

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“CONDICIONES FAVORABLES PARA LA  
OBTENCIÓN DE ACEITE DE OLIVA (*Olea  
europaea* L.) EN UN EXTRACTOR SOXHLET  
MODIFICADO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

AUTORES:           GIANNINA CRISTINA TEJEDA CARRIÓN  
                          EMMANUEL RENZO RENATO TORIBIO CONDE

Callao, Junio, 2017

PERÚ



## **PRÓLOGO DEL JURADO**

La presente Tesis fue sustentada por los Bachilleres TEJEDA CARRIÓN GIANNINA CRISTINA y TORIBIO CONDE EMMANUEL RENZO RENATO ante el JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS conformado por los siguientes Docente Ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

Ing. ÁVALOS JACOBO VICTOR HUGO : Presidente

Ing. HERRERA SANCHEZ SONIA ELIZABETH : Secretaria

Ing. RANGEL MORALES FABIO MANUEL : Vocal

Ing. CARRASCO VENEGAS LUIS AMERICO : Asesor

Conforme a lo asentado en el LIBRO 2 FOLIO No. 89 ACTA No. 228 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS de fecha DIECINUEVE DE ABRIL DEL DOS MIL DIECISIETE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico, de acuerdo a lo normado por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado por Resolución No. 082-2011-CU de fecha 29 de abril de 2011.

### **Dedicatoria**

A Dios nuestro Padre Celestial y a nuestros padres le dedicamos con mucho amor, el esfuerzo puesto en el presente trabajo de investigación.

## **Agradecimientos**

Nuestro más sincero agradecimiento:

A Dios, puesto que nos ha brindado el Don de la Vida para llegar hasta la culminación del presente trabajo de tesis.

A nuestras familias, por su cariño y apoyo constante, especialmente a nuestros padres, quienes son nuestra gran inspiración y a nuestros hermanos, quienes nos brindaron su compañía y aliento para continuar luchando por este sueño.

A nuestra querida Facultad de Ingeniería Química, que nos dio cinco años llenos de experiencias académicas con nuestros maestros y compañeros, momentos que jamás olvidaremos.

A nuestros queridos profesores, quienes supieron transmitir de manera efectiva sus conocimientos académicos y éticos, que ahora son parte de nuestro perfil profesional.

A nuestro asesor de tesis, el Dr. Luis Carrasco Venegas, quien nos apoyó decididamente en todo momento, aportándonos ideas importantes gracias a su experiencia y trayectoria.

A nuestros jefes de trabajo el Ing. Fredy Castillejo y la Ing. Marleny Añanca, quienes nos brindaron las facilidades y permisos necesarios para realizar los ensayos experimentales y búsqueda de información que requirió la presente de tesis.

## Tabla de contenido

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
1.1. <b>Identificación del problema</b> .....	16
1.2. <b>Formulación del problema</b> .....	18
1.2.1. Problema general .....	18
1.2.2. Problemas específicos .....	18
1.3. <b>Objetivos de la investigación</b> .....	18
1.3.1. Objetivo General .....	18
1.3.2. Objetivos específicos .....	19
1.4. <b>Justificación</b> .....	19
1.5. <b>Importancia</b> .....	21
II. MARCO TEÓRICO .....	22
2.1. <b>Antecedentes del estudio</b> .....	22
2.2. <b>Historia del olivo</b> .....	23
2.3. <b>Características botánicas del olivo</b> .....	27
2.3.1. Taxonomía de la aceituna.....	28
2.3.2. Morfología y Fisiología de la aceituna.....	29
2.4. <b>Formación de la aceituna y de su aceite</b> .....	30
2.5. <b>Desarrollo y maduración del fruto</b> .....	33
2.6. <b>Producción mundial de aceituna de mesa</b> .....	34
2.7. <b>Producción Nacional de aceituna</b> .....	35
2.8. <b>Principales variedades de aceitunas producidas en Perú</b> .....	36
2.9. <b>Extracción del aceite de oliva</b> .....	38
2.10. <b>Extracción del aceite de orujo</b> .....	39
2.11. <b>Composición del aceite de oliva</b> .....	40
2.12. <b>Caracterización del aceite de oliva</b> .....	42
2.12.1. Índice de acidez .....	43
2.12.2. Índice de saponificación.....	43
2.12.3. Índice de refracción.....	43
2.12.4. Índice de iodo.....	43

<b>5.2. Características de la aceituna .....</b>	<b>80</b>
<b>5.3. Características del aceite de oliva obtenido .....</b>	<b>81</b>
5.3.1. Determinación de densidad relativa .....	81
5.3.2. Determinación de materia volátil .....	82
5.3.3. Determinación del Índice de refracción ( $n^{20}$ ) .....	83
5.3.4. Determinación del Índice de acidez .....	84
5.3.5. Determinación del Índice de Peróxido .....	85
5.3.6. Determinación del índice de saponificación.....	86
5.3.7. Determinación del índice de yodo.....	87
<b>5.4. Condiciones favorables para la obtención de aceite de oliva en un equipo Soxhlet modificado.....</b>	<b>90</b>
5.4.1. Determinación del tamaño de partícula.....	90
5.4.2. Determinación del número de etapas y la relación sólido-líquido .....	91
<b>VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>96</b>
6.1. Contrastación de hipótesis con los resultados.....	96
<b>VII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>100</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>102</b>
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>104</b>

### Lista de tablas

<b>Tabla 1:</b> Distribución geográfica de la producción mundial de aceite de oliva .....	26
<b>Tabla 2:</b> Composición química de las aceitunas .....	31
<b>Tabla 3:</b> Composición aproximada del mesocarpio de aceitunas de tres variedades (g/100g de peso del fruto fresco) .....	34
<b>Tabla 4:</b> Composición en ácidos grasos por cromatografía de gases (% m/m de ésteres metílicos).....	41
<b>Tabla 5:</b> Composición límite para aceites españoles e italianos .....	42
<b>Tabla 6:</b> Exportación de aceite de oliva (t), periodo 2009-2012.....	47
<b>Tabla 7:</b> Proporción de los aceites de oliva en el comercio internacional de aceites comestibles.....	49
<b>Tabla 8:</b> Operacionalización de las variables.....	67
<b>Tabla 9:</b> Rendimiento de aceite de oliva en equipo Soxhlet modificado .....	79
<b>Tabla 10:</b> Características físicas y químicas de la aceituna del valle de Cháparra ....	80
<b>Tabla 11:</b> Densidad relativa del aceite de oliva obtenido .....	81
<b>Tabla 12:</b> Porcentaje de materia volátil en el aceite de oliva obtenido.....	82
<b>Tabla 13:</b> Índice de refracción a 20 °C del aceite de oliva obtenido.....	83
<b>Tabla 14:</b> Índice de acidez del aceite de oliva obtenido .....	84
<b>Tabla 15:</b> Índice de peróxido del aceite de oliva obtenido .....	85
<b>Tabla 16:</b> Índice de saponificación del aceite de oliva obtenido .....	86
<b>Tabla 17:</b> Índice de iodo del aceite de oliva obtenido.....	87
<b>Tabla 18:</b> Tabla resumen de análisis físicos y químicos del aceite de oliva obtenido	88

<b>Tabla 19:</b> Tabla comparativa de los resultados .....	89
<b>Tabla 20:</b> Determinación del tamaño de partícula de la aceituna .....	90

### Lista de Gráficas

<b>Gráfica 1:</b> Producción mundial de la aceituna de mesa campaña 2013/2014 .....	35
<b>Gráfica 2:</b> Producción nacional de aceituna hasta el año 2009.....	36
<b>Gráfica 3:</b> Producción mundial de aceite de oliva campaña 2013/2014 .....	46
<b>Gráfica 4:</b> Prueba N°1 de extracción de aceite de oliva.....	91
<b>Gráfica 5:</b> Prueba N°2 de extracción de aceite de oliva.....	92
<b>Gráfica 6:</b> Prueba N°3 de extracción de aceite de oliva.....	93
<b>Gráfica 7:</b> Prueba N° 4 de extracción de aceite de oliva .....	94
<b>Gráfica 8:</b> Comparación de diferentes condiciones para la extracción de aceite de oliva.....	95

Innovación (I+D+i) de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao.

Los resultados de la caracterización físico-química indican que el aceite obtenido cumple con los estándares establecidos por CA correspondiente a la categoría de “aceite de oliva virgen”, aunque técnicamente no se le asigna esta categoría ya que la extracción se llevó a cabo con solvente. El índice de acidez observado fue 0,8428 (% ácido oleico), el índice de peróxido fue 9,3558 (meq O<sub>2</sub>/kg aceite), el índice de saponificación fue 191,5968 (mg KOH/ g aceite, el índice de iodo fue 83,9608 (g I<sub>2</sub> / 100g muestra).

**Palabras clave:** Aceituna, aceite de oliva, ácidos grasos, extractor Soxhlet, extracción sólido-líquido, disolvente, hexano.

## **Abstract**

Vegetable oils contain monounsaturated (omega-9), polyunsaturated (omega-6) and small amounts of (omega-3) fatty acids. Olive oil in particular contains a large percentage of mono-saturated fatty acids (oleic acid), accounting for up to 83% of the total fatty acids present in this fruit. The composition of this oil is of great importance from the nutritional point of view. (IOC, 2015).

The objective of the present investigation was to determine the favorable conditions for obtaining the olive oil by solid-liquid extraction in a Soxhlet equipment by modifying, taking as extraction material previously conditioned for this operation and considering as extraction parameters the granulometry of the Sample, the number of stages and the solid-liquid ratio; the objective was to determine the physical and chemical characteristics of the olive oil obtained in order to know if it meets the quality standards required by the International Olive Oil Council (IOC) and the Codex Alimentarius (CA). The acid value, total ash, saponification index, peroxide index and refractive index were determined by AOAC official methods, moisture content was determined by official IUPAC method and the iodine index was determined by the Wijs method . All the extraction tests were carried out at the boiling temperature of hexane (69 ° C) and were carried out in the Research, Development and Innovation (R & D + i) laboratory of the Faculty of Chemical Engineering of the National University of Callao.

The results obtained from the physicochemical characterization indicate that this oil complies with the standards established by CA corresponding to the category of "virgin olive oil", although it is not technically assigned this category since the extraction was carried out with solvent . The acid value index was 0.8428 (% oleic acid), the peroxide index was 9.3558 (meq O<sub>2</sub> / kg oil), the saponification index was 191.5968 (mg KOH / g oil), iodine number Was 83.9608 (g I<sub>2</sub> / 100g sample).

**Keywords:** olive, olive oil, fatty acids, Soxhlet extractor, solid-liquid extraction, solvent, hexane.

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Identificación del problema**

El Perú se ha venido desarrollando en los últimos años de manera protagónica en la producción de aceite de oliva, de tal manera que encabeza la lista de países exportadores de aceite de oliva a nivel sudamericano (COI, 2015).

El crecimiento de producción de aceite de oliva se debe a que en la actualidad se están recomendando aceites vegetales que brinden mayor beneficio nutricional al hombre, y por supuesto el aceite de oliva cumple estas características y debe primar en la dieta de todos, esto según la recomendación de médicos nutricionistas en todo el mundo, ya que cada día las publicaciones científicas muestran más beneficios que el consumo de este aceite genera en la salud y desarrollo del hombre (OMS, 2015). La característica principal del aceite de oliva que diferencia este aceite de los demás aceites vegetales, es que tiene un contenido elevado de ácido oleico, este ácido graso al ser monoinsaturado tiene doble enlace, lo que lo hace menos susceptible a la oxidación, por lo tanto tiene una alta estabilidad y larga vida útil, este aceite en nuestro organismo cumple la función de controlar y reducir las grasas saturadas acumulada, por esto es de vital importancia su consumo (Innis, 2008).

El aumento de la demanda de aceite de oliva se ha visto reflejado en la modernización parcial de las plantas productoras de este aceite en el Perú, pero

todavía existen fundos que mantienen el proceso tradicional de extracción de aceite de oliva, es decir, con las técnicas de molienda que los españoles empleaban desde la época de la conquista, ya que ellos trajeron por primera vez el cultivo al Perú. (Kiritzakis, 1992).

La presente investigación busca determinar las condiciones favorables para la extracción de aceite de oliva, información que servirá como base técnica y científica para el diseño de futuras plantas industriales, que nos permitirá posicionarnos como principales productores de aceite de oliva.

Los parámetros que considerados para la extracción del aceite de oliva fueron, la granulometría de la muestra, la proporción de muestra respecto al solvente y el número de etapas de extracción. Para la realización de las pruebas experimentales se empleó un equipo de extracción sólido-líquido, Soxhlet modificado, el cual nos permitió extraer una porción de miscela en cada etapa y también permitió recuperar el solvente al final de la operación. El solvente empleado fue hexano, solvente que es conocido por su gran poder para la extracción de aceites y nuestra materia prima fue aceituna traída de los fundos del valle de Cháparra, de la provincia de Caravelí –Arequipa, que representa la segunda zona productora de aceitunas a nivel Nacional. (De La Rocha, 1991).

Para que el aceite de oliva peruano tome presencia en el mercado internacional debe cumplir un estándar alto de calidad, tal como lo establece el Consejo Oleícola

### 1.3.2. Objetivos específicos

- a. Identificar las características del extractor Soxhlet modificado.
- b. Identificar las características físicas y químicas de la aceituna.
- c. Identificar las características físicas y químicas del aceite de oliva extraído.

### 1.4. Justificación

Las razones que justifican el presente trabajo de investigación, son las siguientes:

- a) Teórico: Las condiciones favorables que se determinaron como resultado del proceso de investigación, servirán como referencia para la operación de extracción sólido-líquido de aceite de oliva o de otras materias primas, según los requerimientos del mercado.
- b) Técnica: La determinación de las condiciones favorables para la extracción de aceite de oliva mediante las pruebas experimentales en el equipo Soxhlet modificado desarrolladas en el laboratorio, quedaron firmemente sustentadas de modo que servirán como fuente confiable de los parámetros a considerar para un futuro diseño y desarrollo de la tecnología industrial aplicada a la extracción sólido-líquido de aceite de oliva o de otra materia prima de similares características.

- c) Económico: Las condiciones favorables que se hallaron, permitirán diseñar equipos de extracción sólido-líquido a escala industrial para posicionarnos a nivel mundial como principales exportadores de aceite de oliva, generando de esta manera ingresos económicos directamente a la industria aceitera peruana, que comprende desde los mismos olivicultores hasta las empresas productoras y todo el círculo administrativo y comercial que este comprende.
- d) Social: Esta investigación pretende motivar al Estado a invertir y capacitar a los olivicultores en temas relacionados con la industrialización del aceite de oliva, difundiendo las técnicas para optimizar el cultivo de aceitunas en los valles y ampliar la zona destinada a este cultivo. Esto generará desarrollo en las comunidades agrícolas aliviando de esta manera la pobreza en dichas localidades.
- e) Salud: Los altos valores nutricionales que contiene el aceite de oliva podrán ser aprovechados por una mayor cantidad de consumidores, ya que habría mayor cantidad de este producto y de mejor calidad en el mercado nacional e internacional.

### **1.5. Importancia**

La importancia de la presente investigación se debe a la necesidad de continuar con el crecimiento de producción y exportación de aceite de oliva. La demanda internacional en auge que causa este aceite vegetal, se debe a que los estudios revelan más propiedades que permite mejorar la salud del hombre.

Para alcanzar una mayor producción de este aceite se requiere implementar procesos de extracción eficiente de este aceite, de tal forma que se obtenga la mayor cantidad a un menor costo y que el producto posea las características físicas y químicas que el mercado internacional exige.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes del estudio**

En esta investigación se realizaron diversas pruebas experimentales con el fin de determinar cuál es el solvente adecuado para la extracción del aceite de oliva del orujo de oliva utilizando un equipo Soxhlet. Se evaluaron parámetros importantes para la extracción como la humedad del orujo, las características del solvente, el tiempo de extracción, el tamaño de partícula y la cantidad de solvente. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, dando al hexano como el más efectivo por su alta estabilidad y bajo punto de ebullición. Se obtuvo un rendimiento del 7.5% de aceite a partir de la torta de oliva y un 12.7 % a partir de muestras secas. Así mismo se realizó un tratamiento de refinado del aceite extraído con Cloruro de Sodio, pudiendo obtener un aumento del rendimiento de 10% a 16%. (Banat et al., 2013).

En este artículo se propone un modelo matemático que permite calcular el rendimiento de extracción de aceite de oliva en un extractor Soxhlet a partir del orujo de oliva, esto se obtiene a partir de resultados experimentales. Las pruebas estadísticas empleadas para obtener dicho modelo, mostraron que el rendimiento no depende de la granulometría ni de la velocidad de agitación, pero si depende de la temperatura, del tiempo de contacto y de la relación líquido-sólido (L/S). También depende de las interacciones entre el tiempo y la temperatura y el tiempo y la relación líquido-sólido (L/S). (Hocine et al., 2001)

Muestra los resultados de diversos experimentos de extracción de aceite de oliva a partir del orujo de oliva por extracción al aire libre y extracción exhaustiva en un equipo Soxhlet, en ambos casos se usó como solvente orgánico al hexano en medio ácido. El análisis de los resultados de las pruebas experimentales muestra que se logró un mayor rendimiento en la extracción Soxhlet con un 7,5% de ácido acético como medio, el cual ayudó en la descomposición de estructuras celulares. Asimismo existió un aumento de 25 veces el contenido de fosfolípidos al extraerlo que con hexano puro. (Kmieciak et al., 1990).

Muestra un análisis comparativo de las características físico-químicas como índice de acidéz, índice de refracción, índice de iodo y densidad relativa para tres aceites diferentes: Aceite de sacha inchi, aceite de oliva, aceite crudo de pescado, determinando que estos tres aceites son fuente rica en ácidos grasos insaturados (70-80%), cada uno es recomendable según sus características para un público específico. El aceite de oliva está compuesto principalmente de ácido oleico, linoleico y ácido palmítico, el aceite de sacha inchi tiene mayor contenido de ácido linoleico, finalmente el aceite crudo de pescado presenta mayor densidad, menor proporción de ácidos mono y poliinsaturados, por tanto una vida útil más corta. (Paucar L. et al., 2015).

## **2.2. Historia del olivo**

Los olivos se encuentran entre los árboles más antiguos que se cultivan en el mundo. No se conoce con exactitud el antecesor botánico del olivo, aunque se piensa

Alrededor del año 600 D.C. el cultivo del olivo se extendió desde Grecia o el norte de África, a Italia, España y el resto de los países mediterráneos. En el caso particular de España, el olivo fue probablemente introducido por los griegos, romanos y árabes. Esto se deduce en parte por la utilización en España de palabras de origen grecorromano y árabe, asociadas con el tema de los olivos y las aceitunas. Efectivamente, el fruto del olivo, la “aceituna”, y su jugo, el “aceite, son palabras de origen árabe, mientras que el árbol se le llama “olivo” que es la palabra en latín que viene del griego “elea”.

El olivo ha sido ampliamente cultivado en toda la parte sur de Europa, de ahí que se le conozca como “Olea europea”. Cerca del 98% de los olivos que existen en el mundo en la actualidad, están en la zona mediterránea. Los judíos ya conocían los olivos hace miles de años. En la cultura hebrea, el olivo simboliza la paz y la felicidad. Los que utilizaban para su alimentación grasas animales en vez de aceite de oliva, eran considerados bárbaros por los romanos. Roma extendió el cultivo del olivo por todo su imperio.

