TESIS

Extracción y caracterización del aceite esencial de las semillas de Tamarindo (*Tamarindus indica*), Lambayeque – 2014

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR

AUTOR:

Saavedra Montenegro Mario Luis Martín

ASESOR METODOLOGO

Mg. Lourdes Jossefyne Esquivel Paredes

ASESOR ESPECIALISTA

Mg. Lourdes Jossefyne Esquivel Paredes

Pimentel, agosto del 2016

Extracción y caracterización del aceite esencial de las semillas de Tamarindo (*Tamarindus indica*), Lambayeque – 2014

Aprobación de la tesis

Saavedra Montenegro Mario Luis Martin

Autor

Mg. Lourdes Jossefyne Esquivel Paredes

Asesora Metodológico

Mg. Lourdes Jossefyne Esquivel Paredes

Asesora Especialista

Ms. Mechato Anastasio Augusto Antonio

Presidente de Jurado

Mg. Castillo Martinez William Esteward

Secretario de Jurado

Mg. Lourdes Jossefyne Esquivel Paredes

Vocal

DEDICATORIA

A Dios,

Por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres,

Por ser mis principales ejemplos de superación, por brindarme su amor, consejos e infinita confianza y fe en mí, por forjarme todos los caminos y hacer posible cada sueño.

A mis hermanas,

Por compartir momentos significativos conmigo, por estar siempre dispuestas a escucharme, sus palabras de aliento y por ayudarme en cualquier momento.

A mi enamorada,

Por ser mi motivación, inspiración, por hacer mi vida más feliz, por ser la mejor oyente, la que apoya mis decisiones, por aconsejarme y hacerme ver mis errores, por estar conmigo en todo momento.

Mario Luis Martín Saavedra Montenegro

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que han hecho posible la realización de este trabajo, a mí asesora de tesis Mg. Lourdes Jossefyne Esquivel Paredes, a la doctora Dina Heidi Horna Inga, al Ing. Alberto Carrasco Tineo, ya que sin su ayuda hubiese sido mucho más difícil de realizar.

A mi familia en general, ya que con sus palabras, consejos y aprecio han logrado mover en mí un sentimiento de perseverancia, a mi tío Medina Huertas Eden Richard, a mis amigos porque con su apoyo moral lograron motivarme a seguir adelante.

A la Universidad Señor de Sipán por haber cumplido su misión conmigo, ser un profesional emprendedor, competitivo, ético, capaz de promover el cambio, aportar al desarrollo integral y sostenible de la sociedad.

Mario Luis Martín Saavedra Montenegro

INDICE

DEDICATORIA i
AGRADECIMIENTO ii
RESUMEN iv
INTRODUCCIÓN vi
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 1
1.1.Situación problemática 1
1.2 Formulación del problema 3
1.3. Delimitación de la Investigación 3
1.4 Justificación e importancia 3
1.5 Limitaciones de la Investigación 4
1.6 Objetivos: 4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 5
2.1 Antecedentes de investigación: 5
2.2 Estado del arte: 8
2.3 Bases teórico científicas: 10
2.4 Definición de términos básicos 36
CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO 38
3.1 Tipo y diseño de investigación 38
3.2 Población y muestra 38
3.3 Hipótesis 39
3.4 Operacionalización 39
3.5 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos 40
3.6 Procedimiento para la recolección de datos 46
3.7 Análisis estadístico e interpretación de datos 53
3.8 Criterios éticos 55
3.9 Criterios de rigor científico 55
CAPITULO IV: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS 57
4.1.1 Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de la semilla 57
4.1.2 Caracterización de las propiedades fisicoquímicas del aceite vegetal de Tamarindo: 63
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 70
5.1 Conclusiones 70
5.2 Recomendaciones 70
BIBLIOGRAFÍA 71

