UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Proyecto de investigación integral previo a la obtención del título de:

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TEMA:

"LOS MÉTODOS EXTRACTIVOS EN LA INDUSTRIA DE LOS ACEITES VEGETALES"

AUTOR:

Norma Consuelo Manzaba Muñoz

DIRECTOR DEL PROYECTO:

Dr. Amaury Pérez Martínez

PUYO – ECUADOR

2020

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quien suscribe Norma Consuelo Manzaba Muñoz con C.I. 1600701856, hace constar que es autor/a del Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: **Los Métodos Extractivos en la Industria de los Aceites Vegetales**, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Dr. Amaury Pérez. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado

debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 11 días del mes de septiembre del 2020.

Norma Consuelo Manzaba Muñoz

Nombre del estudiante

CI:1600701856

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: "**Los Métodos Extractivos en la Industria de los Aceites Vegetales**".

_____

Dr. Luis Bravo

Presidente del Tribunal

_____

Msc. Josselyn Pico

Miembro del Tribunal

_____

Msc. Miryam Cárdenas

Miembro del Tribunal

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Oficio No. 251-SAU-UEA-2020

Puyo, 13 de septiembre de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a la egresada **MANZABA** MUÑOZ **NORMA CONSUELO** con C.I. **1600701856**, con el Tema: **"LOS MÉTODOS EXTRACTIVOS EN LA INDUSTRIA DE LOS ACEITES VEGETALES"**, de la carrera, Ingeniería Agroindustrial. Director del proyecto Dr. Pérez Martínez Amaury, PhD., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 2%, Informe generado con fecha 11 de septiembre de 2020 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien siempre bendice mi vida y me da la fortaleza para salir adelante.

Mi profundo agradecimiento a mi Tutor Dr. Amaury Pérez y Cotutor Dr. Matteo Radice, quienes con sus conocimientos, paciencia y apoyo me guiaron a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados deseados.

De manera especial agradecerle a mi esposo Juan Carlos López e hijos Theo López Manzaba y Juan Andrés López Manzaba por ser un pilar fundamental en mi vida, por siempre brindarme su apoyo y cariño.

Y por supuesto a mis padres que gracias a ellos soy quien soy y orgullosa que sean mis padres, a mis suegros por su apoyo y consejos, hermanos por darme fortaleza y amigos por siempre apoyarme y darme ánimos de superación.

Y por último a mi querida Universidad Estatal Amazónica y a todas las autoridades, por permitirme concluir con una etapa de mi vida.

Norma Consuelo Manzaba Muñoz

DEDICATORIA

El presente trabajo en primer lugar se lo quiero dedicar a Dios, por darme la fuerza, motivación y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi esposo Juan Carlos López por su paciencia, amor, esfuerzo, consejos y trabajo por todos estos años, gracias por ayudarme a concluir esta meta y ser mi compañero de vida, te amo. A mis hijos Theo López y Juan Andrés López quienes, con su apoyo incondicional, cariño me animaron a seguir adelante todo este tiempo, estoy muy orgullosa de ser su madre, son los mejores hijos.

A mis padres por sus consejos, amor y ser un apoyo fundamental durante este ciclo, a mis suegros por animarme que me siga superando, apoyándome moralmente a cumplir un objetivo en mi vida.

Norma Consuelo Manzaba Muñoz

RESUMEN

La industria aceitera es un sector donde cada día se estudian diferentes tecnologías para maximizar el rendimiento y la calidad del aceite obtenido. Por ende, se realiza esta investigación bibliográfica con la finalidad de conocer los diferentes métodos de extracción de aceites vegetales, tales son: prensado, que puede realizarse en caliente o frío, extracción con disolventes, extracción asistida por ultrasonido, extracción asistida por microondas, extracción con fluidos supercríticos y extracción asistida por enzimas. Se utilizó la metodología "Prisma", que consiste en un orden manifestado por reglas que recopila toda la información verídica indagada en diferentes bases de datos, permitiendo realizar diversas búsquedas y consultas en páginas web como: Google académico, Scielo, PubMed y Science Direct, recopilando información actualizada de diferentes formatos: Tesis, Artículos Científicos, Libros. Se consultaron un total de 43 artículos y se evidenció un crecimiento de la información en los últimos años, la mayor parte de investigaciones de estos artículos se encuentra en América Latina y han sido difundidos al resto de países. En la región amazónica se pueden encontrar varias especies de oleaginosas autóctonas de la región como: ungurahua (*Oenocarpus bataua*), morete (*Mauritia flexuosa*) y sancha inchi (*Plukenetia volubilis*). Mediante esta investigación se presentan las tecnologías más promisorias para los emprendimientos amazónicos, identificándose que las técnicas por prensado y disolventes son probablemente de más rápido desarrollo en la región. Los métodos restantes de extracción son sofisticados, requieren de grandes inversiones, son difíciles de manejar y los cuartos para estos equipamientos deben estar diseñados con ambiente controlado e instalaciones adecuadas para su correcto funcionamiento.

Palabras Claves: métodos de extracción, aceites vegetales, frutos oleaginosos, cromatografía de gases.

ABSTRACT

The plant oil industry is a sector where different technologies are studied to maximize the yield and quality of the oil obtained. To that end, this bibliographic research was carried out to make known the different methods of vegetable oil extraction. Which are; hot or cold pressing, solvent extraction, ultrasound-assisted extraction, microwave-assisted extraction, supercritical fluids extraction, currently existing enzyme-assisted extraction. The Prisma methodology has been applied. It consists of a manifested order of rules that collect all the truthful information investigated in different databases. This allows us to realize several searches and consulting websites like: academic Google, Scielo, PubMed and Science Direct collecting information in different formats; Thesis, Scientific articles, Books. 43 articles were consulted showing a growth of information in the last few years. The majority of the investigation of these articles are found in Latin America and disseminated to the rest of the countries. In the Amazon region there are many native species of autochthonous oilseeds, for example: the ungurahu (*Oenocarpus bataua*), the morete (*Mauritia flexuosa*) y el sancha inchi (*Plukenetia volubilis*). Through this research, the most promising technologies for Amazonian ventures are presented, identifying that pressing and solvent techniques are probably the fastest developing in the region. On the other hand, the rest of the extraction methods are sophisticated, requiring large investments, difficult to handle, the rooms for this equipment must be designed with a controlled environment and adequate installations for its correct operation.

Keywords: extraction methods, plant oils, oleoginous fruits, gas chromatography.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1 1

INTRODUCCIÓN 1

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. 2

1.2. JUSTIFICACIÓN 3

1.3. PROBLEMA. 4

1.4. OBJETIVOS 4

1.4.1. OBJETIVO GENERAL 4

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4

CAPÍTULO 2 5

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 5

2.1. ANTECEDENTES. 5

2.2. HISTORIA DE LOS ACEITES VEGETALES. 6

2.3. INDUSTRIA ACEITERA EN ECUADOR 7

2.3.1. ACEITE DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis*) 7

2.3.2. ACEITE DE AGUACATE (*Persea americana*). 8

2.4. PLANTAS OLEAGINOSAS 10

2.4.1. PREPARACIÓN DE LAS SEMILLAS OLEAGINOSAS PREVIO AL PROCESO DE EXTRACCIÓN. 10

2.5. PROCESOS DE EXTRACCIÓN. 11

2.5.1. PROCESOS CONVENCIONALES. 11

2.5.2. MÉTODOS NO CONVENCIONALES. 14

2.6. REFINADO DEL ACEITE VEGETAL. 18

2.6.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS ACEITES. 20

2.6.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS ACEITES. 21

2.6.3. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LOS ACEITES VEGETALES. 22
2.7. COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN LOS ACEITES VEGETALES..... 22
2.7.1. CROMATOGRAFÍA DE LOS GASES. 22
CAPÍTULO 3 25
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 25
3.1. LOCALIZACIÓN. 25
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN. 25
3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN. 25
3.3.1. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO 25
2.4. FUENTE DE RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN. 27
2.4.1. TRATAMIENTOS DE DATOS. 27
CAPÍTULO 4 29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 29
4.1. CRONOLOGÍA DE REVISIÓN DE ARTÍCULOS. 29
4.1.1. TENDENCIAS EN LAS PUBLICACIONES CIENTÍFICAS RELACIONADA A LAS TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES VEGETALES. 29
4.1.2. PAÍSES DE PROCEDENCIA DE LOS ARTÍCULOS. 30
4.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE LOS ACEITES VEGETALES. 31
4.3. TÉCNICAS PROMISORIAS PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITES VEGETALES EN LA AMAZONÍA. 35
4.3.1. CONTEXTUALIZACIÓN. 35
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 37
5.1 CONCLUSIONES. 37
5.2 RECOMENDACIONES. 37
BIBLIOGRAFÍA. 38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características organolépticas de los aceites vegetales comestibles 22
Tabla 2. Ácidos grasos saturados e instaurados presentes en los aceites vegetales.....22
Tabla 3. Producción y consumo doméstico mundial de aceites vegetales.....24
Tabla 4. Pasos de verificación de la Metodología PRISMA 26
Tabla 5. Consulta de artículos de métodos de extracción de aceites vegetales 29
Tabla 6. Ventajas y desventajas de los métodos de extracción de los aceites vegetales 32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Palma Aceitera.....7
Figura 2. Aceite de la palma aceitera.....8
Figura 3. Aguacate.....9
Figura 4. Aceite de Aguacate.....9
Figura 5. Extracción de Prensado Hidráulico.....12
Figura 6. Extracción con Prensado Expeller.....13
Figura 7. Equipo Soxhlet.....14
Figura 8. Extracción asistida por microondas.....15
Figura 9. Extracción de fluidos supercríticos.....16
Figura 10. Extracción Asistida por Ultrasonido.....17
Figura 11. Diagrama de flujo de los aceites vegetales.....20
Figura 12. Diagrama esquemático de la cromatografía de gases.....23
Figura 13. Diagrama de flujo PRISMA.....27
Figura 14. Tendencia de crecimiento de artículos de métodos de extracción de aceites en base de datos.....29
Figura 15. Comportamiento de las publicaciones sobre métodos de extracción de aceites vegetales.....30
Figura 16. Distribución de las publicaciones por países de procedencia.....31

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Los aceites vegetales son sustancias orgánicas obtenidos mediante semillas y frutos oleaginosos de diferentes especies (maíz, palma, girasol, soja, oliva, algodón, canola, maní, entre otros) (Yurkanis B., 2015). Los aceites vegetales no solo son utilizados en la parte alimentaria, sino, también son requeridos para fines industriales, dependiendo del tipo de materia prima y método de extracción. Están compuestos principalmente por triglicéridos conformados por una molécula de glicerina y ácidos grasos saturados e insaturados. Los triglicéridos ricos en ácidos saturados se presentan solidos a temperatura ambiente denominadas mantecas, los triglicéridos ricos en ácidos grasos insaturados se presentan líquidos a temperatura ambiente y se denominan aceites (Durán A., Torres G., & Sanhueza C., 2015).

La producción mundial de los aceites vegetales, en la actualidad está liderada por el aceite de palma (*Elaeis guineensis*) con 39.2%, seguido del aceite soja (*Glycine max*) con 33.7%, que juntos representan más del 70% de la producción mundial de la industria aceitera. En tercer lugar, se ubica el aceite de girasol (*Helianthus annuus*), que presenta una producción de 28%. Estos aceites en los últimos años muestran un crecimiento interrumpido, aumentando la economía de diversos continentes Europa, Asia y Latinoamérica (Sigaudo & Terre, 2018).