El cultivo del olivo jugó un papel muy importante en los inicios de las civilizaciones egipcia y griega. A la actual capital Atenas se le dio ese nombre en honor de la diosa Athena, que trajo el olivo a la ciudad. Todavía existe en Atenas, en la calle Sagrada (Iera odos) el Olivo de Platón. Solón promulgó leyes relativas al olivo, también en Atenas. Se creía que dios de los animales y de los cultivos, Aristeos, inventó el

cultivo del olivo y los molinos para las aceitunas. Véase la Tabla 1 de la distribución del olivo en el mundo.

**Tabla 1:** Distribución geográfica de la producción mundial de aceite de oliva

Europa 84%	Asia 5,5%	África 8,5%	América 2%
España	Turquía	Túnez	Argentina
Italia	Siria	Argelia	U.S.A.
Grecia	Líbano	Marruecos	México
Portugal	Israel	Libia	Uruguay
Francia	Irak	N. África	Perú
Ucrania	Irán		
Ex Yugoslavia	Japón		

Fuente: Kiritsakis (1992)

El olivo tiene una gran importancia histórica. Ha jugado un papel preponderante en diversos campos: en la dieta, en la religión, en la decoración de cerámicas, de muros y de piezas de oro artísticas. También ha sido el símbolo para la paz, la sabiduría y la victoria. Las coronas para los ganadores de los juegos olímpicos estaban hechas de ramas de olivo (Kotinos).

Por pinturas encontradas en el palacio de knossos, en Creta, se sabe que la gente consumía aceitunas, y que utilizaban el aceite de oliva para cocinar y también como combustible para las lámparas. Los arqueólogos piensas que la riqueza del reinado de Minoic procedía del floreciente comercio del aceite de oliva de Creta. Se utilizaban

grandes recipientes de arcilla para el almacenamiento del aceite. Incluso hoy en día es posible encontrar recipientes de este tipo en Konossos, Phestos y otros lugares.

### **2.3. Características botánicas del olivo**

El nombre que se le da en botánica al olivo es *Olea europea*, que viene de la palabra griega “*elea*”, utilizada para designar al olivo, y que en Latín pasa a ser “*olea*”. El género *Olea* es un miembro de la familia *Oleaceae*, que también incluye otros géneros bien conocidos.

Un olivo puede llegar a vivir más de mil años. Su longevidad está relacionada con su capacidad de producir brotes y raíces de las temporales generadas por formaciones neoplásticas que abundan en la base de la parte inferior del tronco. Normalmente, estas formaciones permanecen enterradas, pero son claramente visibles y están muy desarrolladas en los árboles viejos.

El olivo tiene unas exigencias climáticas estrictas, si queremos que crezca bien y de buenos frutos. No crece en los lugares donde en los inviernos se alcanzan temperaturas debajo de  $-9^{\circ}\text{C}$ , ya que morirían los árboles. Sin embargo los olivos necesitan una cierta cantidad de frío durante el invierno, con objeto de que se produzcan flores para la próxima cosecha.

### 2.3.2. Morfología y Fisiología de la aceituna

- **Planta:** Árbol Perennifolio que puede alcanzar alturas considerables, aunque se prefiere en formas bajas. La base del tronco se denomina peana.
- **Sistema radicular:** Raíz pivotante que se ramifica mucho.
- **Hojas:** Lanceoladas, decusadas y coriáceas.
- **Flores:** Perfectas (Masculinas con distintos grados de desarrollo del pistilo). Especie andromónica, lo cual es un carácter varietal y nutritivo (El factor limitante es el agua). Flores gamopétalas con cuatro pétalos blancos y dos anteras, dispuestas en inflorescencias que salen de las axilas de las hojas de los ramos fructíferos (Ramos de un año de edad). Ovario con cuatro óvulos y pistilo muy corto. En las semanas posteriores a la floración tiene lugar la caída de flores y pequeños frutos, de forma que el cuajado es del 1-2%.
- **Fruto:** Drupa de color vinoso negro al madurar y alto contenido energético.
- **Polinización:** Especie anemófila y parcialmente autocompatible. Es recomendable la polinización cruzada y la colocación de polinizadores, aunque las plantaciones monovarietales son la norma.

#### **2.4. Formación de la aceituna y de su aceite**

El fruto del olivo, es decir, la aceituna, es una drupa (como el melocotón o la cereza), de forma ovalada, que se puede dividir en dos partes principales, que son el pericarpio y el endocarpio.

El pericarpio está compuesto por: El epicarpio o piel y el mesocarpio o pulpa. El endocarpio, también llamado hueso, contiene la semilla. El pericarpio representa el 66-85% del peso del fruto. El resto corresponde al endocarpio. El peso de la semilla no pasa de ser el 3% del total del fruto. El pericarpio contiene el 96-98% del total del aceite, mientras que el restante 2-4% es aceite procedente del hueso. La composición física que describe Kiritzakis se muestra en la Figura 1.

Las olivas frescas y maduras están compuestas de agua, aceite, azúcares, proteínas, pectinas, ácidos orgánicos, taninos, oleuropeína, componentes inorgánicos, etc. En la pulpa de la aceituna se han detectado los ácidos cítricos, oxálico, malónico, fumárico, tartárico, láctico, acético y tricarbollélico. La composición de la aceituna puede cambiar según la variedad cultivada, las circunstancias externas y el grado de madurez. En la Tabla 2, se muestra la composición química media de las aceitunas, en tanto por ciento.

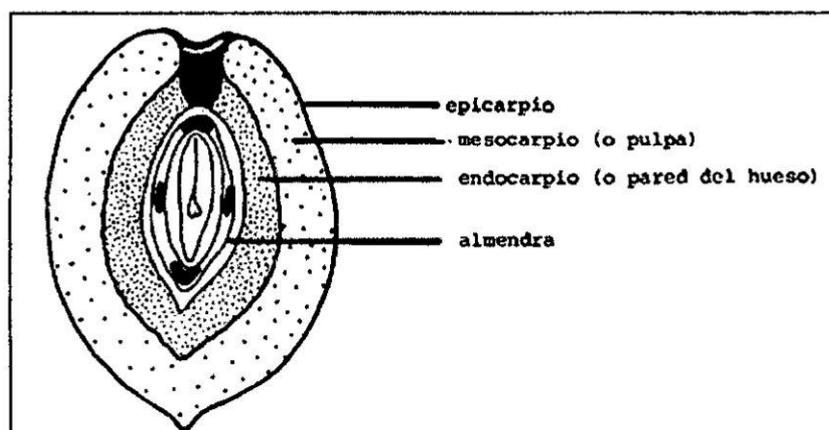
**Tabla 2:** Composición química de las aceitunas

Componente	Tanto por ciento
Agua	50,0
Aceite	22,0
Azúcares	19,1
Celulosa	5,8
Proteínas	1,6
Cenizas	1,5
TOTAL	100

Fuente: Kiritsakis (1992)

Se sabe que las variedades de olivo con frutos grandes, tienen menor contenido en aceite y mayor proporción de azúcares, por lo que se utilizan como aceitunas de mesa. Las variedades de olivo más apropiadas para la producción de aceite, tienen frutos de tamaño medio, y cuando están maduros contienen un 15 – 40 % de aceite. Raina y otros, indican que en la variedad “Coratina”, cultivada en la India, se ha encontrado hasta un contenido en aceite del 43,4%. Las aceitunas todavía verdes utilizadas para aderezo, contienen muy poco aceite (8% e incluso menos).

**Figura 1:** Composición de la aceituna



Fuente: Kiritzakis (1990)

La relación pulpa/hueso en las aceitunas para aceite es de 4:1 a 8:1. En el caso de las aceitunas de mesa, la relación es de 7:1 a 19:1. Las variedades de aceitunas más empleadas en la obtención de aceite son: Arauco, Corfolia, Koroneki, Dafnolia, Fratoio, Lechín, Picual, Razzola, Rougette, Smertolia, Taggiasca, Tsounati, Zorzalena. En cuanto a las variedades que se utilizan para aceituna de mesa, tenemos: Ascolano, Conservolia, Halkidikis, Gordal, Kalamata, Manzanilla, Mission y Sevillana. Algunas variedades son apropiadas para la obtención de aceites como para su consumo en mesa, como por ejemplo megaritiki y Hohiblanco. El científico Balatsourass, ha descrito todas las variedades importantes.

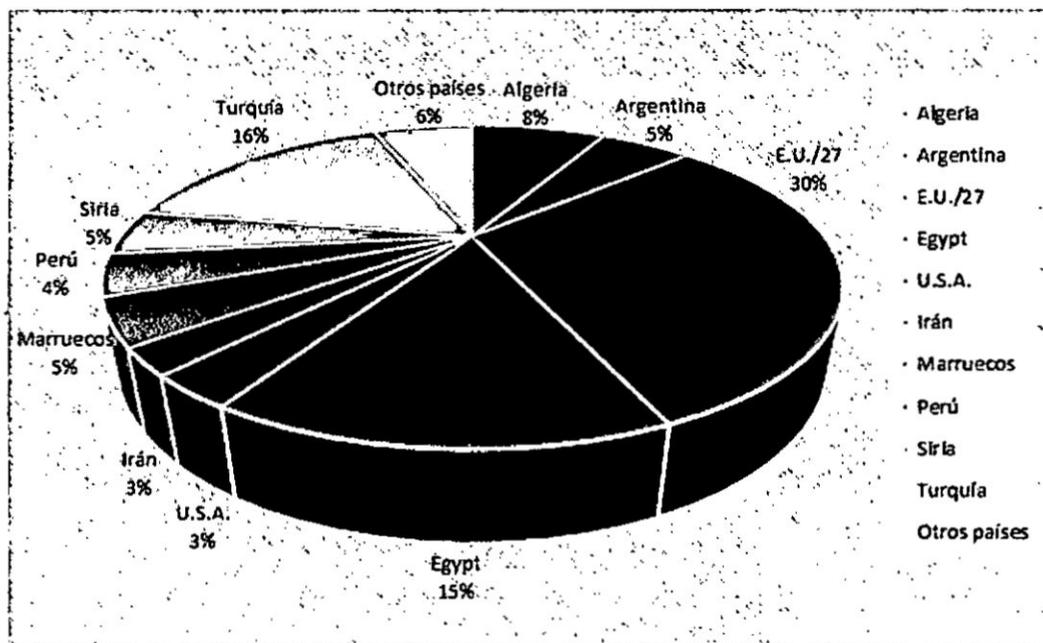
## **2.5. Desarrollo y maduración del fruto**

Las aceitunas siguen un modelo cíclico de crecimiento. El desarrollo es rápido durante la primera etapa y más lento durante la segunda, en agosto y setiembre. La tercera etapa, en otoño, se caracteriza otra vez por un desarrollo rápido y coincide con los cambios de color, de verde a amarillo, rojo y negro. Dado que el valor de las aceitunas aumenta con su tamaño, se trata de retrasar la recolección de las aceitunas. No es sin embargo, conveniente retrasar demasiado la recogida, ya que los frutos se pueden ver perjudicados por las heladas.

El peso de una aceituna madura puede variar de 0,5 a 12 gramos, aunque se han encontrado valores extremos de 0,5 o 20 gramos, de forma ocasional.

Oleuropeína, es un glicósido fenólico típico de las aceitunas. Es responsable del sabor amargo de los frutos aún sin madurar. Conforme madura la aceituna, va disminuyendo la cantidad de oleuropeína. El contenido este podría llegar a ser el 14% de la materia seca en los frutos jóvenes. A la oleuropeína también se le conoce por sus propiedades farmacéuticas. Véase la Tabla 3 donde se presenta la composición aproximada del mesocarpio de tres diferentes variedades de aceituna.

**Gráfica 1:** Producción mundial de la aceituna de mesa campaña 2013/2014



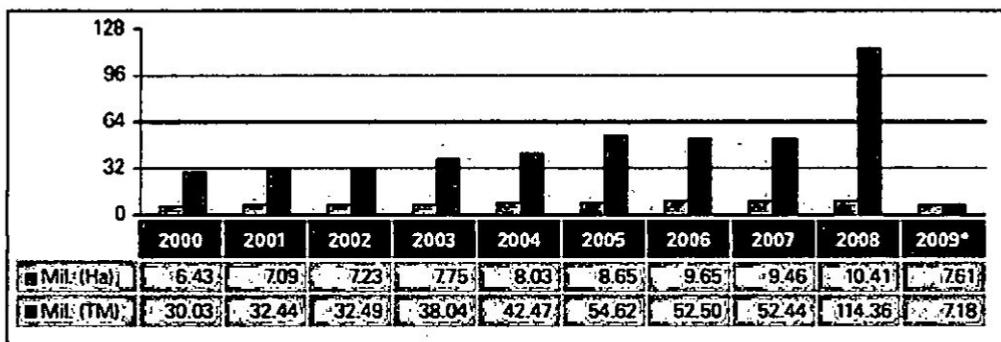
Fuente: COI (2015)

### 2.7. Producción Nacional de aceituna

Las principales zonas de producción de aceituna en el Perú, ya sea para mesa o para aceite, son Tacna y Arequipa y de menor relevancia las zonas de Ica, Lima, La Libertad, y Moquegua, de las cuales la región que tiene mayor rendimiento es Lima con 5.2 TM/Ha, según lo publicó el MINAGRI en el 2011. (Véase Gráfica 2).

En el primer trimestre de este año (enero-marzo), el sector agropecuario experimentó un crecimiento de 1,6%, pese a la presencia del Fenómeno de El Niño en el país, según el ministro de Agricultura y Riego, Juan Manuel Benites.

**Gráfica 2: Producción nacional de aceituna hasta el año 2009**



Fuente: MINAGRI (2011)

## 2.8. Principales variedades de aceitunas producidas en Perú

Díaz (2006) citado por Guevara (2011, p.8) menciona que las principales variedades de aceitunas que se producen en el Perú son la Sevillana, Ascolana y Liguria. A continuación se describirá brevemente cada una de ellas.

### a) Aceituna Sevillana

Más conocida como “criolla”, representa la variedad más antigua del país, se produce en diferentes regiones del país como Huaral, Ica, Pisco, Bella Unión, Yauca la Ensenada, Caravelí, Mejía, Mollendo, Ilo y Tacna. El árbol es grande, de color negro-morado intenso a la madurez. Es la mejor variedad para la preparación de aceitunas botija, machacada y seca, productos que representan la mayor demanda en el mercado nacional.

La aceituna Sevilla puede ser de dos clases: Manzanilla y Gordal. La primera *Olea europaea pomiformis*, es una aceituna muy empleada en España para la industria de conservas, su árbol es de gran tamaño, poco exigente respecto al clima y tiene una producción semi-temprana. Por otro lado la aceituna Gordal *Olea europea regalis*, es una variedad muy restringida a la región de Sevilla, ya que su cultivo es muy difícil en otras zonas, es la variedad de aceituna de mayor tamaño lo que la diferencia de las otras variedades, su sabor es peculiar y su hueso también es proporcionalmente mayor al de otras, su textura es muy fibrosa. Su contenido en aceite es muy bajo, por lo tanto se le atribuye sabores suaves. Véase la Figura 2.

**Figura 2:** Aceituna Manzanilla de Sevilla (*Olea Europaea pomiformis*)



Fuente: Uceda (2008)

#### b) Aceituna Ascolana

Es de las principales variedades de aceitunas de mesa italiana, su árbol es de tamaño un poco más que mediano, rústico, de producción semi-temprana, autofértil. Esta variedad es ideal para producción de conserva, ya que las frutas son de buenas características, aunque de cutícula muy delicada, que se madura fácilmente al ser cosechada.

#### c) Aceituna Liguria

Este tipo de aceituna se emplea generalmente para aceite, fue introducida por Chile, su árbol es de gran tamaño y muy productivo. Se emplea exclusivamente para aceite.

### 2.9. Extracción del aceite de oliva

El aceite se encuentra en forma de diminutas gotas contenidas en las vacuolas de las células del mesocarpio de los frutos. El molido (trituration) de los citados frutos ayuda a efectuar mejor la separación del aceite. Durante la molienda, las gotas microscópicas se unen para formar otras más grandes (fenómeno de coalescencia). El batido que sigue a la trituration, conduce a la formación de gotas aún mayores, hasta que se produce la separación de una fase aceitosa.

El proceso de la molienda o trituration, afecta, tanto al rendimiento como a la calidad del aceite. Durante este proceso, se debe evitar exponer la "superficie" del

aceite al contacto con el aire, para evitar pérdidas de aroma y limitar el deterioro de dicho aceite por oxidación.

### **2.10. Extracción del aceite de orujo**

A nivel industrial la obtención de aceite de oliva se hace mediante la operación mecánica de prensado, y para recuperar todo el aceite posible se realiza la extracción del aceite de orujo, el cual es la pasta residual tras la operación de prensado de las aceitunas. Se debe tener en cuenta algunas recomendaciones para aumentar en el rendimiento de la extracción de aceite de orujo.

Es preciso secar el orujo para proceder a la extracción de su aceite. La operación de secado se realiza en cilindros horizontales rotativos, con el paso de aire caliente. El orujo seco que ya ha sido sometido a la extracción de aceite, se utiliza para calentar ese aire. El orujo seco y caliente, pasa a unos extractores donde se mezcla con bastante disolvente. El disolvente más utilizado es el hexano. La cantidad de hexano utilizada influye sobre la cantidad de aceite extraído.

El producto de extracción (una solución de aceite y disolvente), se le llama "miscela". Esta micela se somete a filtración y a destilación para separar el aceite del disolvente.

Este aceite al que se denomina "aceite de orujo", contiene una gran cantidad de ácidos grasos libres, que hacen aumentar la acidez y bajar la calidad. Contiene también

pigmentos, tales como clorofilas y antocianinos, así como otros constituyentes que contribuyen a darle su aroma característico y su sabor dulce. El aceite de orujo es de inferior calidad que el aceite de oliva virgen. Se pueden añadir pequeñas cantidades de aceite de orujo refinado al de oliva virgen.

### **2.11. Composición del aceite de oliva**

El aceite de oliva es una mezcla de esteres de la glicerina (propanotriol) y de diferentes ácidos grasos, en el cual la glicerina fija radicales ácidos, unos ácidos insaturados, como el palmítico y el esteárico, v.gr., y otros líquidos no saturados, como el oleico, aránquico y el linoleico. El 98 a 99 por 100 de su composición son glicéridos. Este último procede del aceite contenido en el hueso. Predomina de tal manera el ácido oleico sobre los demás en el aceite de oliva, que sirve para caracterizarlo y es al que debe su cualidad de conservarse líquido a la temperatura superior a 4°, tal como se muestra en la Tabla 4. Contienen también los aceites de oliva materias insaponificables (0,14 a 2 por 100), que son fitostérol y colorantes naturales, clorofila, v.gr. En la Tabla 5 se muestra los límites en la composición de los aceites españoles e italianos, a considerar como referencia.