RESUMEN

Los residuos agroindustriales que se generan ha ocasionado daños medio ambientales a largo plazo, se realiza esta investigación, con la finalidad de dar un uso final a los residuos agroindustriales entre ellos la semilla de Tamarindo (*Tamarindus indica*), para evitar la contaminación de acuerdo a la ley orgánica N°26821, se utilizó la hipótesis alternativa, la cual me permitió afirmar que la extracción por hidrodestilación no permite lograr un rendimiento de 4.5% de aceite esencial, con el objetivo de extraer y caracterizar el aceite esencial de las semillas de Tamarindo (*Tamarindus indica*), con diseño experimental descriptiva, se usó la semilla de Tamarindo procedente de olmos, la muestra que se utilizo fue de 9 kg, los instrumentos que se utilizaron fueron equipo de arrastre con vapor, equipo de hidrodestilación y el equipo soxhlet, para el procesamiento de datos se utilizó el programa minitab 16, como resultado a nivel de laboratorio no se obtuvo el aceite esencial pero se obtuvo aceite vegetal al cual se le realizaron las diferentes pruebas para determinar su composición fisicoquímica siendo: índice de refracción 1.39181, densidad 0.91 g/ml, índice de acidez 2.6928 mg NaOH/g, índice de yodo 95.07348 gI /100g, índice de peróxido 4.64 meq O_2 /Kg de grasa y el índice de saponificación 186.12 meq O_2 /Kg de grasa. El análisis del aceite vegetal por cromatografía de gases acoplado a masas, mostró los ácidos grasos siendo los principales componentes el ácido láurico, ácido mirístico, ácido linoleico, ácido oleico, ácido esteárico, se recomienda utilizar equipo de arrastre con vapor a escala industrial para poder obtener el aceite esencial.

Palabras clave: Cromatografía de gases, decantación, método soxhlet.

Abstract

The agro-industrial waste generated has caused long-term environmental damage, this research is performed, in order to give a final use agro-industrial waste including seed Tamarind (*Tamarindus indica*), to avoid contamination according to organic law No. 26821, the null hypothesis was used, which allowed me to assert that extraction by hydrodistillation does not allow a yield of 4.5% essential oil, with the aim of extracting and characterizing the essential oil from the seeds of Tamarind (*Tamarindus indica*), with descriptive experimental design, Tamarind seed from elm was used, the sample that was used was of 9 kg, the instruments used were team stripping, equipment hydrodistillation and soxhlet team data processing the minitab 16 program was used, resulting in the laboratory not the essential oil was obtained but vegetable oil which he underwent various tests were performed to determine the physicochemical composition being: 1.39181 refractive index of density 0.91 g / ml, 2.6928 mg acid NaOH / g, iodine 95.07348 gI / 100g, peroxide 4.64 meq O_2 / Kg of fat and saponification 186.12 meq O_2 / kg fat. vegetable oil analysis by chromatography coupled to mass gases, fatty acids showed the main components being lauric acid, myristic acid, linoleic acid, oleic acid, stearic acid, is recommended stripping equipment industrial scale to obtain the essential oil.

Keywords: Gas chromatography, decanting, method soxhlet.

INTRODUCCIÓN

Los residuos agroindustriales es el resultado de todo el proceso productivo. Se caracterizan por ser considerados como material de desecho por parte de las empresas agroexportadoras. En la región Lambayeque las empresas agroindustriales principalmente de las zonas de Jayanca, Motupe y Olmos han logrado un crecimiento económico al exportar diversos productos. Lamentablemente a este crecimiento aún no se propone soluciones para el proceso de los residuos agroindustriales que se generan ocasionando daños medio ambientales a largo plazo (Meza, 2011). Después de observar la realidad problemática se formuló el problema ¿Cuál es el mejor método para extraer el aceite esencial de las semilla de Tamarindo? se utilizó la hipótesis alternativa, la extracción por hidrodestilación no permite lograr un rendimiento de 4.5% de aceite esencial.

Tuvo como objetivo general, extraer y caracterizar el aceite esencial de la semilla de Tamarindo (*Tamarindus indica*), y como objetivos específicos, determinar el rendimiento del aceite esencial de la semilla de Tamarindo aplicando la extracción por hidrodestilación, arrastre con vapor y método soxhlet; caracterizar las propiedades físico-químicas del aceite esencial de la semillas de Tamarindo.

La investigación se justifica por que se requiere darle un uso final a los residuos agroindustriales para evitar la contaminación ambiental.
Tuvo como línea de investigación área agroindustria – desarrollo de nuevos productos.

Los antecedentes se basaron en una serie de investigaciones, que me ayudaron a utilizar los métodos de extracción y análisis físico químicos

teniendo como principal fuente a los siguientes autores Sanín Ortiz Grisales, Sonia Carolina Pasos López, Ximena Constanza Rivas Abadía, Magda Piedad Valdés Restrepo, Franco Alirio Vallejo Cabrera, quienes realizaron la investigación “extracción y caracterización de aceite de semilla de zapallo”, los resultados indicaron que el aceite fue estable física y químicamente, con propiedades organolépticas óptimas de aceite comestible, no presentó características de rancidez; aceite semisecante (122.90 mg/g de KOH.); índice de acidez 3.25 mg/g de KOH; la prueba presuntiva de yodo supone presencia de polinsaturación y sin formación de cristales. La composición de ácidos grasos mostró: palmítico C16:0 (25.11 – 36.94%); esteárico C18:0 (10.79 – 13.37%); linoleíco C18:2 (48.23 – 62.41%); linolénico C18:3 (0.66%) y araquídico C20:0 (0.53 – 0.78%). El aceite de semilla de zapallo contiene 55.28% de ácidos grasos insaturados con una cantidad apreciable de linoleíco (55.11%). La torta de semilla presentó proteína (51.11 ± 0.95%) y energía (4604. 66 ± 134.08 kcal/kg).