Malasia es el país que se destaca con la producción de aceite de palma, mientras que Argentina, Brasil y Estados Unidos son los mayores productores de aceite de soja, Asimismo, Argentina encabeza la lista de los países pioneros en la obtención de aceite de girasol junto con Ucrania (Martínez, Parra, Vera, & Vera, 2016).

Para la obtención de los aceites vegetales comestibles, existen técnicas de extracción que van desde las simples hasta las más sofisticadas, muy utilizadas tanto a nivel de laboratorio como industrial que son el prensado que puede realizarse en caliente o frio, extracción con disolventes, extracción asistida por ultrasonido, extracción asistida por microondas, extracción por fluidos supercríticos y extracción asistida por enzimas (Acosta G. & Torres T., 2015).

Ecuador conocido por varios países por exportar aceite de palma y aguacate, cabe recalcar que la tecnología utilizada por varias empresas ecuatorianas de extracción son métodos sencillos como el prensado y extracción con disolvente. Sin embargo, el método más utilizado es por prensado, esto se debe fundamentalmente que al momento de trabajar con solventes estos quedan impregnados en el aceite reduciendo el consumo del alimento.

La región Amazónica de Ecuador, caracterizada por una elevada biodiversidad (Andrade V., 2015), cuenta con diferentes especies de semillas y frutos oleaginosos que crecen de manera silvestre en su selva. En la actualidad existe producciones en pequeña escala de aceites vegetales de forma artesanal de palma de morete (*Mauritia flexuosa*), ungurahua (*Oenocarpus bataua*) y sancha inchi (*Plukenetia volubilis*), representando un potencial importante para la Amazonia Ecuatoriana (Olmedo M. & Veintimilla G., 2018).

Los análisis de ácidos grasos son de gran interés en la industria aceitera, debido a la importancia nutricional y sensorial que tiene su composición, se llevan a cabo mediante la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS por sus siglas en inglés). Se basa en la separación de compuestos volátiles, alifáticos y aromáticos, y moléculas simples como esteroides, ácidos grasos y hormonas, dependiendo de sus puntos de ebullición (López V., Arrubla V., & Guerrero, 2009).

Los parámetros más relevantes de calidad de los aceites vegetales se determinan mediante la medición del índice de acidez, índice de saponificación, índice de peróxido, color y densidad obteniendo un aceite con las condiciones óptimas para el consumo como alimento, (Grasso, 2013).

En el presente proyecto se realizó una revisión bibliográfica acerca de los métodos de extracción de los aceites vegetales, investigando sus ventajas y desventajas de cada uno de ellos. En la siguiente fase se ejecutó nuevos métodos de extracción para la amazonia como el prensado en frio y extracción con disolvente, estas técnicas se caracterizan por ser ubicadas en condiciones poco favorables, son fáciles de manipular y obteniendo mejor calidad de aceites.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Los métodos de extracción de los aceites vegetales en los últimos años se han ido innovando con nueva tecnología acorde a las necesidades de la industria aceitera, mejorando en tiempos, rendimiento de extracción y en calidad del aceite comestible.

En la Amazonia ecuatoriana se puede evidenciar la ausencia de procesos industriales en la extracción de aceites comestibles por parte de emprendimientos locales, desperdiciando parte del fruto no utilizado en el proceso artesanal. El problema que se manifiesta en la región es causado por diversos factores la falta de interés de los comuneros por mejorar el método de extracción de aceites, inversión económica por parte del sector público y privado en los sectores agrícolas y el bajo costo de los aceites refinados.

Se propone implementar dos tipos de tecnologías de extracción sencillas que son el prensado y la extracción con disolventes en la región, que permitirá mejorar la producción del aceite, incentivando a pequeños emprendimientos a realizar las mejoras en la implementación de nuevas técnicas, para mejorar su calidad y activar su economía.

1.2. JUSTIFICACIÓN.

La Amazonia ecuatoriana, posee una gran diversidad de frutos oleaginosos, fuente de alimentación para familias que viven en las diferentes comunidades. La cosecha de frutos oleaginosos es parte del autoconsumo familiar o de actividades comerciales básicas, vinculadas al periodo de cosecha y a los mercados locales. Por lo tanto, no se registra una explotación organizada o una presencia estructurada de procesos agroindustriales en la zona por falta de conocimiento de los diferentes métodos y/o tecnologías apropiadas para el procesamiento de estos frutos y comercialización de los derivados. Los aceites vegetales, elaborados de manera artesanal por diferentes comunidades en la región amazónica, son a pequeña escala de algunos frutos oleaginosos de la zona como palma de morete (*Mauritia flexuosa*), ungurahua (*Oenocarpus bataua*) y sancha inchi (*Plukenetia volubilis*).

Con estos antecedentes, en la región amazónica se ha visto la necesidad de investigar las técnicas de extracción para la obtención de aceites vegetales a partir de frutos oleaginosos, no obstante, de estos recursos se pueden aprovechar para la obtención de productos con alto valor agregado a partir de estas materias primas mediante el desarrollo de emprendimientos locales. Además de su alto valor nutricional, los aceites vegetales también poseen un importante potencial económico que no es aprovechado por los pobladores de la zona.

En el siguiente trabajo se identificó cada uno de los métodos de extracción de aceites y/o tecnologías apropiadas utilizadas en las diferentes industrias de aceites vegetales en el mercado, que permitieron establecer metodologías de extracción, considerando tiempos, rendimiento y

calidad del aceite vegetal, basándose en el cumplimiento de parámetros de calidad internacionalmente reconocidos (Grasso, 2013).

1.3. PROBLEMA.

¿Cuáles procesos de extracción de aceites vegetales son los más adecuados y viables para los principales frutos oleaginosos de la Amazonia ecuatoriana?

1.4. OBJETIVOS.

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar críticamente los diferentes métodos de extracción de los aceites vegetales.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Recuperar la información científica actualizada, relacionada con la extracción de aceites.
2. Identificar las ventajas y desventajas de las diferentes técnicas de extracción de los aceites vegetales.
3. Identificar técnicas promisorias para el contexto amazónico.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES.

Los aceites vegetales son obtenidos mediante semillas y frutos oleaginosos utilizando diferentes métodos de extracción, el aceite obtenido debe ser sometido a un proceso de refinación completa, para que pueda reunir las características exigidas para el consumo humano (Mangrané, 1978). El uso adecuado de los aceites está dado por su composición de ácidos grasos, ya que son estos lo que le dan la característica de estabilidad frente a ciertas condiciones como temperatura, oxígeno y humedad (Espinoza M. & Zapata C., 2010).

Las semillas oleaginosas se diferencian por su composición característica de ácidos grasos, que varía según las condiciones geográficas: latitud, clima, altitud, entre otros. A mayor altitud, la composición de ácidos grasos no saturados y sus índices de yodo son mayores. El aceite de semillas cultivado en climas fríos tendrá un índice superior que el de las mismas plantas cultivadas en los trópicos. La temperatura afecta al contenido de diversos ácidos, salvo al oleico. A mayor humedad, se obtiene una semilla con más grasa (Mangrané, 1978).

En los últimos años Ecuador se ha ido posicionando en la industria aceitera a nivel internacional, formando parte de procesos industriales que suman al cambio de la matriz productiva del país, debido al crecimiento notable que ha presentado este sector que se radica en la obtención de aceites vegetales de calidad (Rosero A., 2010). Los métodos de extracción utilizados por distintas empresas ecuatorianas son por prensado y disolventes, se puede decir que son métodos sencillos y de fácil manejo ya que se sabe que Ecuador solo produce aceite crudo y envía a otros países para su posterior refinamiento.

En la región amazónica los aceites vegetales que más destaca son el ungurahua (*Oenocarpus bataua*) es una palmera nativa de la Amazonía y sancha inchi (*Plukenetia volubilis*), sus frutos extraen un aceite con propiedades emolientes y nutritivas que es utilizado por diferentes comunidades indígenas locales.

2.2. HISTORIA DE LOS ACEITES VEGETALES.

Las grasas y aceites son de gran importancia en el lapso de nuestra vida, se las utiliza en la alimentación, en la producción de detergentes y jabones para la limpieza e higiene personal, en la conservación de nuestra salud, y en innumerables productos y objetos que utilizamos y consumimos diariamente (Valenzuela B. & Morgado T., 2005).

La palabra grasa tiene un origen etimológico poco atractivo. Deriva del latín "crassus", que significa grueso, denso y también sucio. La palabra aceite se origina del latín “oleo”, que deriva del griego “elaca”, que significa olivo, árbol de quien se obtiene el rey de los aceites, el aceite de oliva (Valenzuela B. & Morgado T., 2005).

Los lípidos son compuestos orgánicos que se producen de forma natural. Químicamente son ésteres de tres moléculas de ácido graso con glicerina, que se conocen comúnmente con el nombre de triglicéridos. Son sustancias oleaginosas, cerosas (grasosas), más ligeras que el agua e insolubles en ella (Espinoza M. & Zapata C., 2010).

Las grasas están compuestas por triglicéridos de origen animal o vegetal, constituidos por ácidos grasos saturados, sólidos a temperatura ambientes. En general, se encuentran en los lácteos, carnes, productos de pastelería. Los aceites corresponden a los triglicéridos de origen vegetal, que contienen ácidos grasos insaturados mayoritariamente, por lo que son líquidos a temperatura ambiente. Aquí encontramos a todos los aceites vegetales y de animales marinos (Espinoza M. & Zapata C., 2010).

Las materias grasas han sido utilizadas por los humanos desde la época prehistórica, existen antecedentes que en la civilización paleolítico el hombre protegía su cuerpo y mantenía el fuego de su hogar con grasa animal. En la elaboración de los grabados de la gruta de Lascaux, Francia, llamada "la Capilla Sixtina de la prehistoria", realizados hace 17.000 años, se utilizaron materias grasas en la preparación de las pinturas y en la iluminación de la gruta. El uso de aceites, presumiblemente de oliva, con fines cosméticos y culinarios, se remonta al siglo VI antes de Cristo. Las civilizaciones asirias, babilónicas, griegas, y egipcias, utilizaban el aceite de oliva como un combustible, y probablemente también con fines culinarios. Los gladiadores y luchadores romanos impregnaban su piel con aceites, con el propósito de mantener su hidratación, y lograr un efecto lubricante que aminoraba los golpes de las armas del contrincante. Las mujeres usaban aceites en su cosmética, ya que eran buenos disolventes para los pigmentos utilizados para colorear sus ojos, rostro y otras partes del cuerpo. Los aceites se

obtenían mediante un proceso artesanal lo que indica que lo realizaban en su propia casa. Aunque existe evidencia que en Roma imperial (siglo II A.C.), ya había pequeñas empresas de aceite de oliva (Valenzuela B. & Morgado T., 2005).

2.3. INDUSTRIA ACEITERA EN ECUADOR.

Ecuador cuenta con una gran diversificación de flora, gracias a la posición geográfica donde se encuentra ubicado y la diversidad climática, no obstante Ecuador es exportador de dos clases de aceites vegetales más consumidos a nivel internacional. A continuación, se describen cada uno de ellos.

2.3.1. ACEITE DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis*).

Ecuador ocupa el segundo lugar en Latinoamérica en la producción de aceite crudo de palma y es el séptimo productor a nivel mundial. Las zonas productoras de palma aceitera Esmeraldas, Sucumbíos, Santo Domingo, Los Ríos, Bolívar, Cotopaxi, Manabí, Guayas, Imbabura, Pichincha y Santa Elena; el sector de mayor producción de palma aceitera es la provincia de Esmeraldas con un total de 116.430.48 hectáreas, equivalente a 3280 plantaciones, mientras que la menor superficie es ocupada por la provincia de Santa Elena con 156.45 hectáreas que equivale a 3 plantaciones ("ANCUPA," 2018).