**Tabla 4:** Composición en ácidos grasos por cromatografía de gases (% m/m de ésteres metílicos)

Ácidos grasos	Cadena	Límites
Mirístico	C 14:0	≤ 0,03
Palmítico	C 16:0	7,5 – 20,0
Palmitoleico	C 16:1	0,30 – 20,00
Heptadecanoico	C 17:0	≤ 0,30
Heptadecenoico	C 17:1	≤ 0,30
Esteárico	C 18:0	0,50 – 5,00
Oleico	C 18:1	55,00 – 83,00
Linoleico	C 18:2	2,50 – 21,00
Linolénico	C 18:3	≤ 1,00
Araquídico	C 20:0	≤ 0,60
Gadoleico (eiseñoico)	C 20:1	≤ 0,40
Behénico	C 22:0	≤ 0,20
Lignocérico	C24:0	≤ 0,20

Fuente: COI (2015)

**Tabla 5:** Composición límite para aceites españoles e italianos

Ácido	Tanto por ciento
Ácido oleico	66 a 85 %
Ácido palmítico	7,5 a 14 %
Glicerina (calculada)	4 a 8,5 %
Ácido esteárico	2,2, a 2,4 %
Ácido linólico	0,5 a 11,5%
Ácido aráquico	0 a 0,26%
Ácido mirístico	0 a 0,15 %
Materias insaponificables	0,8 a 2 %

Fuente: J. De Soroa (1944)

Las materias colorantes del aceite de oliva se deben, principalmente, a la clorofila o materia colorante verde y a la xantofila o pigmento amarillo contenido en la aceituna. Puede, además, ser motivado el color de tales aceites por ciertas substancias colorantes contenidas en algún residuo o impureza. Los glicéridos son, en cerca de sus cuatro quintas partes, de oleato de glicerina.

## **2.12. Caracterización del aceite de oliva**

Para poder clasificar el aceite de oliva, se deben conocer las características que este posee, los atributos principales que se debe determinar son los siguientes:

#### 2.12.1. Índice de acidez

Se determina el grado de acidez o tanto por ciento de todos los ácidos libres, expresándolo en gramos de ácido oleico por cien gramos de aceite. Se expresa el índice de acidez por el número de miligramos de hidrato potásico que se necesita para saturar los ácidos grasos de un gramo de aceite.

#### 2.12.2. Índice de saponificación

Es el número de miligramos de hidrato potásico que convierte en jabón un gramo de aceite. Disminuye con el aumento del peso molecular del ácido graso y suele oscilar de 182 a 196.

#### 2.12.3. Índice de refracción

Relación entre la velocidad de la luz en la grasa o aceite y la velocidad de la luz en el aire o vacío. Es una característica útil para clasificar rápidamente aceites de identidad desconocida u observar los procesos de una hidrogenación catalítica. Tiene una estrecha relación con el peso molecular medio y el grado de insaturación de las sustancias lipídicas.

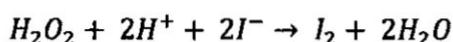
#### 2.12.4. Índice de iodo

El índice de iodo es la cantidad de este elemento que puede fijar cien gramos de aceite, y está en razón directa de la cantidad de ácido graso no saturado, como es el oleico. De todos los aceites, a excepción del de palma, es el de oliva el que fija menor dosis de iodo, y es, por consiguiente, este carácter, de interés para distinguir la mezcla del aceite de oliva con los de otras semillas, y oscila tal índice de 77 a 87, aumentando

a medida que madura la aceituna, para luego volver a descender a consecuencia del aumento de variación registrado en la riqueza de ácido oleico.

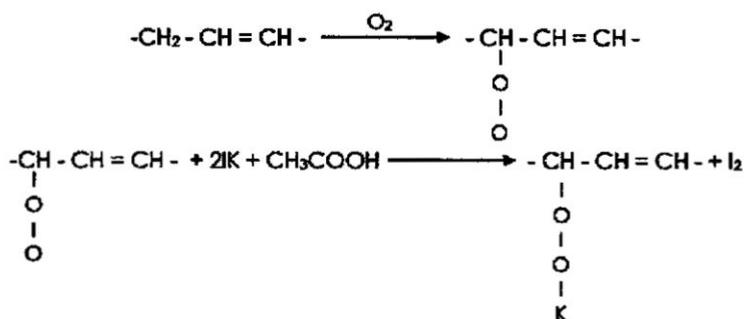
#### 2.12.5. Índice de peróxido

Durante el almacenamiento de los aceites y grasas, los enlaces insaturados absorben oxígeno y reaccionan analógicamente a los peróxidos; los peróxidos reaccionan con el yoduro de potasio (KI) en una solución ácida de acuerdo:



El yodo liberado se titula con tiosulfato de sodio. La reacción es relativamente lenta, pero se acelera al aumentar la concentración de ácido.

En el caso de una grasa oxidada:



### **2.13. Producción mundial de aceite de oliva**

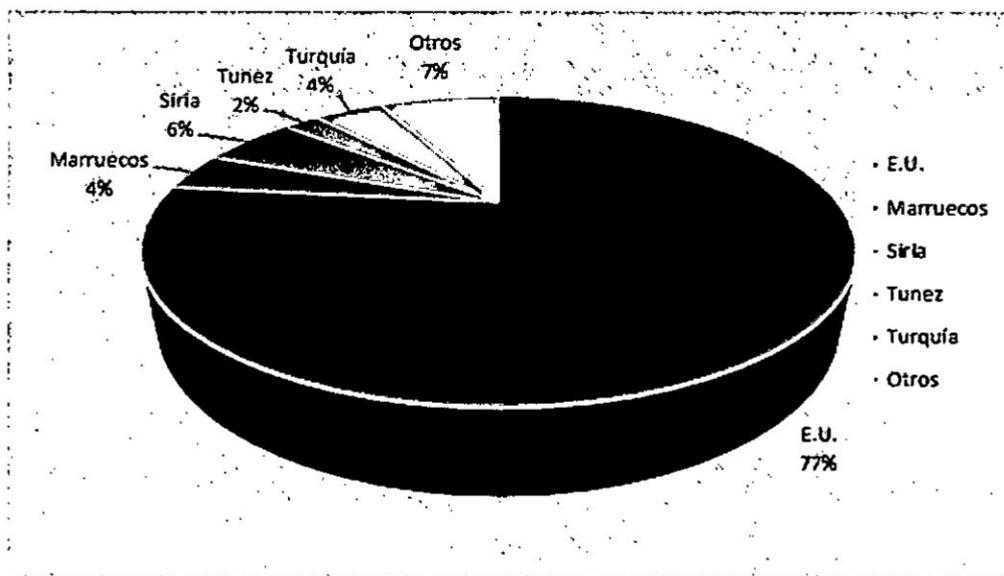
El Consejo Oleícola Internacional (COI) prevé que la producción mundial de aceite de oliva alcance 2,988.500 toneladas en la campaña 2015/16, lo que supone un incremento del 22,2% respecto a la temporada anterior.

Bajo la presidencia de la Unión Europea (UE) y la vicepresidencia de Uruguay, este organismo convocó la 103ª Reunión ordinaria de su Consejo de Miembros que tuvo lugar del 23 al 26 de noviembre del 2015 en la sede de la organización en Madrid.

En este encuentro se adoptaron los balances de las campañas de aceite de oliva y aceituna de mesa de 2013/14 (definitiva), 2014/15 (provisional) y 2015/16 (estimaciones) en lo que se refiere a la producción, consumo e intercambio de estos productos. El resumen se muestra en la Gráfica 3.

Así, según los datos de este organismo, de la producción total de aceite de oliva, 2'049,500 t. corresponderán a la UE, un 42,9% superior a 2014/15. España continuará a la cabeza en producción, con 1'300,000 toneladas, un 54,5% más respecto a la campaña pasada, cuando alcanzó 841,200 toneladas.

**Gráfica 3: Producción mundial de aceite de oliva campaña 2013/2014**



Fuente: COI (2015)

#### **2.14. Producción Nacional de aceite de oliva**

Los principales productores de aceite del país son miembros de la asociación Proolivo (Asociación de Procesadores, Exportadores de Aceitunas, Aceite de Oliva y Derivados del Perú), que se encarga de velar por los intereses de sus asociados en el mercado nacional e internacional.

La calidad del aceite de oliva peruano ha ido en aumento en los últimos años por la modernización de los procesos productivos, pero todavía es de calidad inferior al importado. Esta modernización ha permitido que el aceite de oliva nacional tenga una importante presencia en los supermercados. Actualmente se observa que aproximadamente la mitad del espacio destinado al aceite de oliva es para aceite de

producción nacional. En la Tabla 6 se muestra la cantidad de aceite de oliva nacional exportado en el año 2012 según el Instituto Español de Comercio Exterior ICEX.

**Tabla 6:** Exportación de aceite de oliva (t), periodo 2009-2012

Año	Granel	Envasado	Total
2009	354,82	13,29	368,11
2010	225,53	84,61	310,15
2011	138,99	35,5	192,23
2012	163,13	29,10	192,23

Fuente: Fernandez C. (2013)

### 2.15. Cultivo de olivo en los valles de Caravelí

El olivo es el cultivo permanente más importante en la provincia de Caravelí, región de Arequipa, este valle está comprendido por 2,879 hectáreas y produce 13,086 toneladas por año. Es la segunda zona olivícola luego de Tacna. (Chávez D., et al., 2008).

Entre los principales valles productivos de esta zona tenemos: Acarí, Yauca, Chala, Cháparra, Atico. La cuenca cerrada de Atiquipa y las irrigaciones de Bella Unión y Mochica.

La aceituna producida en los valles caravileños, tienen tamaño y calidad de pulpa, textura firme, color y características organolépticas que le confieren presencia y sabores agradables y le otorgan ventajas comparativas en los mercados.

#### 2.15.1. Cosecha de aceituna en los valles de Caravelí

En los valles olivícolas de la provincia de Caravelí, el momento de recolección ocurren desde mediados de marzo hasta el mes de junio.

El mejor momento para la recolección de aceituna destinada a la producción de aceite, tiene lugar entre fines de abril y mayo. Se debe realizar cuando la mayor parte de los frutos han cambiado de color y más de la mitad de la cara de la aceituna presenta un color violáceo, de esta manera, se obtiene un buen rendimiento en cuanto a volumen y cantidad de aceite.

#### 2.16. Importancia económica del aceite de oliva a nivel mundial

A primera vista los aceites de oliva parecen tener escasa importancia cuando se observan sus datos estadísticos, tanto de producción como de consumo, a nivel mundial. En comparación con otros aceites vegetales comestibles, por los que pudieran ser hipotéticamente sustituidos, los aceites de oliva representan sólo el 3 % del consumo humano, y son netamente superados por los aceites de soja (27 %), palma

(20%), colza (15 %) y girasol (12 %); su porcentaje es sólo similar al del aceite de maíz. En términos del comercio mundial, los aceites de oliva tan sólo representan un 2 % del volumen total de venta de los aceites vegetales comestibles.

En la Tabla 7 se muestra la proporción de aceite de oliva en el comercio internacional de aceites comestibles.

Sin embargo, en términos del valor del producto, los aceites de oliva representan un notable porcentaje del comercio mundial (15 %) debido a que su valor por unidad de producto es significativamente mayor que el de otros aceites alternativos. Este porcentaje, en realidad, puede ser dos, tres e incluso cuatro veces mayor, dependiendo del país, categoría del aceite, y año.

**Tabla 7:** Proporción de los aceites de oliva en el comercio internacional de aceites comestibles

Aceite	Proporción de volumen (%)	Proporción de valor (%)
Palma	45	30
Soja	19	19
Girasol	11	12
Colza	8	9
Laurico	11	9
Oliva	2	15
Maíz	2	3
Otros aceites comestibles	3	3
Total	100	100

Fuente: COI (2015)

Casi siempre el producto valioso es el soluto, pero en ocasiones puede tratarse de una impureza a eliminar del sólido para obtener éste con un grado de pureza mucho más elevado. Las diversas formas en que el soluto puede estar contenido en el sólido inerte influyen sobre la mayor o menor facilidad con que pueda llegar el disolvente hasta él.

Los sólidos sufren por lo general un tratamiento mecánico y a menudo térmico antes de la extracción, a fin de hacer el soluto accesible a la acción del disolvente por medio de una o varias operaciones de preparación o acondicionamiento como trituración, tostación, laminación, pulverización, calentamiento, tratamiento con vapor o humedecimiento.

El soluto puede ser:

- a. Un sólido disperso en el interior del material insoluble o puede estar recubriendo su superficie.
- b. Un líquido adherido o retenido por el sólido o estar contenido dentro de sus estructura celular.

Disolvente (D)

Líquido o mezcla de líquidos cuya función es la extracción del soluto.

Por regla general, el disolvente debe poseer un elevado grado de selectividad frente al soluto a extraer y el sólido agotado debe ser prácticamente insoluble en el

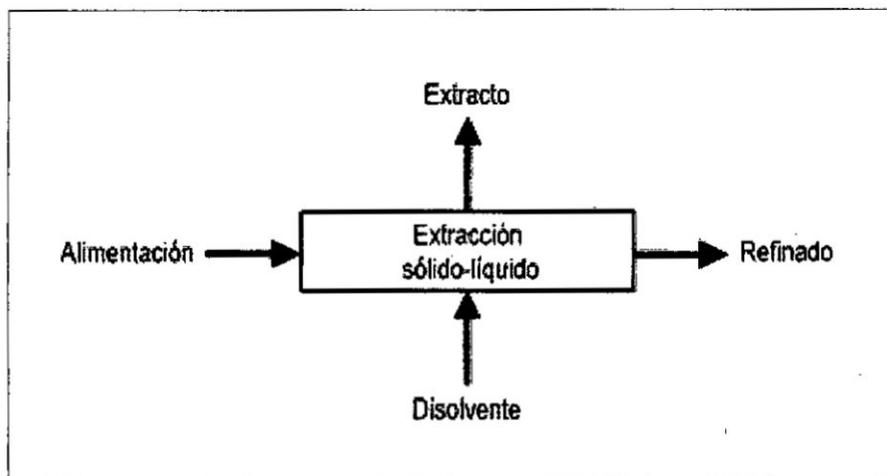
disolvente y fácilmente separable del extracto mediante una operación sencilla (decantación, filtración, etc.).

#### Inerte (I)

Toda materia sólida que contiene el soluto y que resulta insoluble en el disolvente. Es una operación de extracción sólido-líquido: La transferencia de masa en la extracción sólido-líquido tiene lugar en tres etapas:

- Cambio de fase del soluto (Paso del sólido a la disolución).
- Difusión del soluto a través del disolvente contenido en los poros del sólido.
- Transferencia del soluto desde la superficie de las partículas del sólido al seno del líquido.

**Figura 3:** Componentes extracción Sólido - Líquido



Fuente: Ángeles C. (2014)

Dentro de una operación normal de extracción sólido-líquido se distinguen tres etapas:

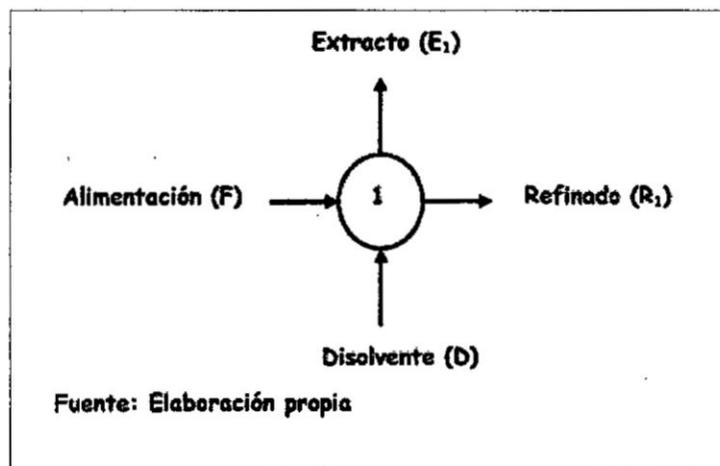
1. Disolución del compuesto soluble. Para ello, es preciso facilitar al máximo la transferencia de materia, mediante un buen contacto entre soluto y disolvente. En muchos casos, es preciso triturar y moler previamente el sólido para procurar el máximo contacto entre solvente y soluto.
2. Separación de la solución "cargada" (extracto) de los sólidos (refinados). Esta operación se lleva a cabo generalmente, por filtración y, en el caso de sólidos densos y grueso, puede ser suficiente una simple sedimentación. El extracto puede comercializarse como tal, o bien, como sucede normalmente, se procede a una separación del soluto, reciclándose el disolvente.
3. Lavado del residuo sólido, para recuperar la mayor cantidad posible de disolvente o para agotar el sólido al máximo. Esta operación se realiza mediante un disolvente distinto del primero y fácilmente separable de este y/o del sólido.

Los parámetros fundamentales en la operación de extracción sólido-líquido son:

- Naturaleza del sólido
- Tamaño del sólido
- Relación disolvente / alimentación
- Temperatura de operación

Denominada también extracción de contacto simple o de contacto único, es el método más sencillo de extracción que generalmente se utiliza a pequeña escala o escala de laboratorio. No se emplea en instalaciones industriales, dado que el grado de extracción es bajo. La operación se suele llevar a cabo por lotes, aunque también se puede operar en flujo continuo Según explica Ángeles en 2014 (Véase la Figura 5).

**Figura 5:** Extracción en una sola etapa



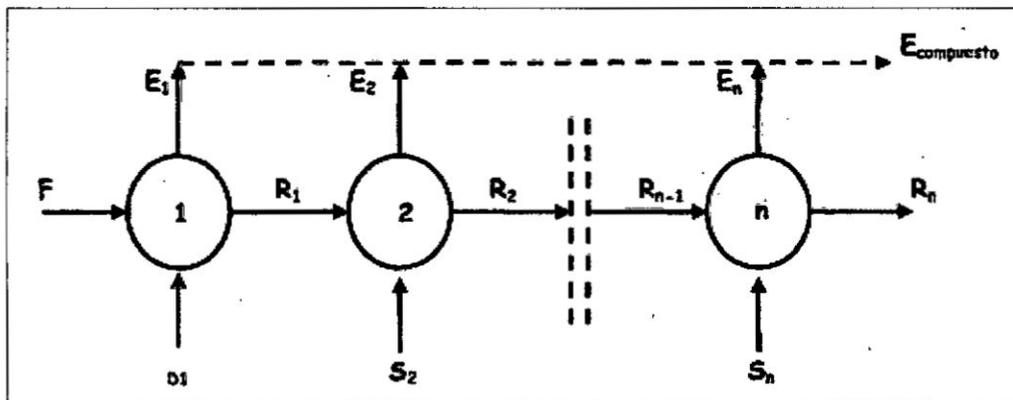
Fuente: Ángeles C. (2014)

#### b) Extracción en etapas múltiples y en flujo cruzado

La extracción en etapas múltiples y en flujo cruzado, denominada también extracción con corrientes transversales o concurrentes, es una extensión de la extracción en una sola etapa y puede llevarse a cabo por lotes o en flujo continuo. En

este método, la cantidad total de solvente disponible se divide en varias porciones que pueden ser iguales o diferentes, pero de la misma composición ya que tienen el mismo origen. Según explica Ángeles en 2014 (Véase Figura 6).

Figura 6: Extracción en flujo cruzado



Fuente: Ángeles C. (2014)

### 2.17.3. Aplicaciones de la extracción sólido-líquido.

La extracción sólido-líquido tiene importancia en gran número de procesos industriales. El cobre metálico se recupera de los minerales oxidicos, generalmente de baja calidad (ya que su riqueza no llega al 1,5% en peso de cobre), mediante la extracción con disolventes tales como el ácido sulfúrico diluido.

Otra aplicación importante de este tipo de extracción los constituyen la del aceite de las semillas oleaginosas como la soya, la del azúcar de las remolachas o la del aceite de hígados de pescado e incluso en la industria del café.