Carolina Navarrete, Jesús gil, Diego Durango, Carlos García; con la investigación “Extracción y caracterización del aceite esencial de mandarina obtenido de residuos agroindustriales” los resultados indicaron, la extracción y caracterización del aceite esencial de mandarina obtenido, mediante arrastre con vapor, a partir de desechos agroindustriales. Se evaluó el efecto de la presión de vapor, el espesor y el número de capas del material vegetal, sobre el rendimiento y calidad del aceite esencial. Las condiciones de operación fueron ajustadas de acuerdo con las características de diseño de la planta de extracción de una industria local.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Situación problemática

En México se produjeron 75.73 millones de toneladas de materia seca proveniente de 20 cultivos, de los cuales 60.13 millones de toneladas corresponden a residuos primarios, obtenidos al momento de la cosecha, entre los que están: hojas y tallos del maíz, tallos y vaina de sorgo, puntas y hojas de caña de azúcar, paja de trigo, paja de cebada y de frijol, así como cáscara de algodón. El resto, 15.60 millones de toneladas corresponden a residuos secundarios obtenidos del procesamiento post-cosecha, entre los que están: bagazo de caña de azúcar, mazorcas y olotes, bagazo de maguey o agave, así como pulpa de café (Valdez, 2012).

El árbol de Tamarindo en un año produce 225 Kg/Ha, al mismo tiempo se obtiene 2500 semillas en 1 Kg de Tamarindo produciéndose anualmente 566,990 semillas que son desechadas por las empresas agroindustriales que elaboran pulpa de Tamarindo como, La Gran Fruta S.A.C; Productos Jhiree S.A.C.; Inka Flavours And Senses, S.A.C.; Sands Foods Corporation S.A. (Meza, 2011).

Al buscar una oportunidad de aprovechamiento de los residuos, se hace necesaria su caracterización para conocer la composición, calidad de sus componentes y cantidad de otros subproductos, que se podría generar definiendo las tecnologías más apropiadas para su aprovechamiento y posterior tratamiento. Respecto a esto último, es de esperar que después del aprovechamiento de un residuo se genere un siguiente residuo más agotado que podría tener otra aplicación, o bien, convertirse en un desecho.

En la región Lambayeque las empresas agroindustriales principalmente de las zonas de Jayanca, Motupe y Olmos han logrado un crecimiento económico al exportar diversos productos. Lamentablemente a este crecimiento aún no se propone soluciones para el proceso de los residuos agroindustriales que se generan ocasionando daños medio ambientales a largo plazo. Los residuos agroindustriales en algunos casos se entierran o se botan sin ningún provecho como sucede en la empresas: La Gran Fruta S.A.C; Productos Jhiree, S.A.C.; Inka Flavours And Senses, S.A.C.; Sands Foods Corporation S.A. Pocas son las investigaciones respecto al uso de los residuos, la aplicación de tecnologías que permitan obtener sub productos como aceites esenciales, biocombustibles, nuevos materiales, etc. De gran utilidad actualmente con la extracción del aceite esencial se busca nuevas alternativas al problema de los residuos agroindustriales, tomando como base la gran necesidad de la carencia de estudios o investigaciones realizadas referentes a esta temática en nuestro medio local (Meza, 2011).

Actualmente el cultivo de Tamarindo (*Tamarindus indica*) está en constante crecimiento, habiendo ya instalados en diferentes zonas como en el fundo Laguna Larga – La Macarena en una extensión de 100 hectáreas ubicados en el valle de Olmos, departamento de Lambayeque, Perú. Teniendo 18,500 árboles sembrados, si un árbol de Tamarindo produce 225 Kg al año entonces se producen 4,162 Toneladas de semillas de Tamarindo en un año, un residuo que actualmente no se plantea su uso. Este fundo posiblemente en el futuro sea un foco de contaminación y debemos atender este problema con visión y responsabilidad.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el mejor método para extraer el aceite esencial de la semilla de Tamarindo?

1.3. Delimitación de la Investigación

La investigación se realizó en el departamento de Lambayeque, utilizando los equipos e instrumentos del laboratorio de la FIQUIA en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo – Lambayeque y en la DIVINCRI – Lima.