Figura 1. Palma Aceitera

Fuente: ("ANCUPA," 2018)

En el Ecuador existen cerca de 280 mil hectáreas sembradas, el 42 % del aceite producido en el país es consumido internamente, mientras que el 58% es exportado como aceite crudo de palma, productos semi elaborados y elaborados, generando US$ 271 millones en divisas de exportación. Sus principales destinos de exportación son Colombia, Venezuela, Unión Europea, México, Malasia, Indonesia entre otros ("Informe Sobre el Sector Palmicultor Ecuatoriano," 2017).

El aceite de palma es obtenido mediante métodos mecánicos como el prensado, también se obtiene por extracción con disolventes orgánicos. El mismo que aporta energía, ácidos grasos esenciales y vitaminas A y E. El proceso inicia con la recolección de racimos los cuales son sometidos a un proceso de esterilización con vapor con el fin separar los frutos del racimo y despegar la almendra del hueso, el fruto es separado por maquinas desgranadoras y pasan al proceso de malaxado, la pulpa resultante es sometida al prensado donde es separado el aceite del cuesco. El aceite extraído pasa por un proceso de clarificación y centrifugado obteniendo el aceite crudo de palma (Muñoz P., 2016).



Figura 2. Aceite de la palma aceitera

Fuente: ("FALESA," 2020)

2.3.2. ACEITE DE AGUACATE (*Persea americana*).

En Ecuador el aguacate es consumido desde tiempos remotos por su inigualable sabor, siendo un producto que está siendo exportado por sus grandes plantaciones que existen hoy en día en diferentes provincias. El rendimiento de aceite del aguacate depende de la variedad y el índice de madures de la fruta, las pulpas pueden alcanzar hasta un 25% con promedios mínimos de 15-19% de aceite vegetal (Santana S., 2013).

Las zonas con mayor producción de aguacate son; Manabí el 18%, Imbabura el 17%, Carchi el 14%, Pichincha el 25%, Cotopaxi con el 12% y Tungurahua con el 14% (Gómez Z., 2015).

El 58% de la producción de aguacate se destina a la exportación a mercados internacionales, el restante del 42% se permanece en el mercado local para la elaboración de varios productos.



*Figura 3***.** Aguacate

Fuente: (Santana S., 2013)

Las características organolépticas del aceite de aguacate se pierden al ser sometidas a altas temperaturas de extracción, por lo que se utiliza procesos de extracción por prensado y en otros casos se manipulan tecnologías avanzadas como es la centrifugación en frío, ayudando a conservar las propiedades nutritivas del aceite (González V., 2017).

Para la extracción del aceite de aguacate por el método de extracción con disolvente, la pulpa es sometida a un secado en una estufa de vacío a una temperatura de 60 ºC por un tiempo de 4 horas. Mediante el equipo Soxhlet se extrae de la pulpa seca el aceite, el extracto obtenido se somete a una evaporización mediante un ligero calentamiento para eliminar el exceso de solvente, por último se seca en una estufa al vacío para eliminar el restante de solvente y el agua ocluida (Cuaspud E., 2015).

El aceite de aguacate es un producto orgánico obtenido de la pulpa de aguacate, genera varios beneficios para la salud de los consumidores, contribuye a equilibrar los triglicéridos, rico en omega 3, omega 6 y omega 9, previniendo enfermedades cardiovasculares. También se utiliza para producir cosméticos ya que brindan múltiples beneficios en la piel. Los principales destinos de exportación de aceite de aguacate son Estados Unidos, Brasil y Alemania (González V., 2017).



Figura 4. Aceite de Aguacate

Fuente: (González V., 2017)

2.4. PLANTAS OLEAGINOSAS.

Las plantas oleaginosas son aquellas que contienen aceite vegetal, dependiendo de la especie puede encontrarse en el fruto o semilla usado como materia prima por la industria farmacéutica y alimentaria. Para el proceso de extracción se debe determinar el tipo de materia vegetal ya que cada una contiene una estructura diferente. Las materias primas con alto contenido de aceite como el maní contienen (>20% de base seca). Las de bajo contenido de aceite tales como la soja tienen (< 20 % base seca) (Grasso, 2013).

La composición de los aceites vegetales está formada por 18 carbonos y ésteres de glicerol de ácidos grasos conocidos comúnmente como triglicéridos, estos últimos varían dependiendo de la clase de aceite vegetal y las condiciones de extracción a los que fueron sometidos, los ácidos grasos más comunes encontrados en los aceites son el oléico, esteárico y palmítico (Balboa A., 2015).

2.4.1. PREPARACIÓN DE LAS SEMILLAS OLEAGINOSAS PREVIO AL PROCESO DE EXTRACCIÓN.

Las semillas de las plantas oleaginosas antes del proceso de extracción de sus aceites deben ser acondicionadas. A continuación, se detallan las etapas por las cuales deben transitar estas semillas antes de ser sometidas al proceso de extracción:

Limpieza.

La limpieza de las semillas es el primer paso para la extracción de aceite, ya que mediante este, se desecha todos los objetos no deseados como palos, hojas, ramas y otros desechos, de igual manera es retirada la tierra de la materia prima, los materiales y equipos utilizados son cribas planas o tambores rotatorios (Ciau S., Rosado R., Chel G., & Betancur A., 2016).

Secado de las semillas.

El secado de la materia prima se la realiza mediante exposición al sol o con secadoras con aire a 70°C de temperatura a las semillas (FAO, 1997). El secado durante el almacenamiento asegura que se mantengan niveles bajos de humedad y evita el desarrollo microbiano. Este proceso se lleva a cabo con el propósito de brindar a las semillas la blandura que se requiere para el proceso de prensado efectivo, destruyendo bacterias y mohos (Acosta G. & Torres T., 2015).

Trituración de las semillas.

Facilita la extracción de los aceites vegetales y acorta tiempos de trabajo en tecnologías de prensado y disolvente. Para el proceso de trituración de las semillas se utilizan molinos de martillos, cizallas, mortero de madera, o un digestor mecánico, no obstante, se ha demostrado que para semillas o frutos duros tales como la palma africana, morete y otras más se utiliza equipos de molinos con rodillos o de fricción (FAO, 1997).

Procedimiento térmico de las semillas.

Las semillas son sometidas a un proceso de cocción antes de la extracción de los aceites, este método se encarga de cristalizar las proteínas de las paredes de la materia vegetal oleaginosa. Ayuda a inactivar las enzimas lipolíticas que ocasionan la degradación del aceite, afectando a la calidad nutricional y organoléptica de los aceites (Acosta G. & Torres T., 2015).

Los objetivos del proceso de cocción son los siguientes:

- ✓ Coagulación de las proteínas de las semillas: se encarga de agrupar los aceites esparcidos y convertirlos a los sólidos de las semillas permeables al flujo de aceite vegetal.
- ✓ Disminución de la afinidad del aceite vegetal: hacia las superficies de los sólidos para conseguir el mayor rendimiento en el método de prensado.

2.5. PROCESOS DE EXTRACCIÓN.

El proceso de extracción consiste en romper las paredes celulares del material vegetal, extraído por prensado, obteniendo como producto final el aceite vegetal.

2.5.1. PROCESOS CONVENCIONALES.

Los procesos más utilizados para la extracción de aceites mediante las semillas y frutos oleaginosos son las tecnologías de prensado hidráulico, el prensado expeller y la extracción con disolventes.

2.5.1.1. Prensado hidráulico.

Esta tecnología es utilizada desde tiempos remotos para la obtención de aceites vegetales, una de sus ventajas es no utilizar ningún producto químico al momento de la extracción, adquiriendo un aceite libre de residuos y es de fácil manejo. Hoy en día, las prensadoras son

muy poco utilizadas en fines industriales, siendo remplazadas por tecnología modernas, siendo manipuladas por pequeñas empresas (Acosta G. & Torres T., 2015).

Las prensas hidráulicas contienen un cilindro perforado cuyo nombre se lo conoce como prensa de tamiz, esta contiene grietas por donde fluye el aceite extraído, situadas en las aberturas de las diferentes varillas que aseguran al tamiz, el procedimiento a seguir de esta tecnología, inicia elevando la presión dentro de la prensa, utilizando un pistón que se encarga de presionar el émbolo en la parte superior donde se encuentra ubicada la materia prima vegetal que va ser prensada, estas máquinas trabajan de 200 a 400 bar de presión, al finalizar el aceite extraído es almacenado en recipientes que están ubicadas dentro del tamiz, el cual se vende como aceite crudo o pasa al área de refinamiento (Acosta G. & Torres T., 2015).

El rendimiento que se obtiene con esta tecnología, corresponde a los indicadores de presión y tiempo, al tener un aumento de presión, mejor es la eficiencia del proceso y cuando el tiempo de prensado aumenta, la presión que ejerce ayuda a maximizar el rendimiento del aceite vegetal (Acosta G. & Torres T., 2015).

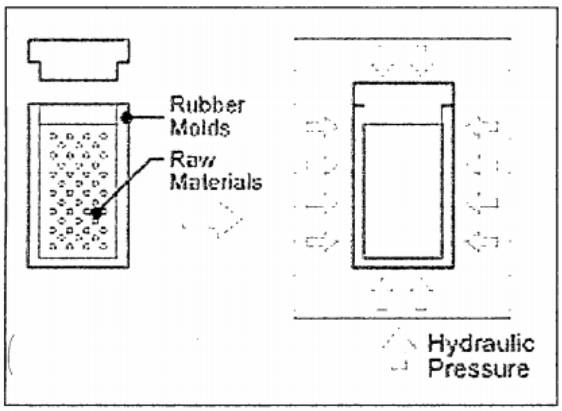

Figura 5. Extracción de Prensado Hidráulico

Fuente: (Acosta G. & Torres T., 2015)

2.5.1.2. Prensado Expeller.

En el prensado "expeller" la materia prima puede pasar hasta tres veces por la prensa para conseguir mayor rendimiento ya que trabajan a presiones muy elevadas. En el procedimiento previo a la extracción de aceites se realiza mediante un tornillo sin fin que gira dentro del cilindro de la prensadora junto a la materia vegetal a utilizar, esta tecnología cuenta con una serie de anillos que están incorporados entre sí, contiene varillas que se encuentran en forma paralela ubicadas en la caja y están apartadas una de otras por separadores (Galarraga R., 2015).

Este método de extracción es muy recomendable para obtener mayor rendimiento de aceite por la presión que ejerce, trabajando con múltiples resistencias eléctricas en la parte de la corteza del tornillo sin que aumenta la temperatura de la semilla o fruto que ayuda a controlar la viscosidad de los aceites, el rechazo o torta como se la conoce es eliminada mediante por la parte exterior de un orificio llamado boquilla, el aceite extraído fluye por la parte exterior de los agujeros perforados, una de las ventajas de este método, no se utiliza la adición de ningún compuesto químico, este proceso es únicamente mecánico garantizando un aceite más saludable (Acosta G. & Torres T., 2015).



Figura 6. Extracción con Prensado Expeller

Fuente: (Acosta G. & Torres T., 2015)

2.5.1.3. Extracción por disolventes.

Este método tiene como finalidad extraer todo el aceite vegetal encontradas en las materias primas oleaginosas, esta tecnología es recomendado por ser eficiente y económico por utilizar disolventes orgánicos como el hexano, se basa en la transferencia del disolvente por medio de la materia prima utilizando el equipo Soxhlet (Herrera Q. & Rodríguez C., 2016).