### **2.18. Equipo Soxhlet convencional**

Un equipo extractor Soxhlet es un equipo de laboratorio inventado en 1879 por Franz von Soxhlet. Fue originalmente diseñado para la extracción de lípidos desde un material sólido. Desde entonces, un extractor Soxhlet no se limita a la extracción de lípidos. Típicamente, un extractor Soxhlet es sólo requerido donde el compuesto deseado tiene una solubilidad limitada en un solvente, y la impureza es insoluble en el solvente. Si el compuesto deseado tiene una solubilidad significativa en un solvente, entonces una filtración simple puede ser usada para separar el componente de la sustancia insoluble. Más adelante en la Figura 7, se muestra el extractor Soxhlet indicando sus partes.

Normalmente, el material sólido que contiene alguno de los compuestos deseados se coloca dentro de un cartucho de papel de filtro grueso, que se carga en la cámara principal del extractor Soxhlet. El extractor Soxhlet se coloca en un matraz que contiene el solvente de extracción. El extractor Soxhlet es equipado con un condensador.

El solvente se calienta a reflujo. El vapor del solvente se desplaza hacia arriba por un brazo de destilación, el cual conecta e inunda la cámara que alberga el cartucho del sólido. El condensador asegura que cualquier vapor del solvente se enfríe y gotee hacia abajo en la cámara de alojamiento del material sólido.

La cámara que contiene el material sólido se llena lentamente con solvente caliente. Luego los compuestos deseados se disuelven en el solvente caliente. Cuando

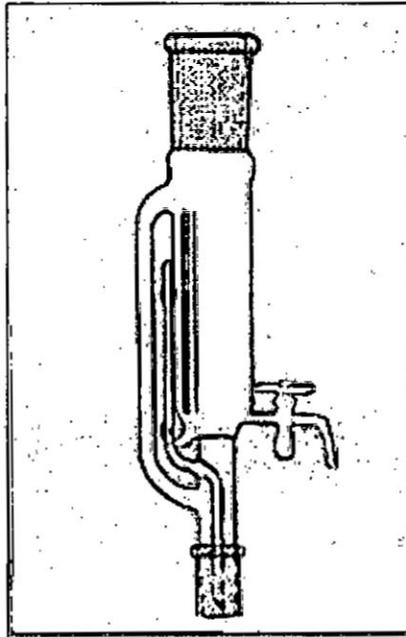
la cámara Soxhlet está casi llena, la cámara se vacía automáticamente por un brazo lateral del sifón, con el solvente corriendo de vuelta al matraz de destilación. Este ciclo se puede permitir muchas veces, por encima de horas o días.

Durante cada ciclo, una porción del compuesto no volátil se disuelve en el solvente. Después de muchos ciclos el compuesto deseado se concentra en el matraz de destilación. La ventaja de este sistema es que en lugar de muchas porciones de solvente caliente que pasa a través de la muestra, sólo un lote de solvente se recicla. Después de la extracción se elimina el solvente, típicamente por medio de un rotavapor, quedando el compuesto extraído. La parte no soluble y restos del sólido quedan en el cartucho y por lo general se desechan.

### 2.18.1. Soxhlet modificado

El extractor Soxhlet con robinete lateral permite tomar muestras de las micelas formadas durante cada etapa de extracción, con el propósito de conocer la composición de la muestra en cada etapa y de esta manera poder determinar el número de etapas óptimo para extraer el mayor porcentaje de aceite a una cierta proporción de peso de solvente por peso de muestra. La Figura 8 muestra el esquema del equipo Soxhlet con robinete descrito por C. Núñez en 2008.

**Figura 8:** Extractor Soxhlet con robinete



Fuente: Núñez C. (2008)

## **2.19. Beneficios del aceite de oliva en la salud**

En la década de 1950 se dio a conocer que toda la región mediterránea tenía un menor riesgo de enfermedades cardíacas, la OMS patrocinó el estudio de siete países referente a los hábitos dietarios de la población de Grecia, Italia, Yugoslavia, Holanda, Finlandia, EE.UU y Japón, el principal hallazgo de este estudio que duró más de 30 años fue que las personas de la isla griega de Creta tenían una excepcional tasa baja de mortalidad a causa de enfermedades al corazón y esto se atribuyó a su dieta y estilo de vida. Diversos estudios han determinado grandes beneficios que el aceite de oliva genera, pudiendo combatir enfermedades crónicas incluyendo enfermedades cardiovasculares (ECV), cáncer y condiciones neurodegenerativas (Handbook of Olive Oil, 2013).

Estas propiedades del aceite de oliva se debe a los diversos componentes biológicos que posee, los cuales se pueden dividir en dos fracciones, la fracción saponificable constituye el 98-99% del aceite y está compuesto mayormente por triglicéridos (TG), la minoría de los componentes los encontramos en la fracción insaponificable, pero esta pequeña fracción le confiere importante actividad biológica al aceite, considerándolas en orden creciente de polaridad tenemos, hidrocarburos, tocoferoles, alcoholes grasos, alcoholes triterpénicos, 4-metilesteroles, dialcoholes triterpénicos, pigmentos de color polares (clorofilas) y polifenoles.

## **2.20. Definiciones**

### **a) Aceite de oliva**

Es el aceite procedente únicamente del fruto del olivo (*Olea europaea* L.), con exclusión de los aceites obtenidos por disolventes o por procedimientos de reesterificación y de toda mezcla con aceites de otra naturaleza.

### **b) Aceite de oliva virgen**

Aceite de oliva virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo de 2 gramos por 100 gramos y cuyas demás características corresponden a las fijadas para esta categoría en la Norma comercial aplicada a los aceites de oliva y aceites de orujo de oliva.

### **c) Aceite de oliva virgen extra**

Aceite de oliva virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo de 0,8 gramos por 100 gramos y cuyas demás características corresponden a las fijadas para esta categoría en la Norma comercial aplicada a los aceites de oliva y aceites de orujo de oliva.

### **d) Aceite de orujo de oliva**

Es el aceite obtenido por tratamiento con disolventes u otros procedimientos físicos de los orujos de oliva, con exclusión de los aceites obtenidos por procedimientos de re esterificación y de toda mezcla con aceites de otra naturaleza.

### **e) Equipo Soxhlet**

Es un equipo de laboratorio que se emplea principalmente para la extracción de sustancias oleaginosas de semillas o frutos.

f) Extracción sólido-líquido

Es una operación básica en la que uno o varios componentes contenidos en una sustancia sólida se transfieren a una fase líquida (Disolvente)

g) Disolvente

Es aquella sustancia que permite la dispersión de otra en su seno. Es el medio dispersante de la disolución. Normalmente, establece el estado físico de la disolución, por lo que se dice que el disolvente es el componente de una disolución que está en el mismo estado físico que la disolución.

h) Codex Alimentarius

Se ha convertido en un punto de referencia mundial para los consumidores, los productores y elaboradores de alimentos, los organismos nacionales de control de los alimentos y el comercio alimentario internacional.

### **III. VARIABLES E HIPÓTESIS**

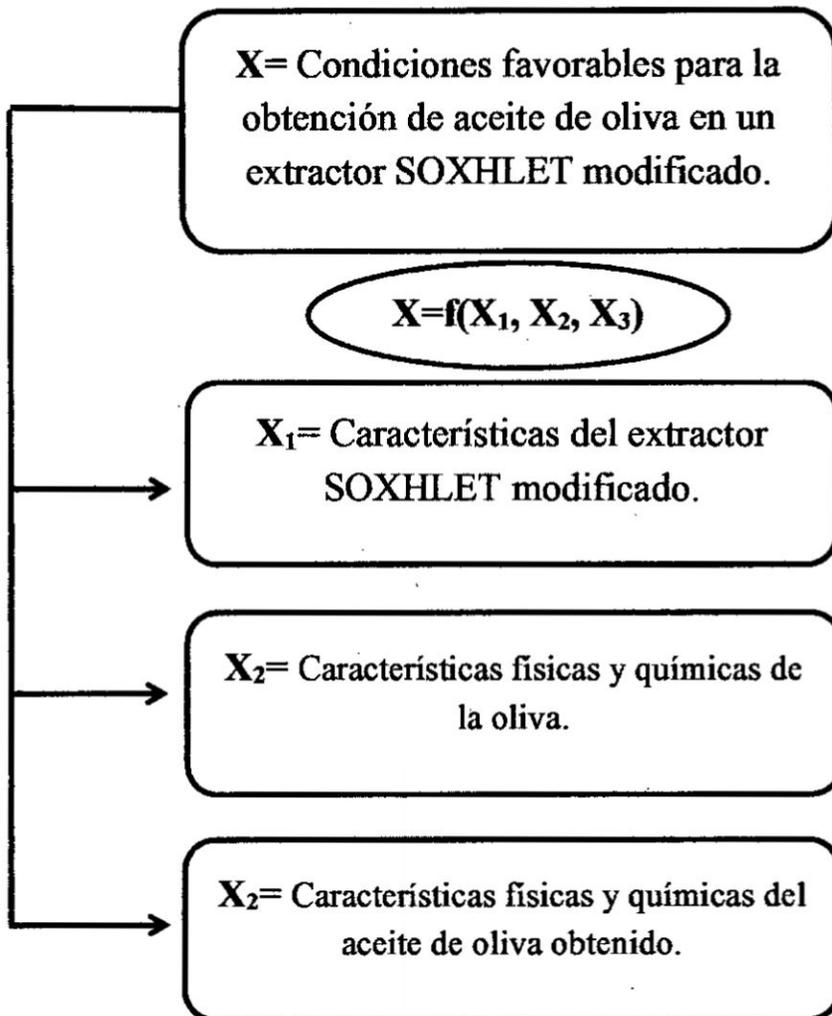
#### **3.1. Variables de la investigación**

La presente investigación se caracteriza por ser transversal estudiando la variable en un momento de tiempo determinado, por ser éste el determinante en la relación causa efecto.

Por su naturaleza, todas las variables identificadas son del tipo cuantitativas. Por su dependencia X es dependiente, y las variables  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  son independientes.

Es decir:  $X=f(X_1, X_2 \text{ y } X_3)$ . La Figura 9 muestra la relación entre las variables.

**Figura 9:** Definición de variables



### 3.2. Operacionalización de las variables

La operacionalización de las variables se detalla en la Tabla 8 que se muestra a continuación.

**Tabla 8:** Operacionalización de las variables

<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MÉTODO</b>
X = Condiciones favorables para la obtención de aceite de oliva ( <i>Olea europaea</i> L.) en un extractor Soxhlet modificado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Granulometría</li> <li>➤ Número de etapas</li> <li>➤ Volumen de solvente / peso de muestra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ mm</li> <li>➤ N° etapas</li> <li>➤ L/Kg</li> </ul>	Procedimiento experimental.
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MÉTODO</b>
X <sub>1</sub> = Características del extractor Soxhlet modificado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rendimiento de aceite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ %</li> </ul>	Revisión bibliográfica Procedimiento experimental.
X <sub>2</sub> = Características físicas y químicas de la aceituna.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Humedad</li> <li>➤ Contenido de aceite</li> <li>➤ Contenido de cenizas</li> <li>➤ Tipo de aceite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ %</li> <li>➤ %</li> <li>➤ %</li> <li>➤ Insaturado</li> </ul>	Revisión teórica Análisis de laboratorio
X <sub>3</sub> = Características físicas y químicas del aceite de oliva obtenido.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Humedad</li> <li>➤ Índice de acidez</li> <li>➤ Índice de saponificación</li> <li>➤ Índice de yodo</li> <li>➤ Índice de Peróxido</li> <li>➤ Densidad relativa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ %</li> <li>➤ % a.g.l.</li> <li>➤ mgKOH/g</li> <li>➤ gI<sub>2</sub>/100g</li> <li>➤ meqO<sub>2</sub>/kg aceite</li> <li>➤ g/ml</li> </ul>	Revisión teórica. Revisión de normas técnicas. Análisis de laboratorio

### **3.3. Hipótesis general**

Las condiciones favorables para la obtención de aceite de oliva (*Olea europaea* L.) en un extractor Soxhlet modificado, dependen de la granulometría de la muestra, del número de etapa de extracción y de la relación sólido-líquido.

### **3.4. Hipótesis específicas**

- a) Las características que presenta el equipo Soxhlet modificado serán adecuadas para obtener un buen rendimiento en la extracción de aceite de oliva.
  
- b) Las características físicas y químicas de la aceituna serán relevantes para obtener un buen rendimiento en la extracción de aceite de oliva.
  
- c) Las características físicas y químicas del aceite de oliva obtenido cumplirá con los estándares de calidad establecidos por el Consejo Oleícola Internacional y el Códex Alimentarius para este aceite.

## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1. Tipo de investigación.**

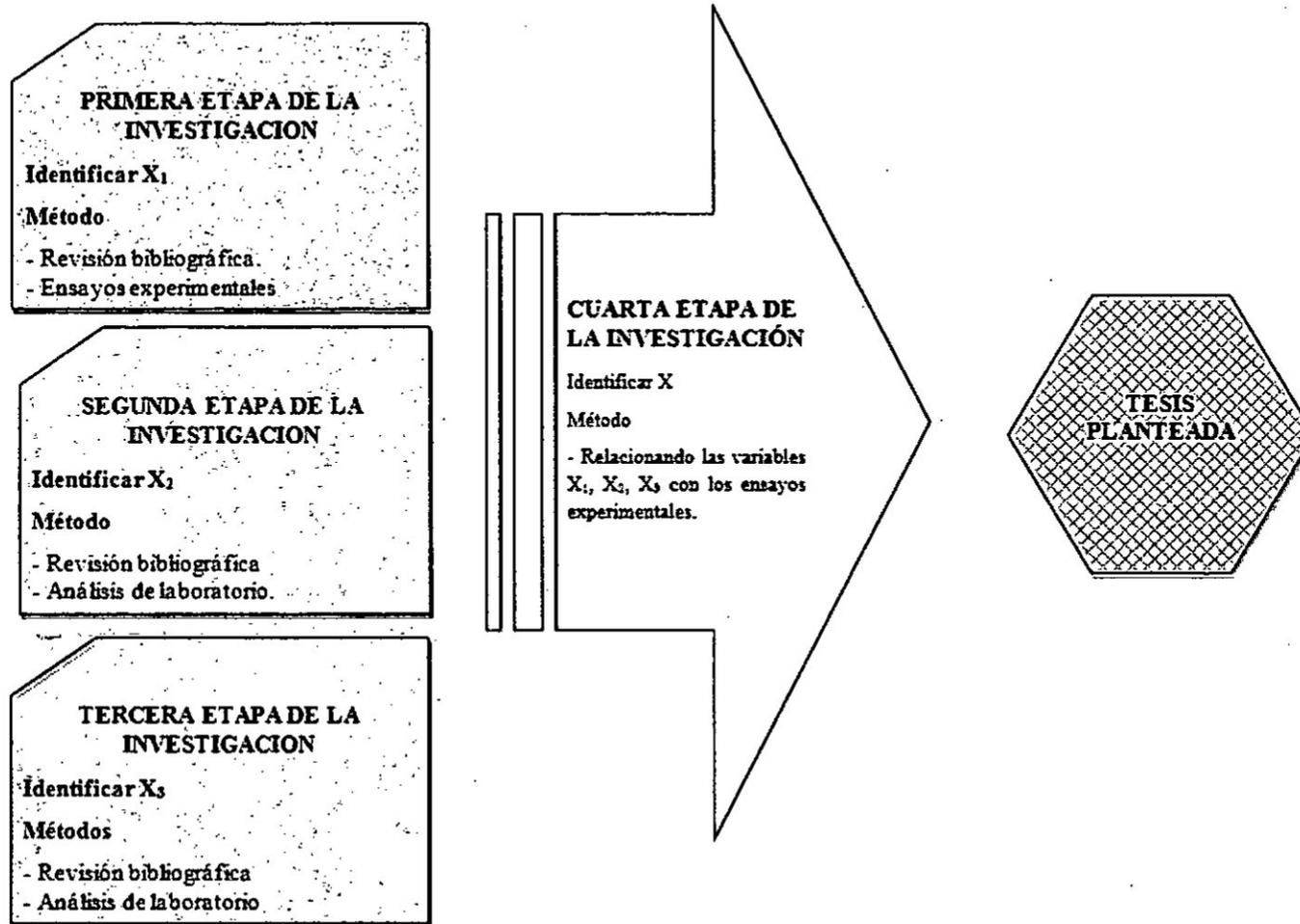
Se define el presente trabajo como una investigación científica experimental, ya que se tienen las variables de la operación bajo observación y control con el objetivo de determinar en qué grado deben encontrarse para obtener una mayor eficiencia en la extracción de aceite de oliva. A continuación se describen algunas características de esta investigación:

- Por su finalidad, es de tipo básica, puesto se generó nuevos conocimientos acerca de la extracción de aceite de oliva a partir de la aceituna seca.
- Por su diseño interpretativo, es de tipo experimental, ya que la investigación se realizó mediante: observación, registro y análisis de las variables que intervienen (Eficiencia del equipo Soxhlet, características físicas y químicas de la aceituna, características físicas y químicas del aceite de oliva).
- Por el énfasis de la naturaleza de los datos manejados, es del tipo cuantitativo porque las variables de la investigación son medibles.
- Por el nivel de estudio es de tipo aplicada, puesto que busca establecer propuesta para aplicarlas a la práctica.

### **4.2. Diseño de la investigación**

El diseño de la presente investigación ha considerado cuatro momentos, los cuales se muestran en la Figura 10.

*Figura 10: Diseño de la Investigación*



La presente investigación consta de cuatro etapas, que se describen a continuación:

#### Primera etapa de la investigación

En la primera etapa de la investigación se recurrió a la bibliografía y ensayos experimentales en el equipo Soxhlet vinculados a la variable de investigación, variable  $X_1$  (Características del equipo Soxhlet) con el propósito de hallar la eficiencia de dicho equipo.

#### Segunda etapa de la investigación

En la segunda etapa de la investigación se recurrió a la bibliografía y análisis en laboratorio vinculados a la variable de investigación, variable  $X_2$  (Características físicas y químicas de la oliva) con el propósito de obtener y comprobar información científica y compararla con los resultados obtenidos de manera experimental.

#### Tercera etapa de investigación

En la tercera etapa de la investigación se analizó en el laboratorio lo vinculado a la variable de investigación, variable  $X_3$  (Características físicas y químicas del aceite de oliva obtenido) con el propósito de comparar los resultados obtenidos con lo que se establece en las normas técnicas y las bases científicas.

#### Cuarta etapa de investigación

En la cuarta etapa de la investigación con la información obtenida y los experimentos realizados en la primera, segunda y tercera etapa, se realizó un riguroso análisis de la investigación y se procedió a realizar las corridas experimentales que comprobó las hipótesis planteadas inicialmente. En esta etapa se identifica a la variable X (Condiciones favorables para la obtención de aceite de oliva en un extractor SOXHLET modificado).

