREZ ROCA**  
Director (e) de la Escuela de Posgrado

.....  
**Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA**  
Director de la Unidad de Posgrado – UPG-FIQM

.....  
**Mg. Tarcila ALCARRAZ ALFARO**  
Miembro

.....  
**MC. Gloria Ines BARBOZA PALOMINO**  
Miembro

.....  
**Dr. Marco Rolando ARONES JARA**  
Secretario Docente

**Observaciones:**

.....