Para la extracción con disolventes usualmente se debe realizar varias operaciones con la materia prima oleaginosa realizando varios pasos a la vez tales son el descascarillado y molido, al tener contacto el disolvente y la materia prima se realiza la separación de fases a lo que procede a recuperar el solvente hasta obtener solo el aceite vegetal. El hexano situado en el aceite es retirado mediante equipos de evaporadores de película y posteriormente destilado a vacío (Acosta G. & Torres T., 2015).

Equipo Soxhlet: Es un aparato de vidrio utilizado para la extracción de compuestos, generalmente de naturaleza lipídica. El equipo está formado por un extractor, un condensador de tipo bulbo y un matraz (Azuola & Vargas, 2007).

En la extracción con disolventes presenta algunas fallas al momento de trabajar en fines industriales retrasando las operaciones de trabajo lo que se aconseja es trabajar en pequeñas cantidades en laboratorios no presentando inconvenientes. Una de las principales desventajas de este método es que ocupa grandes cantidades de disolvente y una de sus ventajas es poca perdida del aceite extraído. Los disolventes manipulados a nivel industrial para la extracción de aceites vegetales y otros líquidos son el: etanol, éter etílico, pentano, heptano, acetona, hexano, entre muchos más. Todos los disolventes antes mencionados, el más utilizado en nivel de laboratorio como industrial es el hexano por su bajo costo y facilidad de adquirir (Acosta G. & Torres T., 2015).

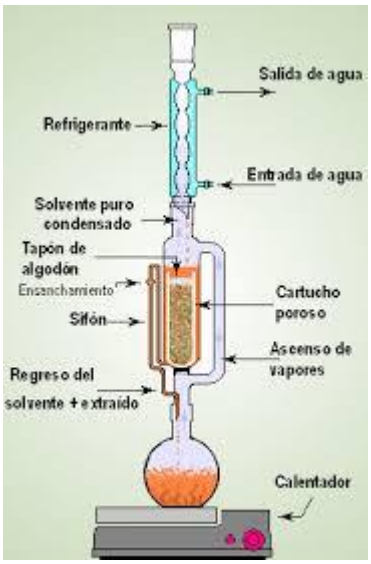

Figura 7. Equipo Soxhlet

Fuente: (Nuñez, 2008)

2.5.2. MÉTODOS NO CONVENCIONALES.

Estos métodos son muy pocos utilizados en la industria aceitera, aunque hayan sido ampliamente utilizadas en la investigación, sin embargo, se trata de tecnologías que merecen atención para producciones de alto valor agregado con altos volúmenes de producción.

2.5.2.1. Extracción asistida por microondas (EAM).

La técnica de extracción asistida por microondas conocida por sus siglas en inglés como MAE (Microwave Assisted Extraction), se basa en el uso de la energía de microondas para conseguir que los compuestos de interés pasen rápidamente de la muestra a un disolvente adecuado, además, es una técnica que utiliza volúmenes pequeños de disolvente y permite el control de una serie de parámetros que afectan a la eficacia de extracción (Urango A., Ortega Q., Veléz H., & Peréz S., 2018).

En la extracción asistida por microondas, se coloca una muestra de material vegetal y un disolvente se exponen a radiación microondas bajo condiciones controladas de temperatura y presión, las moléculas de agua presentes en los sistemas vasculares de las plantas rompen los tejidos, liberan las moléculas allí contenidas y se incorporan al disolvente. En estas condiciones, el disolvente puede incluso alcanzar temperaturas superiores a su punto de ebullición. Existen muchos factores que influyen sobre el proceso de extracción: potencia, temperatura, tiempo de extracción, naturaleza del disolvente, relación sólido solvente, tiempo de contacto del material vegetal con el disolvente y tamaño de partícula (Espinosa M., Garzón S., & Medina V., 2016).

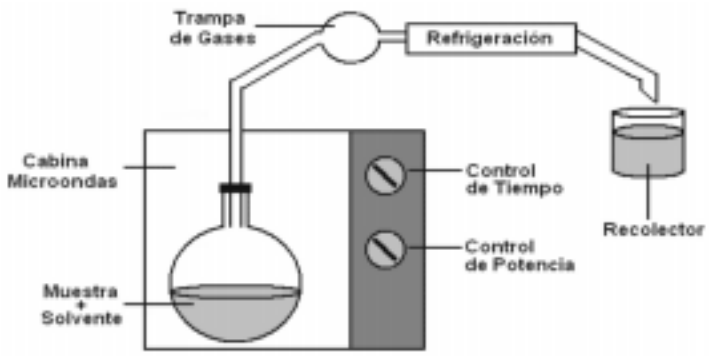

Figura 8. Extracción asistida por microondas

Fuente: (Ríos V., Giraldo G., León R., & Moreno B., 2008)

2.5.2.2. Extracción por fluidos supercríticos (FSC).

Esta tecnología consiste en someter una muestra de semilla o fruto oleaginoso a la presencia de un disolvente en un sistema de presión y temperatura elevada del punto crítico, cuando se eleva la presión existe un incremento de temperatura se debe evitar que se forme una licuefacción para evitar que la extracción se perjudique (Hernández R., 2017). El disolvente, en las nuevas condiciones de temperatura y presión, se convierte en un fluido, tiene la propiedad de difundirse a través de los sólidos como un gas, y de disolver los materiales como

un líquido. El FSC se basa en la separación del aceite vegetal contenido en la materia prima mediante un disolvente que se encuentra en estado supercrítico modificando la estructura vegetal. Los componentes esenciales del equipo son: portamuestra, restrictor, sistema de colección, bomba y sistema de inyección. El restrictor tiene utilidad para mantener la presión de la columna en el nivel deseado y para convertir el eluyente de un fluido supercrítico en un gas. Las ventajas que presenta la extracción con FSC son: la rápida y eficaz extracción, la posible utilización de CO_2, H_2O y NH_3 como disolventes, no contaminantes y fáciles de eliminar su exceso (López G., Vega M., & Sanchéz B., 2012).

Esta tecnología es innovadora en fines industriales por su trabajo eficiente que desempeña, no presenta ningún inconveniente con la facilidad que proporciona el CO_2 supercrítico, que es un gas orgánico que se transforma en un disolvente en altas presiones y temperaturas (Pantoja Ch., 2016).

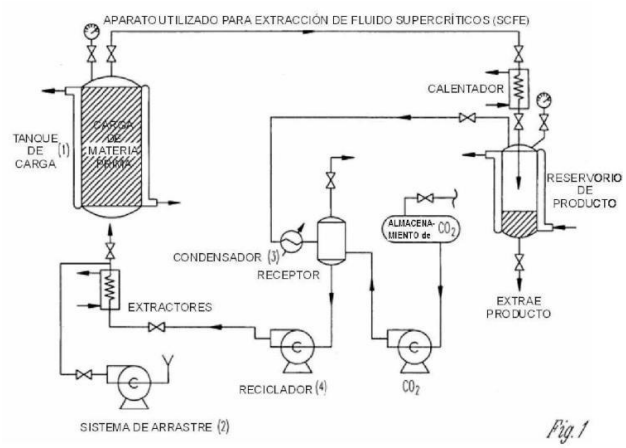

Figura 9. Extracción de fluidos supercríticos

Fuente: (Moore & Norton, 2014)

2.5.2.3. Extracción Asistida por Ultrasonido.

La extracción de aceite vegetales por ultrasonido es un método limpio, sencillo, rápido y ecológico en comparación con los métodos convencionales. Las ondas de ultrasonido causan la ruptura mecánica de la pared celular liberando los componentes bioactivos, a su vez el calentamiento local del disolvente aumenta la difusión del extracto, mejorando así la transferencia de masa a través de la interfase sólido-liquido (Rojas, Fuentes C., Contreras L., Gómez, & Muñoz J., 2019). Este método disminuye considerablemente el tiempo de extracción, lo que evita la degradación térmica de constituyentes termolábiles y además reduce el consumo de disolvente lo que disminuye la contaminación al medio ambiente con

rendimientos más elevados y menor costo de operación (Acosta, Salomón, Sevillas, & Nuevas, 2016).

Mediante la cavitación se podría mejorar la extracción con las tasas de disolución de solutos que conducen de manera significativa a una extracción más rápida y completa. Debido al colapso de las burbujas formadoras de cavitación, cerca de las paredes celulares o en otras palabras la propagación de ondas de presión en el aceite. Además, este efecto se puede utilizar para reducir la cantidad de disolvente (Corona J., Martínez N., Ruis E., & Carranza C., 2016).

La extracción asistida por ultrasonido ha demostrado ser una tecnología emergente viable para la conservación de alimentos a partir de la inactivación de enzimas, se estima que en términos generales, el ultrasonido tiene importancia y aplicación de manera destacada, en el mejoramiento de procesos alimenticios por incidir en sus cinéticas, rendimientos o en la calidad de los productos (Mercado et al., 2018).

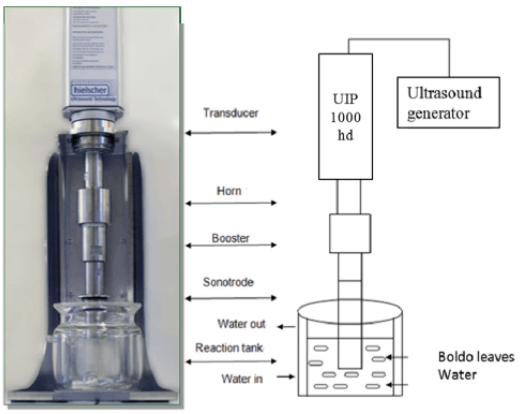

Figura 10. Extracción Asistida por Ultrasonido

Fuente: (Mercado et al., 2018)

2.5.2.4. Extracción asistida por enzimas.

Es una tecnología moderna que se ha implementado en los últimos años, se realiza por el método enzimático que compone de la materia prima, agua y enzimas hidrolíticas, encargadas de acelerar el proceso de extracción de aceite vegetal (Infantes G., 2014).

El procedimiento se basa en la disolución de la pared celular de la semilla que se rompe utilizando moléculas de agua, teniendo como resultado el aceite vegetal. Este método abarca la extracción por prensado y por disolvente, se puede considerar tres enfoques diferentes del uso de enzimas. Se categorizan según la materia vegetal a ser extraída tales son extracción

acuosa asistida, por prensado y disolventes en las mencionadas se utilizan las enzimas encargadas de romper la estructura celular, lo que produce un mayor rendimiento del aceite (Rodríguez, 2019).

El método enzimático para que se lleve a cabo depende de un ambiente con condiciones adecuadas de temperatura, humedad y pH, la hidrólisis enzimática se determina con experimentos mediante una matriz junto la materia vegetal en laboratorios certificados, una vez terminada la hidrólisis la materia prima se la procede a secar por un determinado tiempo con un mínimo de humedad y al final se somete la extracción por tecnologías de prensado o solvente (Rodríguez, 2019).

Esta tecnología no contamina el medio ambiente ya que no produce componentes tóxicos, el aceite obtenido conserva su composición y mantiene sus propiedades al igual que la masa obtenida por filtrado o centrifugación. El método enzimático se ha evaluado sobre materiales oleaginosos como la palma, el girasol y la colza, donde se utilizaron tanto carbohidrasas como proteasas y el tiempo de reacción fue de 45 minutos con rendimientos del 84, 86 y 90% respectivamente (Ciau S. et al., 2016).