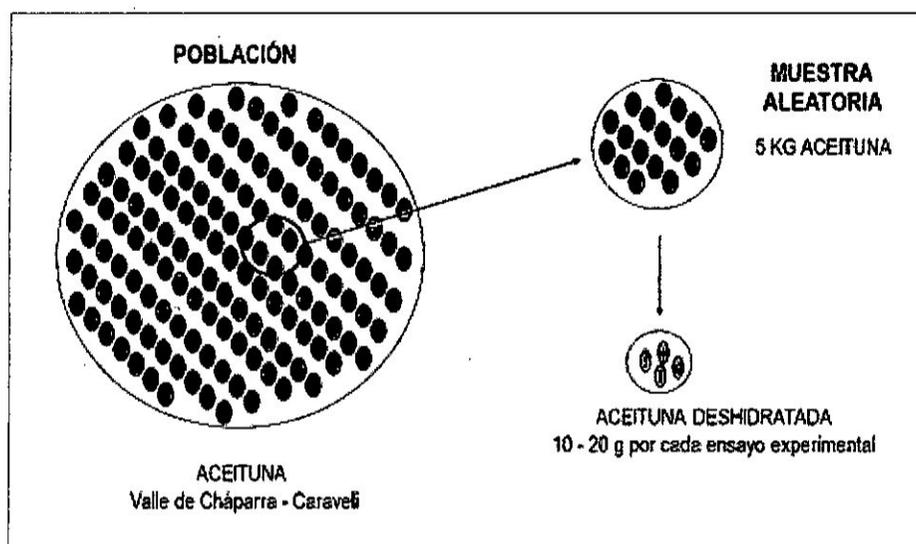
#### **4.3. Población y muestra**

Se determinó la población y muestra para la segunda etapa de investigación

La población está representada por la producción total de aceituna del valle de Cháparra, región de Arequipa.

La muestra es una porción de 5 kg aceitunas en estado de maduración media (color cambiante), tomada aleatoriamente de la producción del valle de Cháparra en la región de Arequipa. Véase Figura 11.

**Figura 11: Determinación de muestra y población**

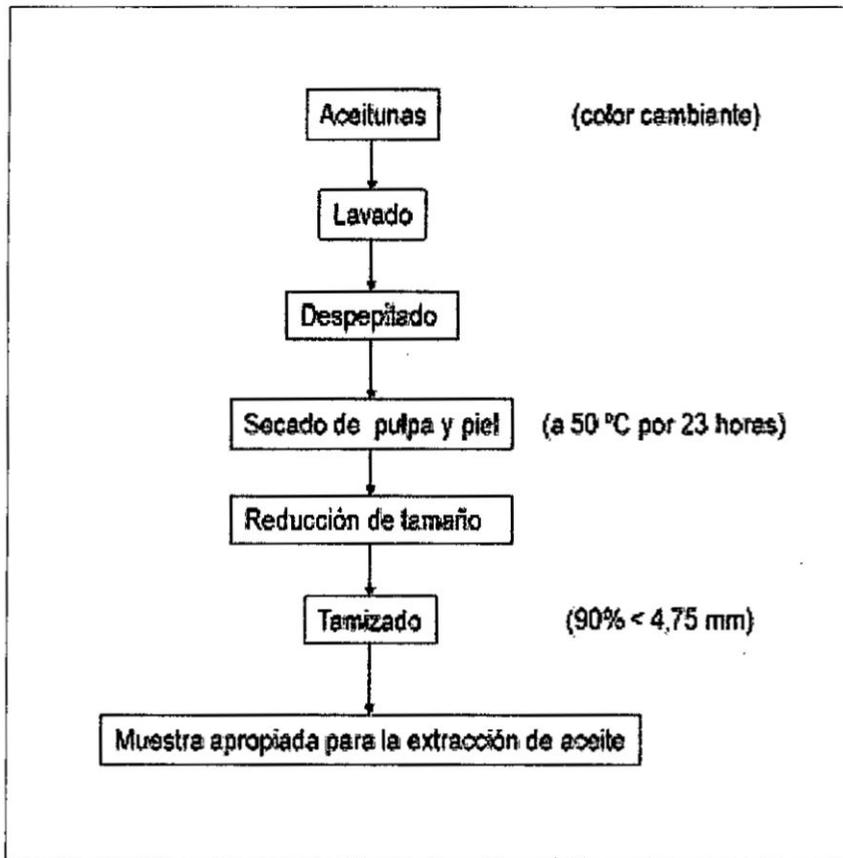


#### **4.4. Materiales y métodos**

##### **4.4.1. Materia prima**

Para la presente investigación se requirió 5 kg de aceituna frescas en estado medio de maduración (color variante) proveniente del valle de Cháparra, provincia de Caravelí – Región de Arequipa. Estas aceitunas se tienen que acondicionar (véase Figura 12) de tal manera que se facilite el contacto del aceite contenido en estas con el solvente, en este se trabajó con hexano HPLC 95%.

**Figura 12:** Preparación de las muestras para la extracción de aceite



#### 4.4.2. Lugar de ejecución

Para la realización de la presente investigación, se empleó las siguientes instalaciones:

- Laboratorio de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao, ambiente que se encuentra acondicionado con equipos y materiales para desarrollar trabajos de investigación.

#### 4.4.3. Equipos, materiales y reactivos

Para la realización de los ensayos experimentales, se emplearon algunos equipos y materiales de laboratorio, que a continuación detallamos.

##### Equipos:

- Equipo Soxhlet modificado
- Balanza digital Marca: SARTORIUS Modelo: TE214S, precisión 0,1 mg
- Refractómetro Marca: mrc, Modelo: ref-85
- Estufa Marca: Memmert Modelo: UN30
- Mufla Marca: Autonics, Modelo: TZ4ST
- Manta calefactora eléctrica de 250 ml

##### Materiales:

- Refrigerante de bolas
- Mangueras de látex de 1.7 x 4.5 mm
- Juego de tamices Usa Standard ASTM E11.
- Matraz esférico de 250 ml con boca esmerilada
- Picnómetro de 5ml
- Vaso de precipitado de 100 ml
- Probeta de 100 ml

- Luna de reloj de 100 mm
- Juego de tamices
- Cartucho de celulosa
- Agua corriente
- Papel toalla
- Protección: Guantes de nitrilo y mascarilla para vapores orgánicos.

Reactivos:

- Hexano HPLC 95 % - JT Baker
- Hidróxido de sodio 0,1 N.
- Solución acuosa de yoduro de potasio al 10%.
- Solución al 1% de fenolftaleína en A.E.
- Ácido acético glacial
- Tiosulfato de sodio pentahidratado
- Cloroformo

4.4.4. Métodos de Análisis Físicos y Químicos

- Determinación del contenido de humedad y materiales volátiles según IUPAC 1964.
- Determinación de la densidad relativa (20 °C / agua a 20 °C).
- Determinación de cenizas totales, según método de la A.O.A.C. 923.03 Cap. 32 p.2 Official Methods of Analysis 18<sup>th</sup> Edition, (2005).

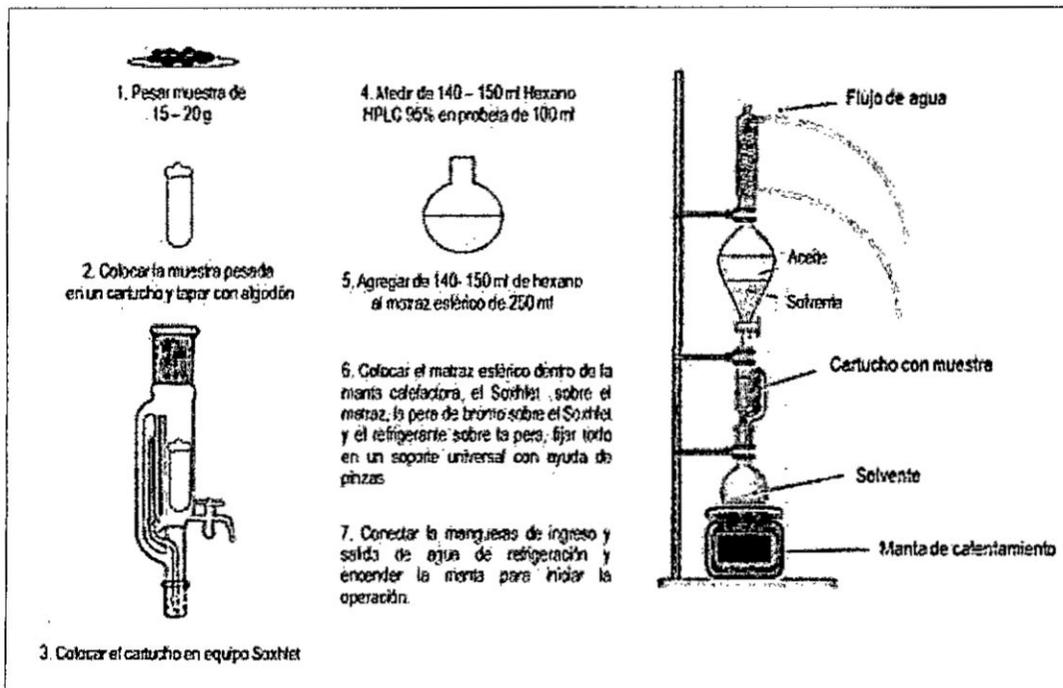
- Determinación del índice de saponificación, según método de la A.O.A.C. 920.160 -1990.
- Determinación de acidez libre, según método de la A.O.A.C. 942.15 Cap. 37. p.10 Official Methods of Analysis 18<sup>th</sup> Edition, (2005).
- Determinación del índice de yodo, Official Method of Analysis of A.O.A.C. 993.20, 19<sup>th</sup> edition, 2012. "Iodine Value of Fats and Oils - Wijs (Cyclohexane- Acetic acid Solvent) Methods".
- Determinación del índice de peróxido, según método de la A.O.A.C. 965.33 (1990).
- Determinación del índice de refracción del aceite, según método de la A.O.A.C. 921.08., 17<sup>th</sup> Edition, 2000.

#### **4.5. Procedimiento y condiciones de operación**

El matraz esférico debe contener cantidad suficiente de hexano para que tengamos muestra suficiente de micela para todas las etapas, la cantidad recomendada es a partir de 140 ml. La muestra de aceituna seca debe colocarse correctamente dentro del cartucho de celulosa, evitando comprimirla, ya que esto no permitiría el contacto adecuado entre la superficie del sólido y el disolvente, por otro lado es necesario tapar la boca del cartucho de celulosa con un trozo de algodón para evitar que los sólidos se desplacen por la cámara del equipo Soxhlet y puedan ocasionar alguna obstrucción durante la operación.

En la Figura 13 se muestra el procedimiento para poner en marcha la operación de extracción sólido-líquido en el equipo Soxhlet modificado.

**Figura 13:** Procedimiento experimental para la extracción de aceite de oliva en extractor Soxhlet modificado



Para la presente investigación se mantuvieron algunos parámetros constantes, como la temperatura de operación, se consideró conveniente trabajar a la 69 ° C (temperatura de ebullición del hexano), mantener esta temperatura evita pérdidas excesivas de solvente al ambiente y se logra recuperar gran parte del solvente que se utilizó al inicio de cada operación.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Características del equipo Soxhlet modificado

Entre las características técnicas del equipo, se describe un robinete lateral que permite el muestreo de micela en cada etapa de extracción, y un sistema de recuperación de solvente, al conectar una pera de bromo sobre el Soxhlet y debajo del refrigerante. También se determinó el rendimiento de aceite en el extractor Soxhlet modificado, mediante la siguiente ecuación:

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

Los resultados de las pruebas experimentales en el equipo Soxhlet para determinar su eficiencia se muestran en la Tabla 9.

**Tabla 9:** Rendimiento de aceite de oliva en equipo Soxhlet modificado

Nº Ensayo	Eficiencia (%)
Ensayo 1	23,860
Ensayo 2	20,556
Ensayo 3	22,230
Ensayo4	21,382
Promedio	22,007

## 5.2. Características de la aceituna

Se determinó las características físicas y químicas principales de las aceitunas provenientes del Valle de Cháparra (Provincia de Caravelí). Los resultados de los análisis realizados se muestran en la Tabla 10.

**Tabla 10:** Características físicas y químicas de la aceituna del valle de Cháparra

Análisis	Resultado
Peso medio de aceituna	5,2693 g
Humedad y materias volátiles	64,1640 %
Contenido de cenizas	1,1992 %
Contenido de aceite	15,756 %

### 5.3. Características del aceite de oliva obtenido

#### 5.3.1. Determinación de densidad relativa

Los datos obtenidos en el análisis de la densidad para diferentes muestras de aceite de oliva se muestran en la Tabla 11.

**Tabla 11:** Densidad relativa del aceite de oliva obtenido

Muestra	Ensayo	Peso	Volumen	Densidad
A	1	0,4528	0,5	0,9056
	2	0,4594	0,5	0,9188
	Promedio			0,9122
B	1	0,463	0,5	0,926
	2	0,4524	0,5	0,9048
	Promedio			0,9154
C	1	0,466	0,5	0,932
	2	0,4452	0,5	0,8904
	Promedio			0,9112
D	1	0,4613	0,5	0,9226
	2	0,4608	0,5	0,9216
	Promedio			0,9221
E	1	0,4639	0,5	0,9278
	2	0,4452	0,5	0,8904
	Promedio			0,9091
Promedio				0,9120

### 5.3.2. Determinación de materia volátil

Los resultados de los análisis para determinación de materia volátil se muestran en la Tabla 12.

**Tabla 12:** Porcentaje de materia volátil en el aceite de oliva obtenido

Muestras	Peso inicial crisol (g)	Peso inicial muestra (g)	Peso crisol + muestra seca (g)	% Volátiles
A	76,50443	0,50363	76,50521	0,1549
B	81,4251	0,43241	81,42563	0,1226
C	79,83321	0,56766	79,83418	0,1709
D	87,52471	0,51282	87,52528	0,1112
E	80,36432	0,54471	80,36489	0,1046
Promedio				0,13284

### 5.3.3. Determinación del Índice de refracción ( $n^{20}$ )

Los resultados de los análisis para determinación del índice de refracción para cada muestra de aceite de oliva obtenido, se muestran en la Tabla 13.

**Tabla 13:** Índice de refracción a 20 °C del aceite de oliva obtenido

Muestra	° Brix (% en azúcar)	Índice de Refracción ( $n^{20}$ )
A	70,7	1,46685
B	70,7	1,46685
C	70,6	1,4666
D	70,7	1,46685
E	70,7	1,46685
Promedio		1,4668

Nota: Para determinar el índice de refracción de las muestras de aceite es necesario interpolar los valores hallados en la tabla que relaciona los grados Brix tomada de los manuales para educación agropecuaria.

#### 5.3.4. Determinación del Índice de acidez

Los resultados obtenidos del índice de acidez para diferentes muestras de aceite de oliva obtenido, se muestran en la Tabla 14.

**Tabla 14:** Índice de acidez del aceite de oliva obtenido

Muestra	Peso muestra (g)	Volumen gastado NaOH (0,1N)	% Acidez
A	0,5808	0,15	0,832374375
B	0,5732	0,15	0,843410741
C	0,5940	0,15	0,813877166
D	0,5567	0,15	0,868408545
E	0,5719	0,15	0,845327919
Promedio			0,842756093

### 5.3.6. Determinación del índice de saponificación

Los resultados obtenidos para el índice de saponificación de cada muestra de aceite de oliva, se muestra en la Tabla 16.

**Tabla 16:** Índice de saponificación del aceite de oliva obtenido

Muestra	V <sub>B</sub>	V <sub>M</sub>	Peso aceite (g)	mg KOH /g aceite
A	13,0	9,0	0,6022	186,3168
B	12,5	9,0	0,5142	190,9276
C	13,0	8,5	0,6415	196,7654
D	12,5	8,5	0,5846	191,9261
E	12,5	9,0	0,5112	192,0481
Promedio				191,5968

### 5.3.7. Determinación del índice de yodo

Los resultados obtenidos para el índice de yodo de cada muestra de aceite de oliva, se muestra en la Tabla 17.

**Tabla 17:** Índice de yodo del aceite de oliva obtenido

Muestra	VB (ml)	VM (ml)	Peso muestra (g)	Índice Yodo (g I <sub>2</sub> /100g aceite)
A	45,5	11,5	0,5064	85,0671
B	46,0	12,0	0,5312	81,0956
C	46,0	11,5	0,6408	87,9861
D	45,5	11,5	0,5221	82,5091
E	46,0	12,0	0,5181	83,1461
Promedio				83,9608

A continuación se muestra una tabla que resumen los índices físicos y químicos determinados de manera experimental para diferentes muestras de aceite de oliva obtenida (véase Tabla 18).

**Tabla 18:** Tabla resumen de análisis físicos y químicos del aceite de oliva obtenido

Análisis	Resultado
Materias volátil a 105 °C % (m/m)	0,13284
Densidad relativa (20° C/ agua a 20°C)	0,9145
Índice de refracción ( $n^{20}$ )	1,4668
Índice de acidez (% ácido oléico)	0,8428
Índice de peróxido (meq O <sub>2</sub> /kg aceite)	9,3558
Índice de saponificación (mg KOH/ g aceite)	191,5968
Índice de iodo Wijs (g I <sub>2</sub> / 100 g aceite)	83,9608

Los resultados que se muestran en la Tabla 19 satisfacen las Normas Técnicas Peruanas (NTP) e internacionales (Codex Alimentarius) para el aceite de oliva. Para contrastar la calidad del aceite obtenido, se realizó un cuadro comparativo con la norma internacional establecido por el CODEX para los aceite de oliva.

**Tabla 19:** Tabla comparativa de los resultados

Índice	Valor experimental	Estándar CODEX	Clasificación del aceite CODEX
Densidad (20°C/ agua a 20 °C)	0,9145	0,910 - 0,916	A.O virgen
Acidez (% ácido oléico)	0,8428	3,3 máx.	A.O virgen
Materias volátil a 105 °C % (m/m)	0,13284	≤ 0,2 %	A.O. virgen
Yodo (Wijs)	83,9608	75-94	A.O virgen
Peróxido (meq O <sub>2</sub> /kg aceite)	9,3558	≤ 20	A.O virgen
Saponificación (mgKOH/g de aceite)	191,5968	184 - 196	A.O virgen

#### 5.4. Condiciones favorables para la obtención de aceite de oliva en un equipo Soxhlet modificado.

##### 5.4.1. Determinación del tamaño de partícula

La aceituna contiene sus aceites en el interior de las vacuolas, por lo cual el tamaño de partícula es un parámetro muy importante para la extracción de este aceite. Para lo cual se hará un análisis granulométrico, los resultados se muestran en la Tabla 20.

**Tabla 20:** Determinación del tamaño de partícula de la aceituna

Tamaño de partícula (Usa Standard ASTM E11)	Eficiencia en Soxhlet (%)		
	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
90% malla ¼ (6,3 mm)	8,945	9,60	9,273
90% malla 31/2 (5,6 mm)	14,921	15,275	15,098
90% malla 4 (4,75 mm)	23,860	22,230	23,045

Como se observa en la Tabla 20, a medida que se reduce el tamaño de partícula se mejora la eficiencia de extracción de aceite, pero al ser la aceituna seca un material que tiende a perder aceite al manipularse, se consideró 4,75 mm como el tamaño de partícula final.