2.6. REFINADO DEL ACEITE VEGETAL.

El proceso de refinado de aceites vegetales tiene como objetivo eliminar todas las impurezas de la materia prima, sin dañar los triglicéridos y tocoferoles presentes como antioxidantes naturales. Consiguiendo un aceite sin residuos, que este en perfectas condiciones para el consumo humano (Gutarra S. & Vargas R., 2018).

A continuación, se describen las etapas del Refinado de Aceites Vegetales:

Desgomado. - Permite separar fosfátidos (lecitinas), gomas y mucílagos, que por su poder emulsionante bajarían el rendimiento en la neutralización. Se efectúa prevalentemente por tratamiento con agua caliente y vapor directo, a 80-90°C seguido de decantación o centrifugación (FAO, 1997).

Neutralización. - La adición de NaOH en una cantidad de 20 a 44% mayor que la que correspondería estequiométricamente a su acidez libre, no sólo neutraliza los ácidos grasos libres, separándolos como jabones sódicos, sino que a la vez arrastra restos de mucílagos, fosfátidos y pigmentos (FAO, 1997).

Blanqueado. – El aceite neutralizado, lavado con un 10% de agua caliente y luego secado por dispersión hasta 95°C a presión reducida, se mezcla con 0,5 a 3% de tierra absorbente activada,

a base de silicatos hidratados de Al, como la tierra decolorante. El proceso se realiza en estanques cilíndricos, provistos de agitadores de paletas a 60-80°C y en atmósfera de presión reducida. Después de un contacto se separa el decolorante por filtros prensas (Gutarra S. & Vargas R., 2018).

Winterización. - Consiste en la separación de los glicéridos sólidos y/o ceras para obtener un aceite sin turbidez o sedimento, a1 enfriarse. El aceite se somete a enfriamiento lento (3-10°C) seguido de reposo y separación de los cristales grandes por filtración (FAO, 1997).

Desodorización. – Consiste en eliminar los compuestos volátiles, principalmente aldehídos y cetonas, hidrocarburos, que junto con restos de las otras impurezas ya mencionadas comunican olor y sabor peculiares al aceite crudo. El proceso se realiza por destilación con arrastre de vapor de agua a alta temperatura (190-230°C) y a presión muy reducida (2-6 mm Hg), en columnas semejantes a las de destilación de platos rellenos (Gutarra S. & Vargas R., 2018).

En la Figura 11, se puede observar el diagrama del proceso que muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones que se utilizan en el proceso de obtención de aceites vegetales, desde la llegada de materia prima hasta el producto terminado.

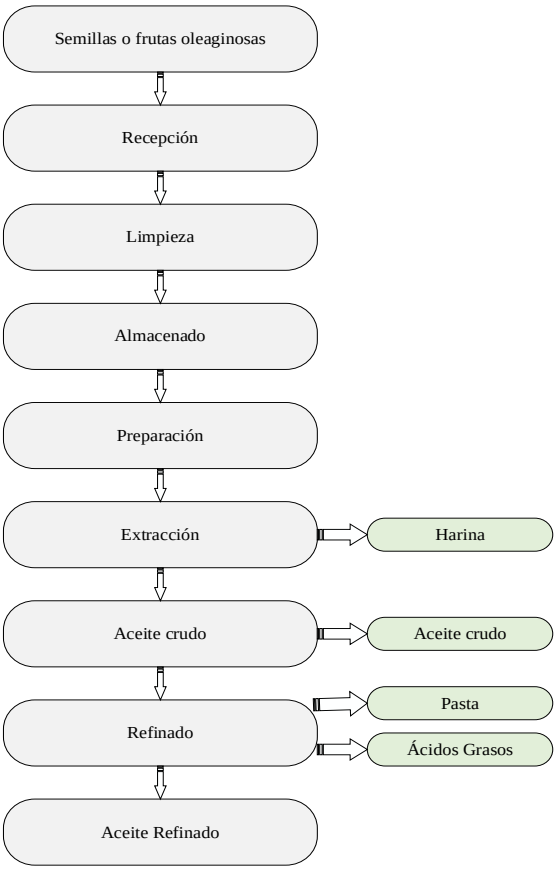

Figura 11. Diagrama de flujo de los aceites vegetales

Elaborado por: La Autora

2.6.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS ACEITES.

Las características físicas de los aceites vegetales varían dependiendo el tipo de fruto o semilla de procedencia, como se describen a continuación.

Color y brillo: Muestra que el aceite este limpio y sin residuos consiguiendo un grado de pureza de calidad (Gutarra S. & Vargas R., 2018).

Densidad: No cambia siempre es constante de los aceites, en pocas ocasiones puede variar la densidad por el contenido de ácidos grasos contenidos en los aceites vegetales (Ayala R., 2011).

Consistencia: Se mide junto a la viscosidad ya que están relacionadas una de la otra, cuando la viscosidad aumenta, la consistencia actúa de la misma forma y viceversa (Gutarra S. & Vargas R., 2018).

Humedad: La degradación de las grasas y aceites ocurre por un proceso hidrolíticos, cuando los triglicéridos están en presencia de humedad hidrolizan todos sus componentes, puede

afectar gravemente causando el deterioro del producto con olores desagradables y rancidez en su sabor (Gutarra S. & Vargas R., 2018).

Flavor: Es considerado como una pieza clave para la aceptación de un alimento, es un indicador que se utiliza mediante el olfato y el gusto, agradables sabores producen que el alimento obtenga mayor ventas mientras que sabores desagradables existe el fracaso del producto (Gutarra S. & Vargas R., 2018).

Viscosidad: En los aceites vegetales la viscosidad se mide según la instauración que contenga estos, a mayor grado de saturación la viscosidad aumenta y a mayor insaturación la viscosidad disminuye (Gutarra S. & Vargas R., 2018).

2.6.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS ACEITES.

Índice de acidez: Mediante el análisis de los ácidos grasos se determina el índice de acidez utilizando el hidróxido de potasio KOH conjuntamente con la muestra, que sirve para la saturación de los ácidos grasos presentes en los aceites vegetales (Ayala R., 2011).

Índice de peróxidos: Revela la oxidación presente en el aceite ya que provoca un aceite rancio y con malos olores, por lo que es recomendado realizar este análisis que revela la oxidación desde que empieza (Ayala R., 2011).

Índice de saponificación: Para llevar a cabo este análisis se utiliza el hidróxido de potasio como principal disolvente calculado en miligramos la cantidad empleada para saponificar el aceite (Gutarra S. & Vargas R., 2018).

Índice de yodo: Es una medida que presenta dobles enlaces en grasas y aceites, producido por insaturaciones de los ácidos grasos llamados triglicéridos que a temperatura ambiente se encuentra en estado líquido, cada gramo de yodo interactúa con cada 100 gramos de la muestra (Ayala R., 2011).

Oxidación: Se produce cuando el aceite o grasa entra en contacto con el aire, también se origina por los lípidos presentes en el producto que afectan principalmente a su características organolépticas tales como el olor y sabor produciendo un enranciamiento siendo poco apetecible para el consumidor (Gutarra S. & Vargas R., 2018).

2.6.3. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LOS ACEITES VEGETALES.

En la Tabla 1 indica las características organolépticas más frecuentes encontradas en los aceites vegetales comestibles.

Tabla 1. *Características organolépticas de los aceites vegetales comestibles*

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS
Contenido de grasa	No menos del 99.5% (p/p)
Color	Generalmente amarillo pálido
Olor	Olores característicos dependiendo del tipo aceite

Fuente: (Espinoza M. & Zapata C., 2010).

2.7. COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN LOS ACEITES VEGETALES.

En la tabla 2, indica los ácidos grasos saturados e insaturados más comunes presentes en los aceites vegetales.

Tabla 2. *Ácidos grasos saturados e instaurados presentes en los aceites vegetales*

Ácidos grasos	Longitud de cadena	Nombre sistemático	Nombre común
Saturados	16	Hexadecanoico	Palmítico
	18	Octadecanoico	Esteárico
	20	Eicosanoico	Araquídico
Insaturados	16:1	Cis-9- Hexadecenoico	Palmitoleico
	18:1	Cis-9- Octacedenoico	Oleico
	18:2	Cis-9,12-Octadecadienoico	Linoleico
	18:3	Cis-9,12-Octadecatrienoico	Alafa-linolenico

Elaborado por: (Gutarra S. & Vargas R., 2018)

2.7.1. CROMATOGRAFÍA DE LOS GASES.

La Cromatografía de gases es una técnica analítica que se encarga de identificar todos los compuestos presentes en la muestra, principalmente lleva a cabo los análisis de los diferentes ácidos grasos de los aceites vegetales, este método es considerado eficaz e inigualable, ya que hasta hoy día no existe ningún otro método con la capacidad de separar compuestos e incluso su sensibilidad al momento de realizar el análisis (Gutarra S. & Vargas R., 2018).

La cromatografía de gases se encuentra ubicadas en los laboratorios químicos donde efectúan diferentes muestras, es muy utilizado por diferentes científicos para la identificación de varios problemas existentes en la ciencia, por otra parte, las diferentes sustancias analizadas son

separadas por estado gaseoso que debe estar a una temperatura no superior a los 400ºC (López V. et al., 2009).

La forma de separación mediante la cromatografía de gases, se empieza con la inyección de una pequeña cantidad de muestra a analizar, en un flujo del gas inerte utilizando el helio o el nitrógeno la temperatura es aumentada, este flujo de gas traspasa la columna cromatográfica, donde se separa los componentes de la sustancia que se efectúa por un equipo de partición conocido cromatografía de gas líquido y de absorción cromatografía de gas sólido. Una vez los compuestos volátiles son separados saldrán de la columna y pasan al sistema de detección, la finalidad de la detección es distinguir cada una de las sustancias disueltas, el detector es el encargado de generar señales eléctricas donde recoge y envía toda la información obtenida de la muestra que se proyecta por medio de un gráfico (Pantoja Ch., 2016).

La espectrometría de masas técnica de análisis cualitativo utilizada para la identificación compuestos y estructuras orgánicas, el funcionamiento de esta tecnología se lleva a cabo mediante una fase gaseosa donde obtiene iones a partir de moléculas orgánicas, los iones adquiridos son separados de acuerdo a su masa y carga donde un equipo sofisticado es el encargado de detectar toda esta información. La espectrometría de masas trabaja sola o en combinación con la cromatografía de gases, Las dos técnicas se introducen cuando se trabaja muestras de mezclas de compuestos ya que al principio se trabaja en fase gaseosa y la cromatografía de gases se encarga de separar los diferentes componentes que se encuentran en la mezcla, en las principales aplicaciones que trabajan en combinación la cromatografía junto a la espectrometría de masas tales son industria petrolera, en estudios de contaminación del agua y en diferentes investigaciones a escala de laboratorio (López V. et al., 2009).

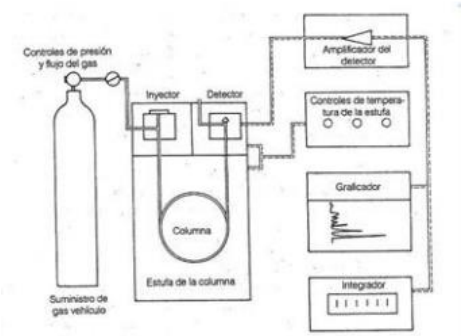

Figura 12. Diagrama esquemático de la cromatografía de gases

Elaborado por: (Pantoja Ch., 2016)

2.8. PRODUCCIÓN Y CONSUMO MUNDIAL.

La producción de aceites vegetales (incluidos aceites de palma, soja, colza, girasol, almendra de palma, maní, algodón, coco y oliva entre otros) creció un 2.3% respecto de la campaña anterior y un 27.2% en relación al producto obtenido en la campaña 2011/12. La producción de aceites pasó de casi 160 millones de toneladas en 2011/12 a un estimado de poco más de 203 Mt en 2017/18, evidenciando un incremento de 43 Mt en siete campañas como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. *Producción y consumo doméstico mundial de aceites vegetales*

Producto	Producción			Consumo		
	2011/12	2017/18	2018/19	2011/12	2017/18	2018/19
1. Aceite de palma	52.5	70.1	73.0	51.2	68.3	72.9
2. Aceite de soja	42.2	55.6	56.4	42.3	55.2	56.0
3. Aceite de girasol	24.4	25.9	26.3	24.1	26.0	26.4
4. Aceite de colza	15.3	18.9	19.5	14.6	19.0	19.4
5. Aceite de almendra de palma	5.8	7.5	7.8	5.6	7.3	7.7
6. Aceite de algodón	5.2	4.5	4.6	4.9	4.5	4.6
7. Aceite de maní	4.1	4.3	4.0	4.1	4.3	4.0
8. Aceite de maíz	3.0	4.4	4.6	3.0	4.4	4.5
9. Aceite de oliva	3.6	3.4	3.5	3.3	3.2	3.3
10. Aceite de coco	3.1	2.8	2.9	3.1	2.7	2.9
11. Aceite de sésamo	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9

Fuente: (Sigaudo & Terre, 2018)

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. LOCALIZACIÓN.

En la provincia de Pastaza, parroquia Puyo, en el barrio Dorado, en las calles Napo y Pomona, se encuentra ubicado el domicilio de la estudiante Norma Manzaba, donde se desarrolló el presente proyecto investigación.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

En la investigación se realizó un trabajo descriptivo en el cual se basó principalmente en la revisión bibliográfica.

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.

El método que se utilizó en la investigación sistemática que consiste en un orden manifestado por reglas que recopila toda la información verídica indagada en diferentes bases de datos, que se obtendrá realizando una búsqueda exhaustiva de varios artículos, revistas o libros de los métodos tradicionales y no tradicionales de la extracción de aceites vegetales.

3.3.1. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO.

El diagrama de flujo en el cual se basó es la metodología PRISMA que permitió realizar diferentes búsquedas en páginas web y selección de documentos adecuados en cuatro fases que permitieron encontrar la información bibliográfica necesaria que definió los criterios de búsqueda y los criterios de inclusión y exclusión. Cabe recalcar que antes de realizar la búsqueda se definió las palabras claves óptimas para la selección de las fuentes bibliográficas y se desarrolló los criterios de elegibilidad. La identificación se pudo realizar en dos pasos diferentes: primero se realizó el registro de identificación a través de la búsqueda de las páginas web y los registros adicionales identificados en otras fuentes donde se unieron, pasaron y se ubicaron en pantalla, donde se revisaron y eliminaron los documentos duplicados, además los que no tuvieron elegibilidad o no contaron con ninguna relación con la investigación, donde se manifestaron los documentos excluidos, solo se registraron los documentos elegidos los cuales pasaron a una verificación y se eliminaron artículos con razón de exclusión, en la etapa 3 solo se seleccionaron los documentos sujetos a criterios de elegibilidad.

En la Tabla 4, se evidencia los pasos que se abordaron para la elaboración de la metodología prisma en el proyecto de integración.

Tabla 4. *Pasos de verificación de la Metodología PRISMA*

No	Método	Descripción
1	Protocolo y registro	Se Mostro si existió un protocolo de revisión, si se pudo acceder a él, si se encontró disponible y que proporción de información de registro y el número.
2	Criterios de elegibilidad	Se llevó a cabo mediante las características del estudio utilizado como criterio de elegibilidad mediante lo cual se elaboró la justificación como: año considerado, estado de publicación, idioma entre otras, se realizó las características del informe.
3	Fuentes de información	Se describió todas las fuentes de investigación en las cuales se obtuvo fechas de datos, contacto de los autores para la identificación de los estudios adicionales de la última búsqueda.
4	Buscar	Se presentó una estrategia de búsqueda electrónica completa por lo menos una base de datos, incluidos los límites utilizados, de modo que pueda ser repetido.
5	Selección de estudio	Se indicó el proceso para seleccionar estudios, es decir, detección, elegibilidad, incluidos en la revisión sistemática.
6	Proceso de recogida de datos	Se describió el método de extracción de datos de los informes por medio de, formularios piloto, independientemente, por duplicado y cualquier proceso para obtener y confirmar datos de investigadores
7	Elementos de datos	Se definió y enumero todas las variables presentadas en la investigación, por ejemplo, fechas, fuentes de financiamiento, entre otros.
8	Riesgo de sesgos en estudios	Se identificó los métodos utilizados para la evaluación el riesgo de sesgo de los estudios individuales incluida la especificación y cómo se utilizó esta información en cualquier síntesis de datos.
9	Resumen de medidas	Se indicó las principales medidas de resumen, razón de riesgo, diferencia de medias.
10	Síntesis de resultados	Se detalló los métodos de manejo de datos y la combinación de los resultados de los estudios, para cada metaanálisis
11	Riesgo de sesgo entre los estudios	Se describió cualquier evaluación del riesgo de sesgo que pueda afectar la evidencia acumulativa, por ejemplo, sesgo de publicación, selectivo informar dentro del estudio
12	Análisis adicionales	Se mencionó los métodos de análisis adicionales, análisis de subgrupos o de sensibilidad meta regresión, si se han indicado que fueron especificados.

Fuente: (Liberati et al., 2009)

A continuación, se muestra en la figura 13 el diagrama de flujo PRISMA

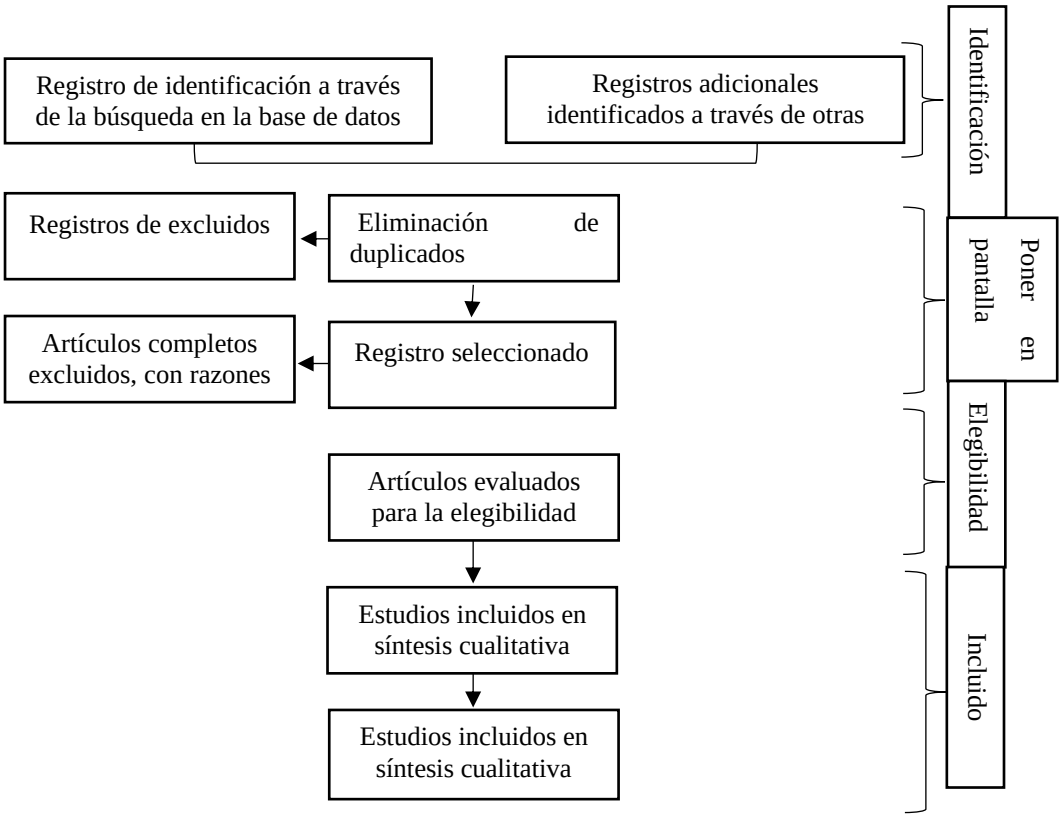

Figura 13. Diagrama de flujo PRISMA

Fuente: (Liberati et al., 2009)

2.4. FUENTE DE RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN.

Se procedió a llevar cabo la revisión bibliográfica relacionada con la extracción de aceites vegetales, la metodología utilizada permitió realizar diversas búsquedas y consultas en páginas web tales como, Google académico, Scielo, PubMed y Science Direct, recopilando información verídica y actualizada de diferentes formatos; tesis, artículos científicos, Libros entre otros. En la cual se pudo realizar una comparación de los diferentes métodos de extracción de aceites vegetales, indicando las ventajas y desventajas de cada uno al momento de obtención del producto terminado, no obstante, los datos bibliográficos serán insertados en el programa EndNote para su correcta incorporación de bibliografía.

2.4.1. TRATAMIENTOS DE DATOS.

En el siguiente proyecto de investigación se ejecutó mediante la selección de datos del diagrama de flujo PRISMA, el cual permitió registrar los documentos investigados en las diferentes páginas web, en otras palabras, quiere decir que el diagrama de flujo admitió la

identificación de documentos duplicados o que no se presentaron elegibles para luego ser eliminados inmediatamente, solo se quedó los documentos que cumplan con la elegibilidad de los parámetros del estudio. Se llevó a cabo el estudio con la recolección de datos donde se describió cada parámetro que se va a utilizar: métodos de extracción de aceites vegetales, ventajas y desventajas de los métodos de extracción, frutos oleaginosos, obtención de los aceites vegetales, cada documento se guardara en el programa EndNote para su correspondiente bibliografía.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CRONOLOGÍA DE REVISIÓN DE ARTÍCULOS.

El proyecto de integración cuenta con 43 artículos consultados sobre los métodos de extracción de aceites vegetales, los mismos que se detalla por cada año en la siguiente Tabla 5.

Tabla 5. *Consulta de artículos de métodos de extracción de aceites vegetales*

Año	No. de Artículos	Ritmo de crecimiento %
1975 – 2004	2	4.7%
2005 – 2010	7	16.2%
2011 – 2015	14	32.6%
2016 – 2020	20	46. 5%

Elaborado por: El Autor

4.1.1. TENDENCIAS EN LAS PUBLICACIONES CIENTÍFICAS RELACIONADA A LAS TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES VEGETALES.

En la Figura 14, muestra que en los últimos años desde el 2016 hasta el 2020 se ha incrementado la elaboración de artículos sobre la extracción de aceites vegetales, ya que últimamente hay una creciente información en bases de datos de estos, de los mismos se investigan nuevos métodos tecnológicos de extracción, sofisticados, menor tiempo de extracción y mayor rendimiento de aceite.