#### 5.4.2. Determinación del número de etapas y la relación sólido-líquido

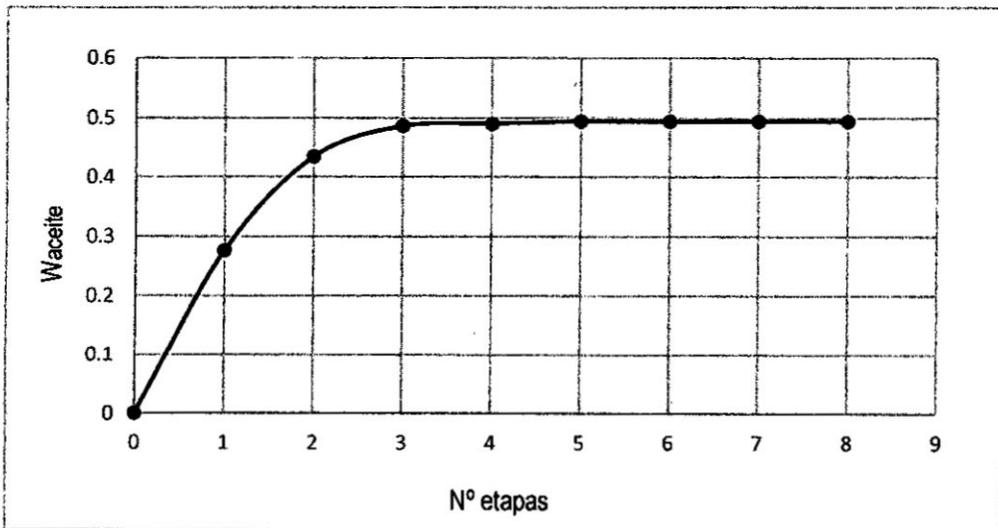
En las Gráficas 4 y 5 se muestra el peso de aceite obtenido en función del número de etapas (prueba por duplicado), para las siguientes condiciones:

Relación Sólido/Líquido: 1:7 (p/v)

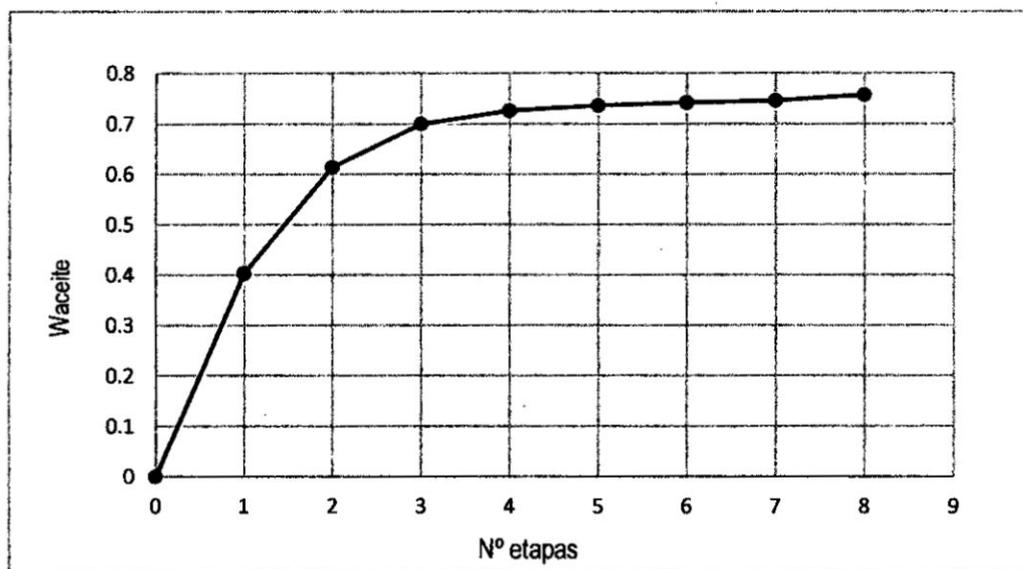
Temperatura de extracción: 69 ° C

Tamaño de partícula: 90% malla 4 USA standard ASTM E11 (luz 4,75 mm).

**Gráfica 4:** Prueba N°1 de extracción de aceite de oliva



**Gráfica 5: Prueba N°2 de extracción de aceite de oliva**



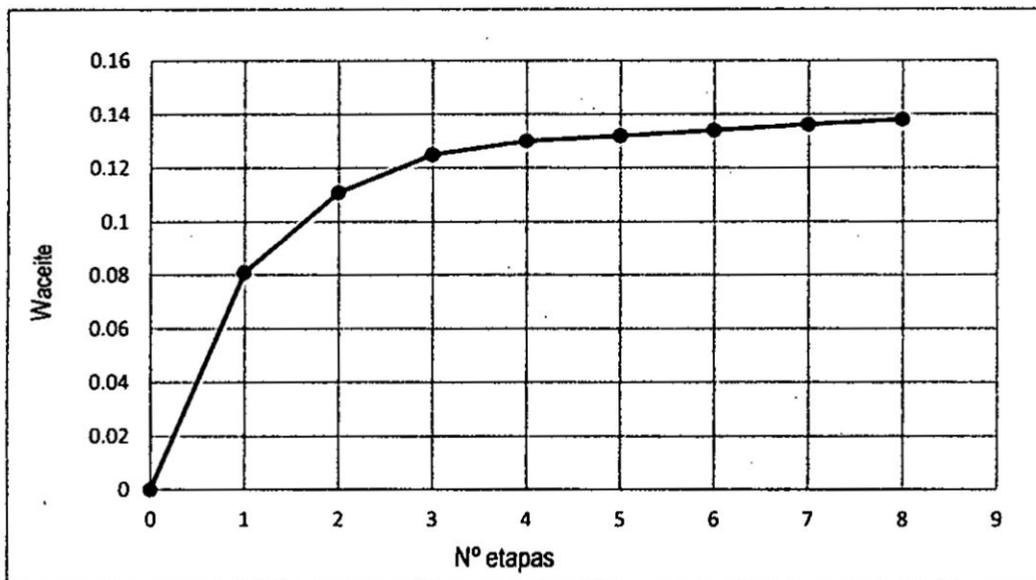
En la Gráfica 6 se muestra los resultados del aceite obtenido en función del número de etapas, para las siguientes condiciones:

Relación Sólido/Líquido: 1:9 (p/v)

Temperatura de extracción: 69 ° C

Tamaño de partícula: 90% malla 4 USA standard ASTM E11 (luz 4,75 mm).

**Gráfica 6: Prueba N°3 de extracción de aceite de oliya**



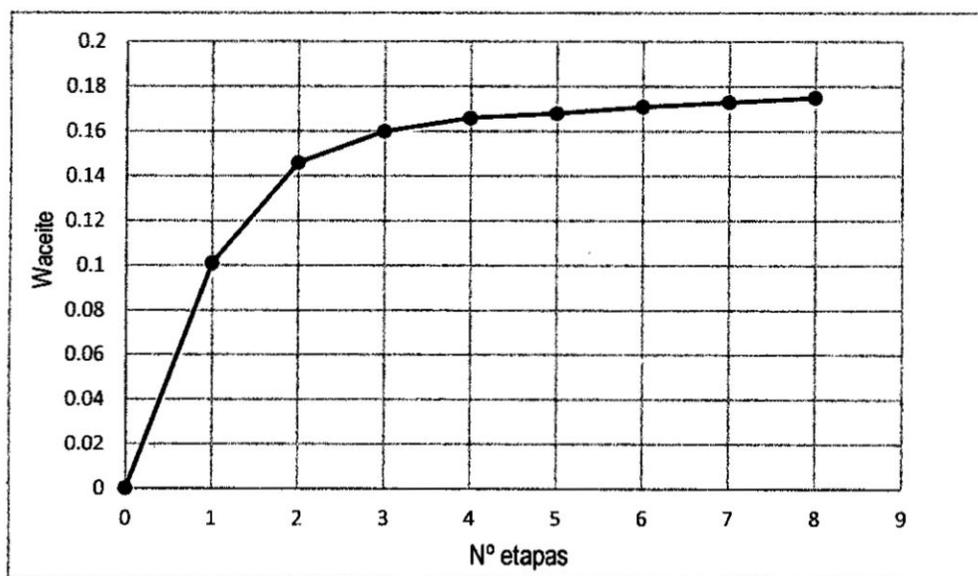
En la Gráfica 7 se muestra los resultados del aceite obtenido en función del número de etapas, para las siguientes condiciones:

Relación Sólido/Líquido: 1:10

Temperatura de extracción: 69 °C

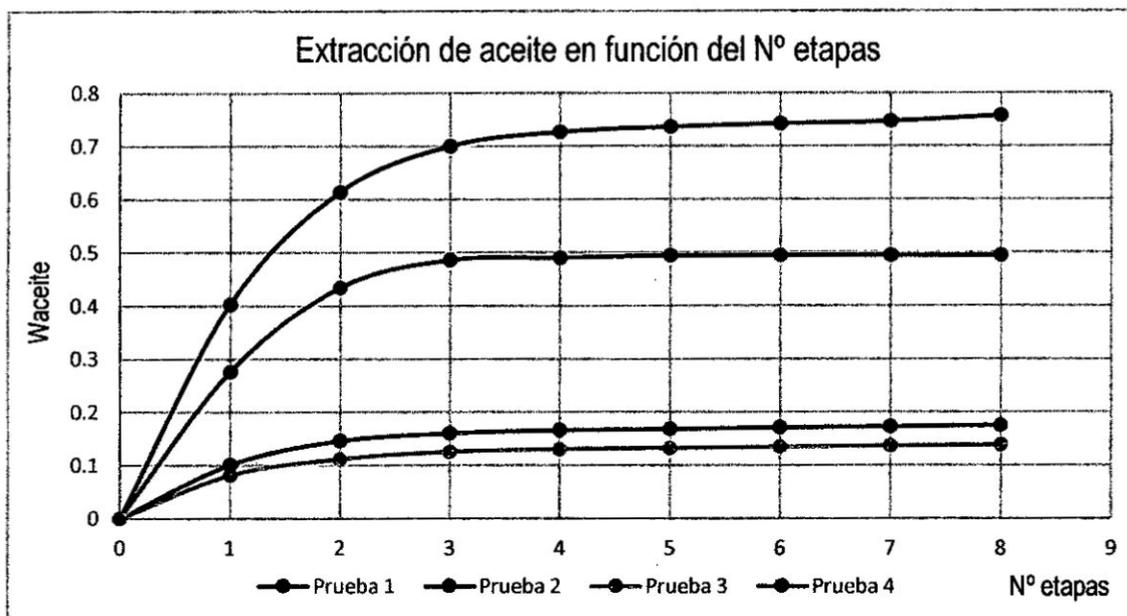
Tamaño de partícula: 90% malla 4 USA standard ASTM E11 (luz 4,75 mm).

**Gráfica 7: Prueba N° 4 de extracción de aceite de oliva**



A continuación se muestra un gráfico que permite visualizar todas las extracciones simultáneamente, de tal manera que se pueda determinar el número de etapas y la relación sólido líquido favorables para la extracción de aceite de oliva (véase Gráfica 8).

**Gráfica 8:** Comparación de diferentes condiciones para la extracción de aceite de oliva



Del gráfico se desprende que el número de etapas favorable para la extracción de aceite de oliva es cinco.

También del gráfico se observa que la relación de sólido: líquido favorable para la extracción de aceite de oliva es de 1:7 (p/v).

## **VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1. Contrastación de hipótesis con los resultados**

a. Entre las características del extractor Soxhlet modificado tenemos que cuenta con un robinete lateral que permite el muestreo de micela para cada etapa de extracción de aceite, de esta manera se puede determinar en qué etapa se debe detener la operación de extracción sólido-líquido en este equipo. Cuenta con una boquilla que permite adaptar un pera de bromo para la recuperación del solvente. El rendimiento de aceite de oliva obtenido en el extractor Soxhlet modificado fue 22,007%, lo que significa que de un peso inicial de 100 gramos de aceituna seca se obtendrá 22,007 gramos de aceite de oliva.

b. Las características de la aceituna Manzanilla Sevillana del valle del Cháparra son las siguientes: Peso promedio de cada aceituna 5,2693 g. La humedad y materias volátiles determinadas representan el 64,1640 % del total del peso de la aceituna. El contenido de aceite determinado para esta variedad de aceituna fue 15,756 %, este valor es bajo ya que se trata de una variedad no aceitera, el contenido de cenizas 1,1992 %. Por revisión bibliográfica se sabe que la mayor parte de los ácidos grasos corresponde al ácido oleico que es monoinsaturado y representa hasta el 83 % del total de aceite según indica el Consejo Oleícola Internacional.

- c. Las características del aceite de oliva obtenido a partir de muestras de la variedad Manzanilla Sevillana, son las siguientes: La densidad relativa hallada experimentalmente fue 0,9145, valor que se encuentra dentro de la categoría de aceite de oliva virgen establecido en la norma del Codex Alimentarius (véase la Tabla comparativa 19). El material volátil es 0,13284g por cada 100 g de aceite de oliva, el cual también cumple lo aceptado para material contaminante en los aceites de oliva según el C.A. El índice de acidez hallado fue 0,8428 %, este valor cumple con las características de calidad establecido por el C.A. para los aceites de oliva vírgenes, el valor máximo para esta característica es 3,3. Índice de peróxido 9,3558 miliequivalente de oxígeno por kilogramo de aceite, cumple como característica de calidad para considerarse aceite de oliva virgen. El índice de iodo determinado experimentalmente según el método de Wijs fue 83,9608 g I<sub>2</sub> por 100 g de aceite, valor que se encuentra dentro del rango de aceite de oliva virgen según el C A.. Por otro lado el índice de saponificación hallado para el aceite de oliva extraído en equipo Soxhlet fue 191,5968 mg de KOH por g de aceite es otra de las características que cumple con lo establecido por el Codex Alimentarius, el cual establece un rango de 184-196 para aceites de oliva virgen y refinado.
- d. Para establecer las condiciones favorables para extracción de aceite de oliva en un equipo Soxhlet a partir de muestras de aceituna Manzanilla Sevillana seca, se hicieron diversos ensayos experimentales, encontrando lo siguiente: El

solvente empleado fue seleccionado de manera preliminar, ya que diversos estudios determinaron al hexano como solvente ideal para extracción de aceites. El tamaño de partícula es otro parámetro relevante para sólido-líquido, para lo cual se realizaron extracciones a diferentes números de malla, obteniendo un valor alto de eficiencia con un tamaño de partícula 90% malla N° 4 de la serie ASTM E11 USA standard. El número de etapas a partir del cual ya no varía representativamente la cantidad de aceite extraído de aceite, es cinco. La proporción sólido-líquido hallada de forma experimental en esta investigación fue de 1:7 (p/v).

## **6.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares**

- a. En la tabla 9 se presentan los resultados de los rendimientos de aceite extraído en el extractor Soxhlet modificado para la variedad de aceituna sevillana manzanilla, el rendimiento promedio determinado fue 22,007 %, este valor es superior al rendimiento de aceite a partir del orujo de oliva hallado por otros investigadores como Banat et al. que obtuvo un máximo 12,7%, Hocine et al obtuvo un rendimiento entre 6-10%, así mismo Kmiecziak et al obtuvo un rendimiento entre 12 y 13 %.
  
- b. En la tabla 10 se muestra un resumen de los valores obtenidos de las características de la muestra de aceituna proveniente del valle del Cháparra,

estos valores concuerdan con lo descrito de manera general por Kiritsakis (1990), cuando se refiere a las características de las aceitunas. El porcentaje de humedad y materias volátiles hallado fue 64,1640%, valor típico de la aceituna manzanilla sevillana (Uceda, 1995). Así mismo concuerda el porcentaje de aceite y cenizas establecidos por dicho investigador.

- c. Las características del aceite de oliva obtenido se muestra en la tabla resumen 18, el valor observado para la densidad relativa (0,9145), acidez libre (1,14), índice de yodo (56,15) e índice de refracción (1,4668) es similar a lo hallado por Paucar et al. (2015) en su estudio comparativo de las caracterización físico-químicas entre aceite de oliva, aceite de sacha inchi y aceite crudo de pescado.
- d. Del presente estudio se desprende que las condiciones favorables para la extracción de aceite de oliva en una operación de extracción sólido-líquido con hexano, resultan relevantes los parámetros de extracción tales como, granulometría, ya que al disminuir el tamaño de partícula, se observa un aumento del rendimiento tal como lo menciona el investigador Banat et al. Por otro lado la relación sólido-líquido hallada en este trabajo es de 1:7, a diferencia de la relación 1:20 que encontró Banat et al en su estudio sobre la extracción de aceite de oliva a partir del orujo en un equipo Soxhlet.

## VII. CONCLUSIONES

- a. Se logró determinar las características del equipo Soxhlet modificado, gracias a los resultados de los ensayos experimentales se determinó el rendimiento de aceite de oliva en este extractor, ya que se encuentra en función al peso de aceite de oliva extraído en relación con el peso de la muestra de aceituna seca. Para esto fue necesario variar los parámetros establecidos para la extracción sólido-líquido, como la cantidad de muestra respecto al volumen de solvente, y el acondicionamiento preliminar de la aceituna que entrará en la operación de extracción.
  
- b. Se logró determinar las características físicas y químicas de la aceituna de la variedad Manzanilla Sevillana, aunque no es la variedad recomendada para extracción de aceite se obtuvieron excelentes resultados con respecto al rendimiento y las características físicas que se analizaron cumplen con lo hallado en los textos respecto a esta variedad.
  
- c. Se logró extraer aceite de oliva, a partir de aceituna Manzanilla Sevilla, empleando el extractor Soxhlet modificado, y mejor aún fueron los resultados de las características físicas, químicas y de calidad del aceite obtenido, ya que cumplen con lo establecido por normas internacionales como la del Codex Alimentarius y del Consejo Oleícola Internacional, valores que respaldan

fehacientemente el presente estudio de investigación. Los índices que cumplen con estos estándares fueron: Densidad relativa, porcentaje de material volátil, índice de acidez, índice de yodo, índice de peróxido e índice de saponificación.

- d. Se determinó las condiciones favorables para la extracción de aceite de oliva en equipo Soxhlet modificado, las cuales fueron: Tamaño de partícula 90% malla 4 ASTM E11, Relación sólido-líquido 1:7 (p/v) y número de etapas cinco.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. Para que el aceite de oliva extraído con solventes orgánicos ingrese al mercado alimenticio debe cumplir características específicas de calidad, por tanto se debe realizar análisis toxicológicos para corroborar que el producto no contenga trazas de compuesto tóxicos que puedan afectar la salud del ser humano a mediano o largo plazo.
2. Analizar otros mercados como el cosmético, donde podría emplearse sin ningún inconveniente para la producción de cremas y tónicos, también pondría ingresar fácilmente a la industria de limpieza, como jabones y champúes, aquí se utilizaría en proporciones pequeñas para aromatizar dichos productos, etc.
3. Si se pretende destinar el aceite de oliva obtenido mediante este método a la industria alimentaria, se pueden realizar la extracción sólido-líquido con solventes orgánicos denominados “verdes”, que son adecuados para el consumo humano y que ya están siendo investigados para ser empleados en esta industria. Así mismo se puede considerar la extracción de este aceite con fluidos supercríticos como el CO<sub>2</sub>, ya que este método asegura la ausencia de trazas de solvente en el aceite extraído.