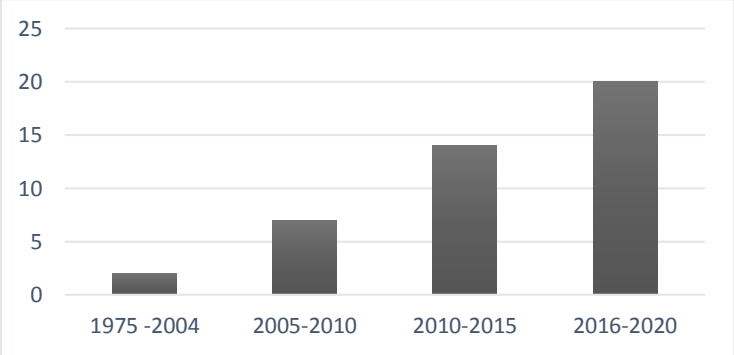

Figura 14. Tendencia de crecimiento de artículos de métodos de extracción de aceites en base de datos.

La Figura 15, manifiesta la ecuación de correlación R^2 lineal, que muestra el procesamiento de los datos que se ejecutó, permitiendo conocer que en los últimos años del 2016 – 2020 existe un comportamiento ascendente de los métodos de extracción de aceites vegetales, debido que se están investigando actualmente nuevas tecnologías por parte de científicos, que suplante a los antiguos métodos de extracción, mejorando tiempos y rendimiento de extracción.

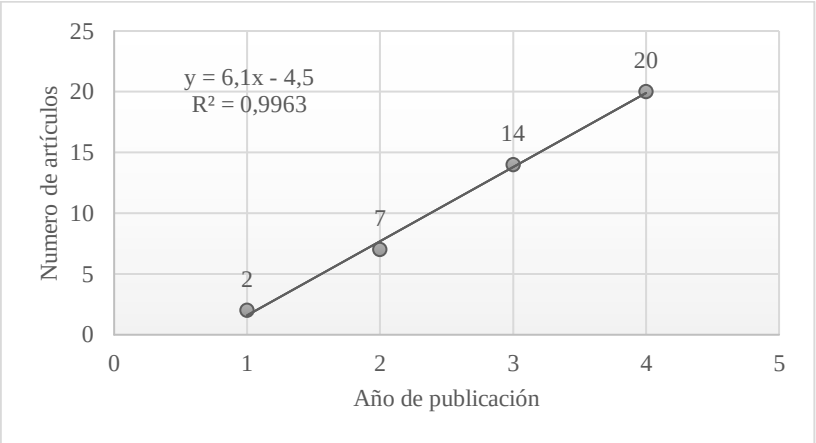

Figura 15. Comportamiento de las publicaciones sobre métodos de extracción de aceites vegetales.

4.1.2. PAÍSES DE PROCEDENCIA DE LOS ARTÍCULOS.

Los 43 artículos seleccionados de métodos de extracción de aceites por su procedencia geográfica, 39 (90.69%) pertenecen a países de Latinoamérica y el Caribe y Europa con 4 (9.3%). El mayor país con fuentes bibliográficas corresponde a Ecuador con 10 fuentes que corresponde al (23%), seguida Colombia con 9 fuentes, equivalentes al (21%) y México con 5 fuentes, correspondiente al (12%).

El tema de los métodos de extracción de aceites vegetales, se encuentran presente la mayoría de estudios en América Latina y difundido en todos los países, lo que demuestra un interés de la comunidad científica muy difundida en el continente americano, como lo indica la Figura 16.

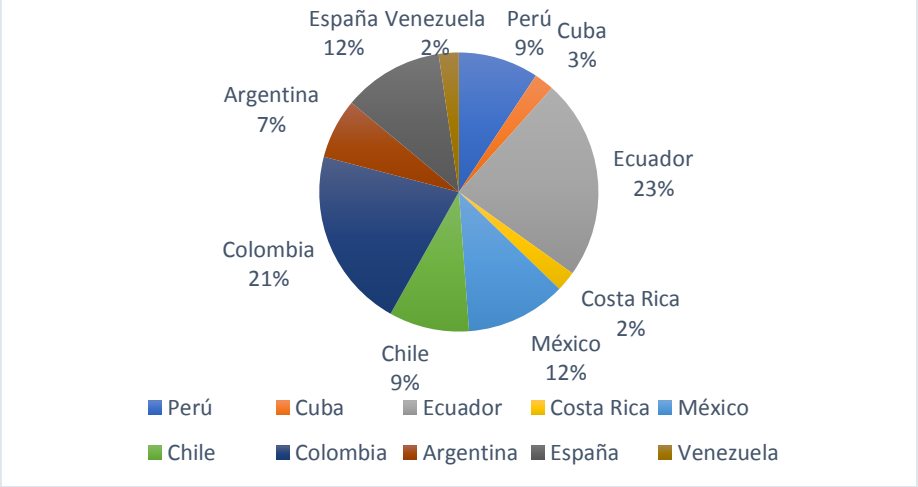

Figura 16. Distribución de las publicaciones por países de procedencia

4.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE LOS ACEITES VEGETALES.

Actualmente se puede encontrar en los mercados tecnología modernas diseñadas para la extracción de aceites vegetales tanto a nivel industrial como para pequeñas escalas, cada una de estas tecnologías se diferencia por el tiempo, rendimiento y materia prima de extracción.

Basando en los trabajos previos realizados por (Medina T., 2017) y (Infantes G., 2014), en la presente Tabla 6, se enumera los diferentes métodos de extracción de aceites vegetales, las ventajas y desventajas de los mismos.

.

Tabla 6. *Ventajas y desventajas de los métodos de extracción de los aceites vegetales*

Tipo de Extracción	Técnicas	Ventajas	Desventajas
Prensado de semillas	Técnica de prensado en frío, se almacena el aceite en una temperatura baja 4ºC en la oscuridad. El prensado Expeller se calienta por medio de una resistencia eléctrica.	• Los aceites vegetales presentan una mejor preservación de los componentes antioxidantes. • No necesita de personal experto. • Provee de aceites de buena calidad. • Obtiene mayores rendimientos en el proceso de extracción de aceites. • Económicas	• Poco rendimiento en la producción de aceites en semillas. • Mayor tiempo de extracción • Proceso discontinuo
Extracción con solventes	Método Soxhelt usando generalmente hexano como solvente.	• Mediante esta técnica el aceite obtenido no pierde sus características tales como densidad, viscosidad, tamaño de partículas. • Extracción considerada como eficiente, recuperando todo el aceite de la materia prima. • Aceite vegetal obtenido es de buena calidad. • Mínima pérdida de aceite.	• Provoca pérdidas ligeras de antioxidantes. • Daños al medio ambiente por el uso de hexano. • Uso de solventes con elevada toxicidad. • Se requiere energía para la recuperación del disolvente. • Su elevada temperatura del proceso perjudica la calidad del aceite. • No se debe utilizar para cualquier fruto o semilla.
Extracción con fluidos supercríticos	Se utiliza dióxido de carbono en estado supercrítico, para la extracción de aceites vegetales.	• Mayores rendimientos de extracción de aceites vegetales. • En el aceite vegetal no se debe eliminar ningún disolvente. • Es un proceso seguro que se lleva a cabo mediante condiciones moderadas de temperatura y presión	• Instalaciones muy costosas y que difícilmente pueden procesar grandes cantidades de masa vegetal • Trabaja en altas temperaturas, causando afectaciones en la calidad del aceite. • Es necesario comprimir y descomprimir continuamente o durante los procedimientos de carga y descarga.

		• Estas tecnologías no son muy costosas, además eliminan dos etapas costosas de la producción de aceites son destilación y refinación. • La extracción se ejecuta de forma rápida, debido a sus condiciones super críticas • El dióxido de carbono por sus propiedades (no es corrosivo y no causa contaminación) es el más usado. • El aroma y sabor de los aceites obtenidos son más cercanos a la materia prima.	• Requiere medidores sofisticados.
Extracción Asistida por Ultrasonido	Cavitación Debida a la propagación de ondas de presión en un líquido.	• Fácil manejo • Seguro • Uso moderado de solvente • Inversión de energía moderado.	• Se requiere de un paso para la filtración del aceite. • Posible destrucción de los analitos a altas ondas.
Extracción Asistida por Microondas	Energía de microondas	• Rápido • Fácil manejo • Uso moderado de solvente	• Riesgo de explosión (El disolvente puede absorber la energía de microondas). • El equipo es costoso. • Se debe aumentar un paso que es el de filtración del aceite vegetal • Alta inversión de energía

Extracción Asistido con enzimas	Se utilizan mezclas de pectinasas, proteasas, celulasas y hemicelulasas	• Son de origen natural y no producen toxicidad. • Se caracterizan por funcionar en condiciones favorables de temperatura y de pH, no requieren de condiciones drásticas alterando la naturaleza de los alimentos. • Funcionan a bajas concentraciones. Su velocidad puede ser controlada al adaptar el pH, la temperatura y la concentración de la enzima.	• Son muy costosas • Son difíciles de conseguir

4.3. TÉCNICAS PROMISORIAS PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITES VEGETALES EN LA AMAZONÍA.

La tecnología de prensado y extracción por solvente representan los métodos promisorios para el contexto actual de la Amazonía ecuatoriana. Tales métodos son conocidos también con el nombre de métodos convencionales son los más utilizados en la extracción de aceites vegetales comestibles, por tener un precio accesible, fácil de instalar y operar. En la región amazónica se puede encontrar varias especies de oleaginosas autóctonas de la región como el ungurahua (*O. bataua*), el morete (*M. flexuosa*) y el Sancha inchi (*P. volubilis*). Lo que se buscó en esta investigación es implementar en los emprendimientos las técnicas por prensado y solvente obteniendo procesos tecnificados que ayuden a la superación de la Amazonia con aceites vegetales competitivos frente a otras marcas ya que contienen aceite alto en ácido oleico ideal para las frituras evitando la oxidación al momento que se exponen al calor (Pilco S., 2015).

4.3.1. CONTEXTUALIZACIÓN.

Los aceites vegetales en la Amazonia ecuatoriana, son extraídos de forma artesanal por comunidades indígenas, el procedimiento a seguir para la elaboración de aceites, se empieza en un recipiente se coloca los frutos y se lleva a cocción hasta que libere todo el aceite, una vez culminado este paso se prosigue a la recolección del aceite con un cucharon, por último, es envasado y comercializarlos dentro de la provincia de Pastaza.

Según (Escobar B., 2017), Emexproramec es un emprendimiento en la provincia de Napo dedicado a la extracción de aceite de *sacha inchi* y Fundación Chankuap, ubicada en la provincia de Morona Santiago, encargada de extraer aceite de Ungurahua, teniendo las dos empresas algo en común, que el método de extracción utilizado es el prensado. Por lo que podemos afirmar que para emprendimientos pequeños existentes en la amazonia es recomendable se manipulen métodos de extracción convencionales, los mismos que son por prensado y disolvente se caracterizan por ser ubicadas en condiciones poco favorables, son fáciles de manipular y obteniendo mejor calidad de aceites. Los demás métodos de extracción que se investigaron son más sofisticados y corresponden a la extracción enzimática, extracción por microondas, extracción asistida por ultrasonido y extracción con fluidos super críticos, para estas tecnologías se requiere de grandes inversiones, son difíciles de manejar, los cuartos para estos equipamientos deben estar diseñados con ambiente controlado e instalaciones adecuada para su correcto funcionamiento, todo esto con lleva que la aplicación en gran escala de estas tecnologías que dan mejores resultados de rendimiento y calidad del aceite según el nivel

científico, siendo un inconveniente para los emprendimientos que obtiene volúmenes de aceites en pequeñas cantidades.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

1. Las diferentes fuentes bibliográficas consultadas para el proyecto de investigación, fueron escogidas con mucha cautela asegurándose de que la información obtenida es verídica y rechazando fuentes poco confiables. Por otro lado, se pudo constatar que en la actualidad existe mucha información sobre nuevos métodos de extracción de aceites vegetales lo que se evidencio que es un tema que está en constante investigación principalmente en América latina.
2. Mediante el estudio de los principales métodos de extracción de aceites vegetales comestibles, se conoció las ventajas y desventajas de cada nueva tecnología, especialmente a nivel industrial, dependiendo en primer lugar de la materia prima se aplica un método diferente obteniendo mayor rendimiento y mejor calidad del aceite.
3. En las zonas rurales de la Amazonia es complicado y muy costoso adquirir tecnologías e insumos para el funcionamiento de los métodos de extracción con mayor contenido tecnológico, por lo que se evidencia que se han utilizado métodos tradicionales y de bajo nivel tecnológico en los pequeños emprendimientos locales. Los métodos de extracción sencillos como prensados y extracción con solvente, las otras carecen de un contexto de fácil aplicación siendo dificultando su instalación y funcionamiento.