4. En caso de realizarse réplicas de extracción de aceites siguiendo la metodología desarrollada en esta tesis, considerar otra variedad de aceituna, específicamente las destinadas a la extracción de aceite, los resultados serán mejores y la calidad podría mantenerse.
5. Evitar comprimir las partículas de aceituna seca dentro del cartucho, porque evitaría que el solvente tenga el contacto superficial suficiente con el aceite para la extracción del mismo. De otra manera quedaría aceite atrapado en los orgánulos de forma esférica (esferosomas) de las aceitunas que no logrará ser extraído.
6. Es necesario mantener las condiciones de limpieza e inocuidad para no generar contaminación cruzada de las muestras o el aceite, ya que podría alterar los resultados de los análisis físicos y químicos que se realizarán posteriormente. Para esto recomendamos emplear guantes de nitrilo que evitarán contaminar con nuestras propias grasas naturales cualquier muestra o material con el que tengan contacto. En el caso de emplear solventes orgánicos, es necesario trabajar bajo campana extractora o emplear respiradores con filtro para solventes orgánicos.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHÁVEZ D., ARATA A., Y FARFÁN O. (2008). **El cultivo de olivo en los valles de Caravelí**. Lima. Editorial desco.
2. AMARANTE R., OLIVEIRA P., SCHWANTES F. AND MORÓN-VILLARREYES J. (2014). **Oil extraction from Castor Cake Using Ethanol: Kinetics and Thermodynamics**. Industrial. & Engineering Chemistry Research. Vol. 53: pp 6824-6829.
3. AMVRAZI E. AND ALBANIS T. (2008). **Multiclass Pesticide Determination in Olives and Their Processing Factor in Olive Oil: Comparison of Different Olive Oil Extraction Systems**. Agricultural and food Chemistry. Vol. 56: pp. 5700-5709.
4. ANABOLICMINDS. **Beginners guide to Soxhlet extractions**. Recuperado de <https://www.erowid.org/archive/rhodium/pdf/soxhlet4dummies.pdf>.
5. ÁNGELES C. (2014). **Extracción por solventes- Problemas y ejemplos de cálculo**. Callao. Instituto de investigación de la Facultad de Ingeniería Química.
6. APARICIO R. AND HARWOOD J. (2013). **Handbook of Olive Oil**. New York. Editorial Springer. Second Edition.
7. APARICIO R. y HARWOOD J. (2003). **Manual del aceite de oliva**. Madrid: A. Madrid Vicente, ediciones y Mundi Prensa libros S.A. 1ra Edición.

8. BANAT F., PAL P., JWAIED N. AND AL-RABADI A. (2013). **Extraction of Olive Oil from Olive Cake using Soxhlet Apparatus.** American Journal of Oil and Chemical Technologies. Vol.1. Issue 4.
9. BOSKOU DIMITRIOS (1998). Química y tecnología del aceite de oliva. Madrid: A. Madrid Vicente, ediciones y Mundi Prensa libros S.A. 1ra Edición.
10. CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Codex Standard for olive oils and olive pomace oils.** Codex Stan 33-1981.
11. CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Norma del código para los aceites de oliva vírgenes y refinados y los aceites refinados de orujo de aceituna.** Codex Stan 33-1989.
12. COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. **Regulation 2568/91 on the characteristics of olive oil and olive-residue oil and on the relevant methods of analysis.** Off. J. Eur. Commun. L248:1-109.2003.
13. DE SOROA Y PINEDA (1944). **El aceite de oliva Extracción del mismo, elaboración y aprovechamiento de residuos de la elayotecnia.** Madrid: DOSSAT S.A. 3ra Edición.
14. ESTEVE C., D'AMATO A., MARINA, M. CONCEPCIÓN M. AND GIORGIO P. (2013). **Analytical Approaches for the Characterization and Identification of Olive (*Olea europaea*) Oil Proteins.** Agricultural and food Chemistry. Vol. 61(43); pp. 10384-10391.
15. ESTEVE C., D'AMATO A., MARINA, M. CONCEPCIÓN M. AND GIORGIO P. (2012). **Identification of olive (*Olea europaea*) seed and pulp**

- proteins by nLC-MS/MS via combinatorial peptide ligand libraries. J. Proteomics. Vol.75: pp. 2396-2403.
16. FERNANDEZ C. (2013). **El mercado del aceite de olive en el Perú**. ICEX España exportación e inversiones. Lima.
17. FIORE J., FAIRFAILD (1975). **Solvent Extraction Process**. U.S. Patent. 4,144,895.
18. FLORENCIA VERÓNICA G. (2013). **Diseño del proceso: Pretratamiento enzimático para extracción de aceites vegetales en un extractor de columna**. Universidad Nacional de La Plata.
19. GUEVARA A., ELOY M, (2011). **“Jornada de capacitación UNALM-AGROBANCO”**. La Yarada, Tacna.
20. GUTIERREZ F. (1989). **Determinación de la estabilidad oxidativa de aceite de oliva virgen. Comparación entre el método A.O.M. y el método Rancimal**. Grasas y Aceites. Vol.40: pp.1-5.
21. HARWOOD L., MOODY C. **Experimental organic chemistry: Principles and Practice**. (Illustrated edition ed.). 122-125. ISBN 978-0632020171.
22. HIDALGO F., ALAIZ M., AND ZAMORA R. (2001). **Determination of peptides and proteins in fats and oils**. Anal. Chem. Vol.73: pp. 698-702.
23. HILARI M., CHARROUF Z. EL AZIZ A., HACHIMI L AND GUILLAUME D. (2005). **Influence of Origin and Extraction Method on Argan Oil Physico-Chemical Characteristics and Composition**. Agricultural and food Chemistry. Vol. 53: pp. 2081-2087.

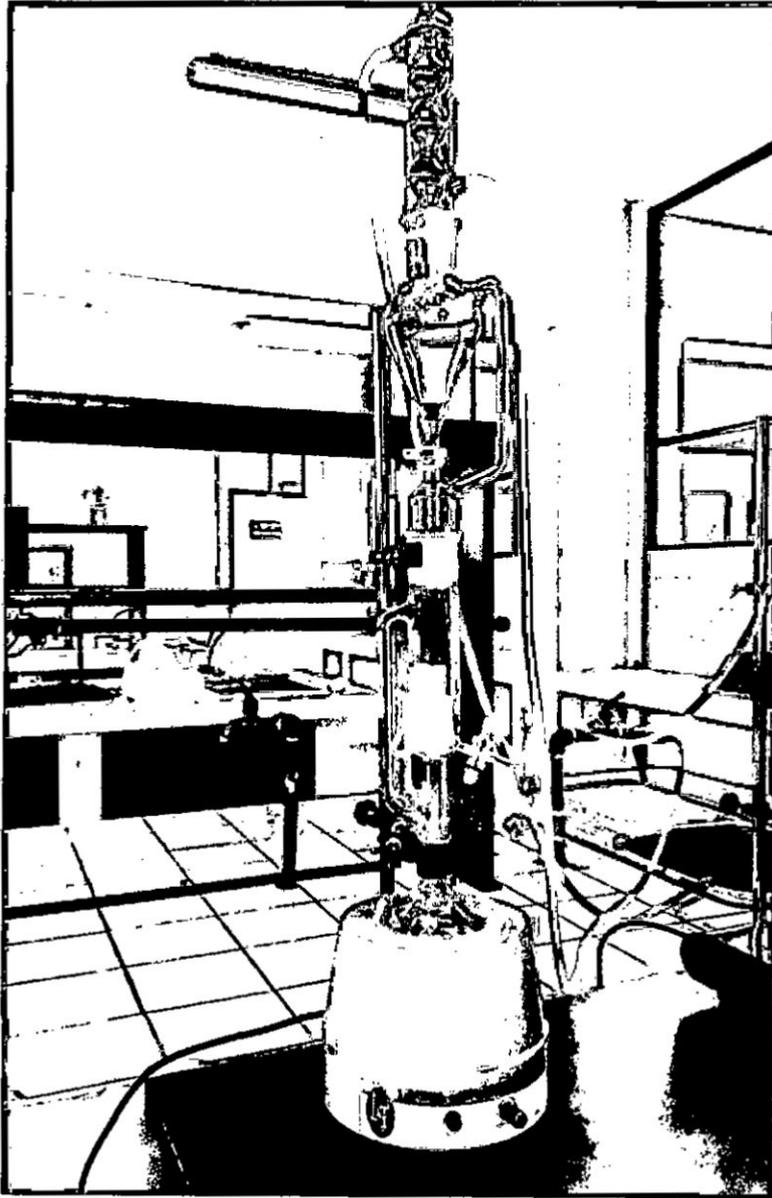
24. HOCINE K., HOCINE F. (2001). **Modeling of oil extraction from olive oil foot cake using hexane.** Grasas y Aceites. Vol.52 Fasc. 6: pp. 369-372.
25. INDECOPI. **Aceites y grasas comestibles.** Lima-Perú. 2ª Edición NTP 209.013:2008.
26. INDECOPI. **Aceituna y productos derivados.** Lima-Perú. 1ª Edición NTP 209.270:2009.
27. INDECOPI. **Aceituna y productos derivados.** Lima-Perú. 1ª Edición NTP 209.259:2009.
28. INNIS S. (2008). **Dietary omega 3 fatty acids and the developing brain.** University of British Columbia Brain Research. Brain Research. 1237: pp. 35-43.
29. JIMÉNEZ A., HERMOSO M., UCEDA M. (1995). **Elaboración del aceite de oliva virgen mediante sistema continuo en dos fases. Influencia de diferentes variables del proceso en algunos parámetros relacionados con la calidad del aceite.** Grasas y Aceites. Vol.46 Fasc 4-5: pp. 299-303.
30. JENSEN W. (2007). **The Origin of the Soxhlet Extractor.** Journal of Chemical Education. Vol.84.
31. JIMÉNEZ B. **La producción de aceite de oliva.** Recuperado de [www.museoaceite.com/docum/docs/5-%20produccion.doc](http://www.museoaceite.com/docum/docs/5-%20produccion.doc).
32. KIRITSAKIS A. (1992). **El aceite de oliva.** Madrid: A. Madrid Vicente ediciones.

33. KMEICIAK S., MEZIANE S., KADI H. AND MOUSSAOUI R. (1990). **Oil extraction from olive foot cake with acidic hexane.** *Grasas y Aceites*. Vol. 42 Fasc. 1: pp. 46-50.
34. KOO W., **Oliva virgen aceite de Perú exportación Julio 2015.** Recuperado de <http://www.agrodataperu.com/2015/08/oliva-virgen-aceite-de-peru-exportacion-julio-2015.html>.
35. **Manuales para educación Agropecuaria. Control de calidad de productos agropecuarios.** Editorial Trillas. Segunda Ed. México, D.F.
36. MINAGRI (2011). **Aceituna.** Dirección de Agronegocios. Dirección de información agrarian.
37. NORMAN O. (1979). **Composition and Characterization of individual fats and oils.** In **Bailey's Industrial Oil and Fat Products.** Nueva York. Ed. Swern, D. Ed. Wiley, 4<sup>th</sup> Edition. Vol.1: pp 289-459.
38. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS. (1990). Washington D.C. Vol. 2. 15th Edition.
39. PAUCAR L., SALVADOR R., GUILLÉN J., CAPA J. Y MORENO C., (2015). **Estudio comparativo de las características fisico-químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea* L.) y aceite crudo de pescado.** Universidad Nacional de Trujillo. *Scientia Agropecuaria* 6 (4) pp. 279-290.
40. PROYECTOS PERUANOS. **Aceitunas.** Recuperado de <http://www.proyectosperuanos.com/aceitunas.html>.

41. REDFERN J., KINNINMONTH M., BURDASS D. AND VERRAN J. (2014). **Using Soxhlet Ethanol Extraction to Produce and Test Plant Material (Essential Oils) for Their Antimicrobial Properties.** Journal of Microbiology & Biology Education. Vol.15 No.1.
42. UCEDA M., DE LA PAZ M., JIMÉNEZ A. Y BELTRÁN G. **El cultivo del Olivo. Capítulo IV**, Ed. 6ta Edición.
43. UCEDA M., HERMOSO M. Y GONZALES J. (1995). **Evolución de la tecnología de extracción del aceite de oliva.** Alimentación, Equipos y Tecnología. Pp 75-80.
44. UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO. **Guía No. 2.1 Métodos de separación por extracción con solventes.** Recuperado de [http://avalon.utadeo.edu.co/comunidades/estudiantes/ciencias\\_basicas/analitica\\_instrumental/guia\\_2\\_1.pdf](http://avalon.utadeo.edu.co/comunidades/estudiantes/ciencias_basicas/analitica_instrumental/guia_2_1.pdf).
45. VICHI S., ROMERO A. TOUS J. AND CAIXACH J. (2011). **The Activity of Healthy Olive Microbiota during Virgin Olive Oil Extraction Influences Oil Chemical Composition.** Agricultural and food Chemistry. Vol. 59: pp 4705-4714.
46. VOSSSEN P. **Olive Oil Processing Technology influences on quality.** Recuperado de <http://cesonoma.ucanr.edu/files/27187.pdf>.

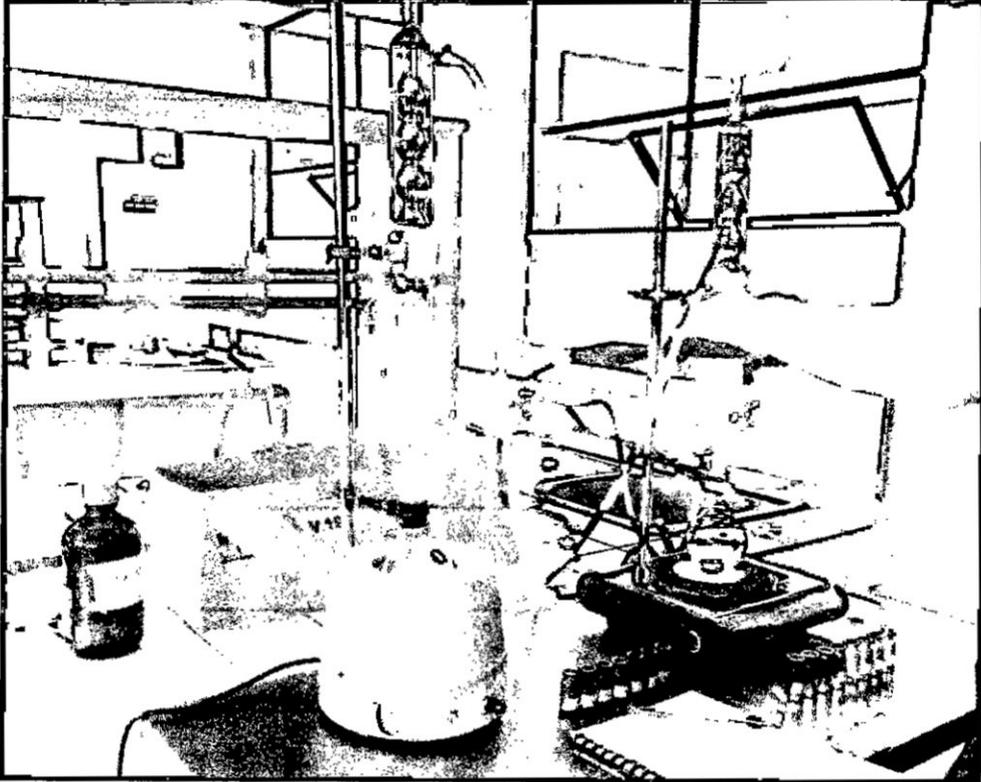
## Apéndice A

Prueba de extracción de aceite de oliva en equipo Soxhlet modificado



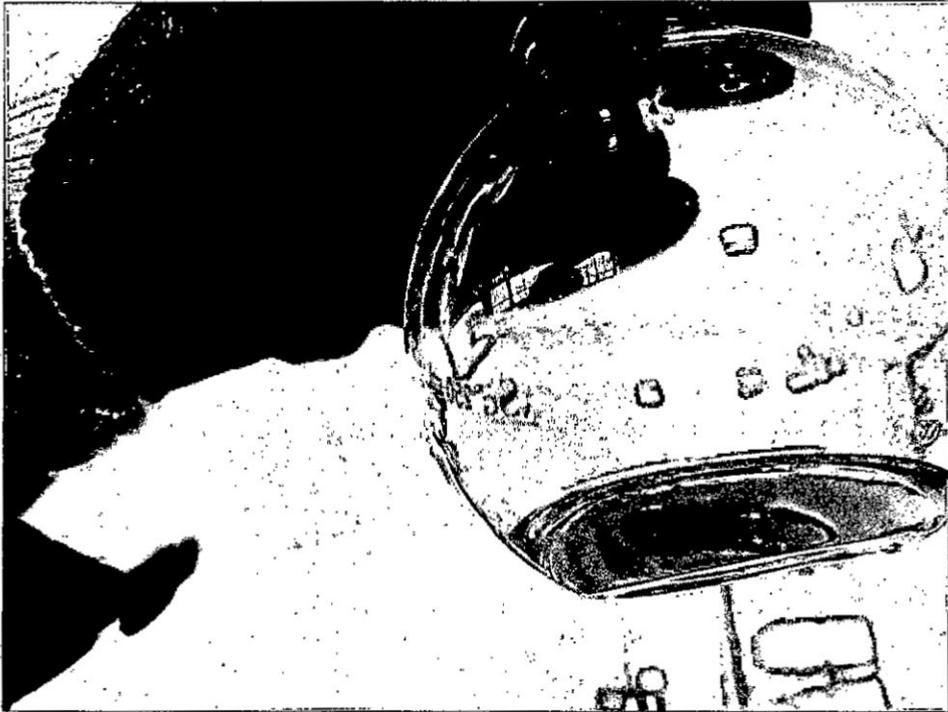
## Apéndice B

Muestreo de micela en cada etapa de extracción en equipo Soxhlet modificado



## Apéndice C

Aceite de oliva obtenido al final de la extracción en multietapas



## Anexos

### Características morfológicas de la aceituna Manzanilla Sevillana

#### Caracteres morfológicos



#### ARBOL

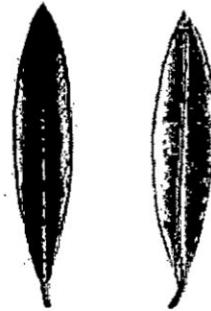
VICOR:	bajo-medio
PORTE:	abierto
DENSIDAD DE COPA:	media

#### INFLORESCENCIA

LONGITUD:	corta
NÚMERO DE FLORES:	bajo

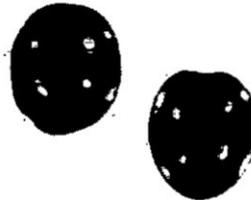
#### HOJA

FORMA:	elíptica
LONGITUD:	media
ANCHURA:	media
CURVATURA LONGITUDINAL DEL LIMBO:	plana



#### FRUTO

PESO:	elevado
FORMA:	esférica
SIMETRÍA:	simétrico
POSICIÓN DEL DIÁMETRO TRANSVERSAL MÁXIMO:	centrada
ÁPICE:	redondeado
BASE:	truncada
PEZÓN:	ausente
LENTICELAS:	abundantes y pequeñas



#### ENDOCARPO

PESO:	elevado
FORMA:	ovoidal
SIMETRÍA:	ligeramente asimétrico
POSICIÓN DEL DIÁMETRO TRANSVERSAL MÁXIMO:	hacia el ápice
ÁPICE:	redondeado
BASE:	apuntada
SUPERFICIE:	rugosa
NÚMERO DE SURCOS FIBROVASCULARES:	medio
TERMINACIÓN DEL ÁPICE:	con mucrón



### Características de la aceituna de diferentes variedades españolas

Variedad	Peso fruto (g)	Relación pulpa/hueso	Contenido graso (%)
'Arbequina'	1.9	4.6	66.2
'Blanqueta'	2.1	6.7	56.9
'Craugut Real'	3.0	5.0	77.1
'Cornicabra'	3.4	7.2	71.5
'Empeltre'	2.7	5.3	69.6
'Farga'	2.4	4.4	70.5
'Gordal Sevillana'	12.5	7.3	71.5
'Hojiblanca'	4.8	7.9	76.1
'Lechín de Granada'	2.1	5.6	70.9
'Lechín de Sevilla'	3.0	7.2	69.2
'Manzanilla Cacereña'	4.4	8.9	77.1
'Manzanilla de Sevilla'	4.6	8.2	69.5
'Morisca'	5.7	7.2	65.3
'Morut'	3.4	4.5	72.6
'Picual'	3.2	5.6	78.4
'Picudo'	4.8	6.3	63.4
'Sevillanca'	3.1	5.1	67.4
'Verdial de Huevar'	4.5	5.5	72.7
'Villalonga'	4.3	6.5	68.8

**Índices físicos y químicos establecidos en la norma del CODEX para los aceites  
de oliva**

<i>CODEX STAN 33</i>		<i>Página 2 de 6</i>
Acido linoleico	(C 18:2)	3,5 - 21,0
Acido linolénico	(C 18:3)	<1,5
Acido araquídico	(C 20:0)	<0,8
Acido behénico	(C 22:0)	<0,3
Acido erúcico	(C 22:1)	no detectable
Acido lignocérico	(C 24:0)	<1,0
<b>3.1.2 Índices físicos y químicos</b>		
<b>3.1.2.1 Densidad relativa (20°C/agua a 20°C)</b>		
Aceite de oliva virgen	)	
Aceite de oliva refinado	)	0,910 - 0,916
Aceite refinado de orujo de aceituna	)	
<b>3.1.2.2 Índice de refracción (n<sub>D</sub><sup>20</sup>)</b>		
Aceite de oliva virgen	)	1,4677 - 1,4705
Aceite de oliva refinado	)	
Aceite refinado de orujo de aceituna	)	1,4680 - 1,4707
<b>3.1.2.3 Índice de saponificación (mg de KOH/g de aceite)</b>		
Aceite de oliva virgen	)	184 - 196
Aceite de oliva refinado	)	
Aceite refinado de orujo de aceituna	)	182 - 193
<b>3.1.2.4 Índice de yodo (Wijs)</b>		
Aceite de oliva virgen	)	75 - 94
Aceite de oliva refinado	)	
Aceite refinado de orujo de aceituna	)	75 - 92
<b>3.1.2.5 Materia insaponificable (empleando éter de petróleo)</b>		
Aceite de oliva virgen	)	No más de 15 g/kg <sup>1</sup>
Aceite de oliva refinado	)	
Aceite refinado de orujo de aceituna	)	No más de 30 g/kg <sup>2</sup>
<b>3.1.2.6 Índice de Bellier</b>		
Aceite de oliva virgen	)	17 como máximo <sup>3</sup>
Aceite de oliva refinado	)	
Aceite refinado de orujo de aceituna	)	No aplicable

3.2 Características de calidad3.2.1 Color, olor y sabor

Aceite de oliva virgen: Aceite claro, color entre amarillo y verde, con olor y sabor específicos, exento de sabores u olores que indiquen alteración o contaminación del aceite.