5.2 RECOMENDACIONES.

1. Implementar un sistema de vigilancia tecnológica que permita disponer de información para la asimilación de nuevos métodos de extracción de aceites vegetales en el contexto amazónico.
2. Investigar sobre las posibles aplicaciones del residuo de la torta que se genera en el proceso de obtención de los aceites vegetales por el método de prensado.
3. Desarrollar innovaciones a los métodos de extracción que se obtuvieron en esta investigación que permitan su utilización en el contexto de la amazonia ecuatoriana.

BIBLIOGRAFÍA.

Acosta G., I. X., & Torres T., G. (2015). *Extraccion de aceite de chia (Salvia hispánica l.) por el método de prensado continuo (expeller) y discontinuo (hidráulico) de las regiones de cusco y arequipa.* Universidad Nacional de San Agustin.

Acosta, J., Salomón, S., Sevillas, L., & Nuevas, L. (2016). Empleo del ultrasonido para la extracción de fracción apolar en hojas de mangifera indica l. (árbol del mango). *Revista Cubana de Plantas Medicinales, 21*.

ANCUPA. (2018). *Palma la voz del palmicultor*, 1-8.

Andrade V., G. D. (2015). *Obtención y caracterización de un aceite vegetal a nivel de laboratorio a partir de la fruta amazónica morete.* (Título de Ingeniera Química), Universidad Central del Ecuador.

Ayala R., M. J. (2011). *Evaluación de la calidad del aceite de mezclas vegetales utilizado en doce frituras sucesivas empleado para freír plátano hartón verde.* Universidad Javeriana.

Azuola, R., & Vargas, P. (2007). Extracción de sustancias asistidas por ultrasonido (EUA). *Tecnologia en Marcha, 20*, 30-40.

Balboa A., N. M. (2015). *Determinación de pérdidas de aceite del proceso de prensado en la extracción de aceite en alcopalma.S.A.* (Obtención del Tìtulo de Ingeniera Química), Universidad Central del Ecuador.

Ciau S., N., Rosado R., G., Chel G., L., & Betancur A., D. (2016). Aplicación de métodos enzimáticos para la extracción de aceite de chía (*Salvia hispánica* l) *1*, 50-55. doi:10.19230/jonnpr.2016.1.2.971.

Corona J., E., Martínez N., N., Ruis E., H., & Carranza C., J. (2016). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de semillas de chia (Salvia hispanica L.) y su actividad antioxidante. *Agrociencia, 50*.

Cuaspud E., M. A. (2015). *Obtención de aceite de aguacate microencapsulado mediante secado por atomización* (Ingeniero), Escuela Politécnica Nacional.

Durán A., S., Torres G., J., & Sanhueza C., J. (2015). Aceites vegetales de uso frecuente en sudamérica: Características y propiedades. *Nutrición Hospitalaria, 32*, 11-19.

Escobar B., Y. Y. (2017). *Estandarización del proceso de extracción del aceite de la semilla vegetal sacha inchi (Plukenetia volubilis).*

(Ingeniera de alimentos), Universidad tecnológica equinoccial.

Espinosa M., W. E., Garzón S., L. C., & Medina V., O. J. (2016). Validación de una metodología analítica para la cuantificación de polifenoles totales, en procesos de extracción asistida por microondas sobre frutos de la especie colombiana vaccinium meridionale. *Revista Colombiana de Ciencias Químico - Farmacéuticas, 45*, 109-126. doi:http://dx.doi.org/10.15446/rcciquifa.v45n1.58023.

Espinoza M., A., & Zapata C., L. (2010). Estudio de aceites vegetales comestibles *Odecu*.

FALESA. (2020).

FAO. (1997). Grasas y aceites en la nutrición humana.

Galarraga R., Y. O. (2015). *Diseño de una prensa de tornillo tipo expeller para la extracción de aceite vegetal virgen de la semilla de maíz, para uso comestible.* (Título de Ingeniero Mecánico), Universidad Tecnológica de Pereira.

Gómez Z., K. L. (2015). *Estudio de factibilidad para la producción de aceite vegetal comestible de aguacate producido en la finca "Cuatro Hermanos"de la provincia de manabí y propuesta de plan de exportación dirigido al mercado de londres, reino unido.* (Obtención del Título de Ingeniero Comercial Mención en Comercio Exterior), Universidad Politécnica Salesiana.

González V., A. L. (2017). *Exportación de Aceite de Aguacate hacia Holanda.* (Título de Tecnóloga en Exportaciones e Importaciones), UDLA.

Grasso, F. V. (2013). *Diseño del proceso: Pretratamiento enzimático para extracción de aceites vegetales en un extractor de columna.* (Doctor en Ingeniería), Universidad Nacional de la Plata.

Gutarra S., H. D., & Vargas R., M. F. (2018). *Diseño de una planta de aceite de palta a partir de la evaluación de tres métodos de extracción.* (Ingeniero), Universidad de Sas Ignacio de Loyola.

Hernández R., A. (2017). *Modelización de la extracción de aceites vegetales con CO2 en condiciones supercríticas* (Grado en Ingeniería Química), Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona.

Herrera Q., X. A., & Rodríguez C., K. S. (2016). *Evaluación del extracto de flavonoles y antocianinas contenidos en el agraz (vaccinium meridionale swartz) obtenidos a nivel laboratorio por medio de los métodos de extracción por solventes y extracción asistida por microondas.* (Título De Ingeníero Químico), Fundación Universidad de América.

Infantes G., M. R. (2014). *Evaluación del tratamiento enzimático para la extracción mecánica del aceite vegetal de las semillas de maracuyá (passiflora edulis var. Flavicarpa degener).* (Título De Ingeniero En Industrias Alimentarias), Universidad Nacional Agraria La Molina.

Informe Sobre el Sector Palmicultor Ecuatoriano. (2017). 1-82.

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P., Moher, D. (2009). The prisma statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *Journal of clinical epidemiology, 62*(10), e1-e34. doi:https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100.

López G., L., Vega M., R., & Sanchéz B., A. (2012). Extracción con fluidos supercríticos. *Reduca (Recursos Educativos)*, 142.

López V., J. P., Arrubla V., J. P., & Guerrero, G. E. (2009). Estandarización de análisis de metilesteres de ácidos grasos por la técnica de cromatografía de gases acoplada a espectrometria de masas. . *Scientia et Technica*, 228-233.

Mangrané, J. M. (1978). *Los aceites vegetales comestibles* (Tesis doctoral), Universidad de Barcelona.

Martínez, M., Parra, J., Vera, M. A., & Vera, A. (2016). Parámetros de calidad del Aceite de las Semillas de azadirachta indica (neem). *Revista CENIC Ciencias Químicas, 47*, 70-74.

Medina T., N. C. (2017). *Efecto del ultrasonido en la extracción y nanoencapsulación de polifenoles de limón persa (Citrus latifolia).* (Grado académico de maestro en ciencia y tecnología en la especialidad de innovación biotecnológica), Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C.

Mercado, M. G., López , T. V., Montalvo, G. E., González A., G. A., Álvarez P., E., & Sáyago A., S. G. (2018). Efecto de la extracción asistida por ultrasonido en la liberación y bioaccesibilidad in vitro de carotenoides, en bebidas elaboradas con mango (*Mangifera indica* l.) ataulfo *Nova scientia, 10*, 100-132.

Moore, L., & Norton, R. L. (2014). Preparación de poliésteres biodegradables con bajas propiedades de absorción rápida mediante extracción de fluido supercrítico. *Oficina Española de Patentes y Marcas*.

Muñoz P., G. E. (2016). *Optimización del proceso de extracción de aceite rojo de palma africana en la empresa: Hermanos muñoz.* (Título de Ingeniero), Escuela Politécnica Nacional.

Nuñez, C. E. (2008). Extracciones con equipo soxhlet. 1-5.

Olmedo M., M. N., & Veintimilla G., M. J. (2018). *Estudio y análisis del fruto de la palma ungurahua (Oenocarpus bataua), y su difusión en la gastronomía.* (Trabajo de Titulación de Licenciatura), Universidad de Guayaquil.

Pantoja Ch., A. L. (2016). *Extracción de aceites con fluidos supercríticos a partir de semillas de frutas con potencialidad en la industria cosmética.* (Magister), Universidad Nacional de Colombia.

Pilco S., G. E. (2015). *Optimización del proceso de extracción de aceite de ungurahua (Oenocarpus bataua) en función del rendimiento.* (Título de Ingeniera en Alimentos), Universidad Técnica de Ambato.

Ríos V., E., Giraldo G., G. A., León R., D. F., & Moreno B., A. (2008). Estudio del perfil de compuestos volátiles de los rizomas de curcuma longa l. Cultivada en el departamento del quindío - colombia. *18*, 32-37.

Rodríguez, L. M. (2019). *Aplicación de enzimas en la obtención de aceite de girasol con solventes renovables.* (Tesis de Doctor en Ciencia y Tecnología De Alimentos), Universidad Nacional del Sur.

Rojas, T., Fuentes C., M. E., Contreras L., E., Gómez, S., & Muñoz J., A. M. (2019). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la cáscara de sanky (*Corryocactus brevistylus*). *Revista de la Sociedad Química del Perú, 85*.

Rosero A., J. P. (2010). *Caracterización del sector de la palma aceitera en Ecuador.* (Ingeniero).

Santana S., L. E. (2013). *Obtención de aceite de aguacate (Persea americana mill) con tres variedades: (p.A.Mill hass) (p.A.Mill santana) y (p.A.Mill choquete), utilizando tres métodos de extracción.* (Obtención del Título de Ingeniera en Industrias Pecuarias), Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Sigaudo, D., & Terre, E. (2018). El mercado mundial de aceites vegetales: Situación actual y perspectivas. *Bolsa de Comercio de Rosario*, 1-4.

Urango A., K. J., Ortega Q., F. A., Veléz H., G., & Peréz S., Ó. A. (2018). Extracción rápida de pectina a partir de cáscara de maracuyá (*passiflora edulis flavicarpa*) empleando microondas. *Información Tecnológica, 29*, 129-136.

Valenzuela B., A., & Morgado T., N. (2005). Las grasas y aceites en la nutricion humana: Algo de su historia. *Revista chilena de nutrición, 32*. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182005000200002.

Yurkanis B., P. (2015). *Fundamentos de la Química Organica* (Pearson Ed. Primera Edición ed.).