Aceite de oliva refinado: Aceite claro, límpido, sin sedimentos, de color amarillo claro, sin olor ni sabor específicos y exento de olores o sabores que indiquen alteración o contaminación del aceite.

Aceite refinado de orujo de aceituna: Aceite claro, límpido, sin sedimentos, de un color entre amarillo y pardo-amarillento, sin olor ni sabor específicos y exento de olores o sabores que indiquen alteración o contaminación del aceite.

Mezclas: El Color, olor y sabor serán intermedios entre los dos tipos mezclados.

3.2.2 Acidez libre

	<u>Acidez máxima,</u> <u>% m/m, expresada</u> <u>como ácido oleico mg KOH/g aceite</u>	<u>Índice de ácido</u> <u>Valor máximo en</u>
Aceite de oliva virgen	3,3	6,6
Aceite de oliva refinado	0,3	0,6
Aceite refinado de orujo de aceituna	0,3	0,6
Mezclas	1,5	3,0

3.2.3 Índice de peróxido (en miliequivalentes de oxígeno peróxidico/kg aceite)

Aceite de oliva virgen	≤20
Aceite de oliva refinado	≤10
Aceite refinado de orujo de aceituna	≤10
Mezclas	≤20

## Balance final de producción de aceitunas de mesa temprada 2013/14 – Consejo

### Oleícola Internacinal



International Olive Council

#### KEY FIGURES ON THE WORLD MARKET FOR TABLE OLIVES

Data adopted at the 103rd session of the IOOC (Madrid, Spain), 23-27 November 2015)

2013 / 14 crop year - Final balance - (1 October 2013 - 30 September 2014)				
	(1,000 TONNES)			
	Production	Imports	Consumption	Exports
Albania	28.5	2.5	29.0	2.0
Algeria	208.0	8.0	205.0	0.0
Argentina	140.0	0.0	35.5	72.0
Australia	3.0	18.0	21.0	0.0
Brazil	0.0	114.0	114.0	0.0
Canada	0.0	29.0	29.0	0.0
Chile	34.0	14.5	34.0	2.0
E.U./27	794.0 a)	93.0 b)	530.5	283.5 b)
Egypt	400.0	0.0	319.0	65.0
U.S.A.	62.5	135.5	210.5	8.0
Iran	67.5	0.5	63.5	0.0
Israel	14.0	5.5	19.5	0.0
Japan	0.0	4.0	4.0	0.0
Jordan	19.5	2.0	17.5	4.0
Lebanon	16.5	3.0	20.0	2.0
Libya	3.0	11.0	14.0	0.0
Morocco	120.0	0.5	33.0	87.0
Mexico	8.0	9.0	14.5	2.5
Palestine	12.5	0.0	12.0	0.5
Peru	110.0	0.0	40.0	32.0
Russian Fed.	0.0	72.5	72.5	0.0
Syria	120.0	0.0	107.0	5.0
Tunisia	22.0	0.0	21.0	2.0
Turkey	430.0	0.0	355.0	70.5
Other countries	27.5	145.0	172.5	0.0
<b>TOTAL</b>	<b>2,660.5</b>	<b>667.5</b>	<b>2,493.5</b>	<b>638.0</b>

## **MÉTODOS ESTANDARIZADOS PARA ANÁLISIS QUÍMICOS**

 <b>Facultad de Ingeniería Química</b>	<b>Determinación de cenizas Método Gravimétrico</b>	<b>Área: Laboratorio de Investigación, Desarrollo e Innovación</b>
		<b>Fecha: 11-05-2017</b>

1. Propósito y alcance:

1.1. Propósito

El objetivo es determinar el contenido de cenizas de un producto alimenticio.

1.2. Alcance

El método es aplicable a alimentos en general, excepto a aquellos que requieren tratamiento previo a la incineración.

2. Responsables

Analista de laboratorio

3. Referencias

- Official Method of Analysis of A.O.A.C. 923.03 Cap. 32 Pág. 2 18<sup>th</sup> Edition 2005.

4. Definiciones y Terminología

No aplica

5. Materiales y Equipos

- Balanza analítica, sensibilidad 0,1 mg
- Crisoles de porcelana
- Mufla Regulada a 550 +/- 25 °C

- Desecador
- Espátula

#### 6. Procedimiento Medición de cenizas

- Colocar el crisol limpio y seco por una hora en mufla a 550 °C +/- 25 °C.
- Sacar y llevar a desecador hasta enfriar.
- Pesar el crisol en balanza analítica y registrar como C1.
- Pesar entre 2 a 5 g de muestra previamente homogeneizada, registrar como C2.
- Precalcinar la muestra en mechero o plancha calefactora, evitando que se inflame, luego colocar en la mufla a 550 +/- 25 °C hasta cenizas blancas o grisáceas, preenfriar en mufla apagada.
- Colocar crisol en desecadora hasta enfriar.
- Pesar y registrar como C3 en gramos.

#### 7. Cálculo y Expresión de resultados

La ceniza del producto expresada en porcentaje, es igual a:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{C3 - C1}{C2 - C1} \times 100$$

Donde:

C1 = masa del crisol vacío en gramos

C2 = masa del crisol con la muestra en gramos

C3 = masa del crisol con las cenizas en gramos

Promediar los valores obtenidos y expresar el resultado con un decimal.

Repetibilidad: La diferencia de los resultados no debe ser superior al 5% del promedio.

- Official Method of Analysis of A.O.A.C. 942.15. Acidity (Titrable) of Fruit Products. Official method of Analysis of AOAC International, ed. 18, 2005, Cap. 37, p.10.

## 5. Terminología

- 5.1. Acidez: grado de una sustancia que describe su capacidad de donar protones, los cuales son capaces de acidificar una disolución acuosa.
- 5.2. Acidez titulable: Indicador que expresa el contenido de ácidos libres en una matriz, el cual se expresa como el porcentaje del ácido predominante de la matriz, en el caso de los frutos ácido cítrico. Dicha acidez puede incluir la acidez natural y desarrollada.
- 5.3. pH-meter: Instrumento de carácter electroquímico que permite determinar las diferencias de potencial electroquímico, dando como resultado el potencial de hidrógeno (pH), el cual es una expresión de acidez de una solución acuosa.

## 6. Materiales y Reactivos

- Erlenmeyer esmerilado 150 ml
- Pipeta de doble aforo
- Solución de KOH 40% en etanol 96° libre de aldehidos
- HCl 0.5 N valorado
- Solución de fenolftaleína al 1%
- Éter etílico
- Solución KOH 1% en etanol
- Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidro

7. Procedimiento determinación Índice de Saponificación:

- Pesar en Erlenmyer de 150 mL, 2 g de aceite (al 0,1 mg).
- Añadir 25 mL exactamente medidos (pipeta de doble aforo) de una solución recientemente filtrada de KOH 40 % en etanol, libre de aldehídos.
- Conducir, paralelamente con la muestra, un blanco de reactivos. Usar para ello la misma pipeta.
- Conectar al Erlenmeyer un refrigerante de aire (tubo de vidrio de 1m de largo) y/o un refrigerante común y reflujar en baño de agua hirviente durante 30 min.
- Lavar el interior del tubo refrigerante y el tapón con 5 mL de etanol previamente neutralizado a la fenolftaleína y titular con HCl 0.5 N en presencia de fenolftaleína (6 a 8 gotas de solución al 1%). La titulación debe realizarse en caliente para evitar la precipitación de los jabones más pesados ya que esto disminuiría la precisión del punto final.
- Finalizada la titulación conservar el balón con la muestra.
- Pesar entre 2 a 5 g de muestra previamente homogeneizada, registrar como C2.

## 8. Cálculo y Expresión de resultados

El volumen de HCl 0.5 N requerido en la titulación del blanco ( $V_B$ ) menos el consumido por la muestra ( $V_M$ ) dará cuenta de los equivalentes de KOH que intervinieron en la saponificación.

$$IS = \frac{(V_B - V_M) * N * f * M_{KOH}}{m_M}$$

 Facultad de Ingeniería Química	<b>Determinación del          Índice de Peróxido</b>	Área: Laboratorio de Investigación, Desarrollo e Innovación
		Fecha: 11-05-2017

1. Propósito y alcance:

1.1. Propósito

Determinar los iones peróxidos libres en la muestra de aceite vegetal crudo.

1.2. Alcance

Este método es aplicable a todas las grasas y aceites típicos, incluyendo las margarinas.

2. Responsables

Analista de laboratorio

3. Referencias

Official Method of Analysis of A.O.A.C. 965.33, 1990

4. Definiciones y Terminología

No aplica

## 5. Materiales y Reactivos

- Erlenmeyer 250 ml con tapa esmerilada
- Pipeta tipo Mohr
- Mezcla de ácido acético-cloroformo (3:2)
- Solución satura de KI (se prepara en el momento)
- Solución de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 N (valorada)
- Solución de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,01 N (valorada)
- Solución de almidón 1 %

## 6. Procedimiento

- Pesar  $5,00 \pm 0,05$  g de muestra en un Erlenmeyer de 250 ml de capacidad, con tapa esmerilada.
- Agregar 30 ml de la mezcla de solventes. Agitar hasta disolución total de la muestra.
- Agregar 0,5 ml de la solución satura de KI, usando pipeta (preferiblemente de tipo Mohr).
- Dejar la solución exactamente 1 min, con ocasional agitación.
- Agregar después 30 ml de agua destilada.
- Titular con solución de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 N, agregándole gradualmente y con agitación constante y vigorosa.
- Continuar la titulación hasta que el color amarillo haya casi desaparecido.

- Agregar aproximadamente 0,5 ml de solución indicadora de almidón.
- Continuar la titulación agitando vigorosamente el Erlenmeyer cerca del punto final, para liberar todo el I<sub>2</sub> de la capa clorofórmica.
- Agregar la solución de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gota a gota hasta desaparición del color azul. Si el gasto de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1 N es muy pequeño (<0,5ml).
- Repetir la determinación y titular con solución de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,01 N.
- Conducir paralelamente un blanco (el volumen gastado debe ser < 0,1 ml de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1 N).

#### 7. Cálculo y Expresión de resultados

$$IPO \text{ (meq. de peroxido)}/1000 \text{ muestra} = \frac{(M - B) * N * f * 1000}{m_M}$$

Donde:

M = ml de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gastados en la titulación de la muestra.

B = ml de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gastados en la titulación del blanco.

N = normalidad de la solución de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Repetibilidad

La diferencia de los resultados no debe ser superior al 5% del promedio.

 Facultad de Ingeniería Química	<b>Determinación del Índice de Yodo</b> <b>Método de Wijs</b>	Área: Laboratorio de Investigación, Desarrollo e Innovación
		Fecha: 11-05-2017

## 1. Propósito y alcance:

### 1.1. Propósito

Determinar el estado de insaturación de la materia grasa a través del índice de yodo.

### 1.2. Alcance

Este método es aplicable a aceites y grasas.

## 2. Responsables

Analista de laboratorio

## 3. Referencias

Official Method of Analysis of A.O.A.C. 993.20, 19<sup>th</sup> edition, 2012. "Iodine Value of Fats and Oils - Wijs (Cyclohexane- Acetic acid Solvent) Methods".

## 4. Terminología

Índice de yodo: Corresponde a una medida del grado de insaturación de los componentes de una grasa. Por lo tanto será tanto mayor cuanto mayor sea el número de dobles enlaces por unidad de grasa, utilizándose por ello para comprobar la identidad y calidad de las grasas y aceites.

## 5. Materiales y Reactivos

- Cloroformo p.a.
- Solución de Wijs 0,1 M
- Dicromato de potasio
- Solución de Ioduro
- Agua desionizada
- Bicarbonato de sodio
- Ácido clorhídrico
- Tiosulfato de sodio pentahidratado
- almidón soluble
- Balones de 250 ml con tapa esmerilada
- Buretas de 25 ml
- Pipetas de 10 ml y 25 ml

## 6. Preparación de Reactivos

### Soluciones

- Solución acuosa de almidón al 0,1 %: Pesar 100 mg de almidón, disolviendo con agua desionizada y llevar a volumen final de 100 mL.
- Solución de yoduro de potasio al 15%: Pesar 15 gramos de KI, disolverlos con agua y llevar a volumen final de 100 mL.
- Solución de tiosulfato de sodio al 0,1 N: Disolver 26 g de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  y 200 mg de carbonato de sodio en 1 L de agua desionizada.

## 7. Procedimiento

- Pesar en un recipiente adecuado (dedal de vidrio u otro) la cantidad de muestra de acuerdo a su probable índice de yodo según la tabla siguiente:

Índice de yodo	Gramos de muestra
3	10.6 – 8.5
10	3.2 – 2.5
20	1.6 – 1.3
40	0.8 – 0.6
120	0.3 – 0.2
200	0.2 – 0.1

- Agregar 20 mL de tetracloruro de carbono o cloroformo y 25 mL de solución de Wijs, tapar y agitar.
- Preparar un blanca simultáneamente.
- Guardar los matraces protegidos de la luz por media hora a  $25 \pm 5$  °C.
- Agregar 20 mL de solución de KI y 100 mL de agua desionizada.
- Titular con la solución de tiosulfato de sodio, agitando vigorosamente. Antes que desaparezca completamente el color amarillo, agregar 1 mL de la solución de almidón y continuar con la valoración hasta la desaparición del color azul.

## 8. Cálculo y Expresión de resultados

$$I = \frac{(V_1 - V_2) * N * 0,1269}{P} * 100$$

Donde:

I = índice de yodo

N = normalidad de la solución de tiosulfato de sodio

$V_1$  = volumen de la solución de tiosulfato de sodio empleada en la valoración del blanco, en mL.

$V_2$  = volumen de la solución de tiosulfato de sodio empleada en la valoración de la muestra, en mL.

P = peso de la muestra, en gramos.

0,1269 = peso de un miliequivalente de yodo, en gramos.

Repetibilidad

La diferencia de los resultados no debe ser superior al 5% del promedio.

LIBRO 2 FOLIO No. 89 ACTA N° 272 DE SUSTENTACION DE TESIS SIN  
CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO QUÍMICO

El día Diecinueve de abril del Dos Mil Diecisiete, siendo las ..... horas, se reunió el JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS de la Facultad de Ingeniería Química, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

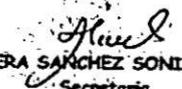
Ing. AVALOS JACOBO VICTOR HUGO	: Presidente
Ing. HERRERA SANCHEZ SONIA ELIZABETH	: Secretaria
Ing. RANGEL MORALES FABIO MANUEL	: Vocal
Ing. CARRASCO VENEGAS LUIS AMÉRICO	: Asesor

Con el fin de dar inicio al acto de sustentación de tesis de los Bachilleres TORIBIO CONDE EMMANUEL RENZO RENATO Y TEJEDA CARRION GIANNINA CRISTINA, quién habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico, sustentan la tesis titulada "CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE DE OLIVA (Olea Europea) EN UN EXTRACTOR SOXHLET MODIFICADO".

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, se acordó: Dar por *aprobado* con el calificativo *Muy bueno* a los sustentantes Bachilleres TORIBIO CONDE EMMANUEL RENZO RENATO Y TEJEDA CARRION GIANNINA CRISTINA.

Se dio por cerrada la Sesión a las 12:00 horas del día diecinueve del mes y año en curso.

  
Ing. AVALOS JACOBO VICTOR HUGO  
Presidente

  
Ing. HERRERA SANCHEZ SONIA ELIZABETH  
Secretaria

  
Ing. RANGEL MORALES FABIO MANUEL  
Vocal

  
Ing. CARRASCO VENEGAS LUIS AMÉRICO  
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

Recomendaciones de los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a las Sustentantes, para que realicen las correcciones de la tesis antes de su aprobación.

TESISTAS : Bachilleres TORIBIO CONDE EMMANUEL RENZO RENATO  
Y TEJEDA CARRION GIANNINA CRISTINA.

TITULO DE LA TESIS : "CONDICIONES FAVORABLES PARA LA OBTENCIÓN DE  
ACEITE DE OLIVA (*Olea Europaea*)" EN UN EXTRACTOR  
SOXHLET MODIFICADO".

I. PRESIDENTE

.....  
.....  
.....

II. SECRETARIA

*Los procedimientos de análisis usados en la Presente  
Tesis deben cuajar a la vez y dejarse en  
el laboratorio de investigación*

III. VOCAL

.....  
.....  
.....

  
Ing. AVALOS JACOB VICTOR HUGO  
Presidente

  
Ing. HERRERA SANCHEZ SONIA ELIZABETH  
Secretaria

  
Ing. RANGEL MORALES FABIO MANUEL  
Vocal

Bellavista, 19 de abril 2017

Pily c.