1.4 Justificación e importancia

La investigación en aceites esenciales en el siglo XXI se ha vuelto muy importante, sobre todo en el desarrollo de nuevos productos orgánicos, y más atención tienen los que surgen del aprovechamiento de residuos de procesos agroindustriales como las semillas de Tamarindo (*Tamarindus indica*).

La Ley Nº 26821 - Ley orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales ambientales, hace que la industria se vea cada vez más forzada a encontrar alternativas de uso de sus residuos generados principalmente por las industrias procesadoras de alimentos, como las agroindustriales, existentes en gran número en Lambayeque.

Al buscar una oportunidad de aprovechamiento de los residuos, se hace necesaria su caracterización para conocer su composición, la calidad de sus componentes y la cantidad que se genera, con esto se pueden definir las tecnologías más apropiadas para su aprovechamiento y posterior tratamiento. Respecto a esto último, es de esperar que después del aprovechamiento de un residuo se

genere un siguiente residuo más agotado que podría tener otra aplicación como el compost, o bien, convertirse en un desecho. En la búsqueda de oportunidades de aprovechamiento de residuos este aspecto debe ser considerado, con un enfoque de responsabilidad ambiental.

1.5 Limitaciones de la Investigación

En esta investigación se encontró las siguientes limitaciones, como la falta de equipos y reactivos para realizar los análisis correspondientes.

1.6 Objetivos:

Objetivo general

Extraer y caracterizar el aceite esencial de las semillas de Tamarindo (*Tamarindus indica*).

Objetivos específicos

Determinar el rendimiento del aceite esencial de las semillas del Tamarindo aplicando extracción por hidrodestilación, por arrastre con vapor y método Soxhlet.

Caracterizar las propiedades físico-químicas del aceite esencial de las semillas de Tamarindo (*Tamarindus indica*).

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación:

Artículo científico: Extracción y caracterización de aceite de cardamomo (*Elettaria cardamomum*)

Autor: Ricardo Suárez, Gloria Restrepo, Ana Montoya, Fidel Granda, Rosario Caicedo, Guillermo Lopera, Luis Rios

Fuente: Dyna, vol. 74, núm. 151, marzo 2007, pp 47-52 Universidad Nacional de Colombia.

Resumen: El cardamomo (Elettaria cardamomum) es un producto agrícola con potencial industrial y comercial. En este artículo se reportan los resultados encontrados en la investigación para la extracción del aceite esencial de Cardomomo, evaluando los tres métodos: arrastre con vapor, hidrodestilación y extracción con solventes. Los componentes del aceite se identificaron y cuantificaron por técnicas de cromatografía gaseosa asociada con espectrometría de masas y detector TCD. Los rendimientos obtenidos están alrededor del 4.7% para arrastre con vapor, 3.7% para hidrodestilación y 6.5% para extracción con solventes. Los principales compuestos identificados son: cineol, acetato de terpinilo, linalol y β-pineno. No se detectó agua en las muestras de aceite, y la concentración máxima de solvente residual en el aceite fue 72.4 p.p.m. Los resultados obtenidos permiten determinar las principales variables operacionales para dimensionar una planta piloto para extracción del aceite.

Tesis: Extracción y caracterización de la oleorresina del orégano (origanum vulgare)

Autores: Mónica Alejandra Salamanca García, Marlly Yuranny Sánchez Bermúdez

Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira Facultad de tecnología Escuela de tecnología química Grupo de oleoquímica Pereira, 2009

Resumen: En este estudio se realizó la extracción, análisis físico-químicos y microbiológicos a la oleorresina del Orégano. Las extracciones realizadas fueron obtenidas a partir del orégano previamente lavado y deshidratado a 40ºC por dos días. El método Soxhlet utilizando como solvente etanol al 75% presentó un mayor porcentaje de rendimiento y buenas características organolépticas en la extracción. Se realizaron pruebas de cenizas, densidad, índice de refracción, índice de acidez, análisis GC-MS, análisis microbiológicos, actividad antioxidante y análisis sensorial; todas las pruebas fueron realizadas por triplicado. Los resultados obtenidos para los análisis microbiológicos fueron satisfactorios presentando negativo para coliformes totales, coliformes fecales E. coli y mesófilos aerobios viables; teniendo en cuenta que este estudio preliminar puede dar pasó a otros estudios para la comercialización de esta oleorresina como un producto comestible según la norma ISO 22000 (inocuidad alimentaria). El extracto de orégano tiene poca actividad antioxidante ya que el extracto de orégano presentó un IC50 a una concentración de 35200 ppm, lo cual se puede concluir que el extracto etanólico no presenta compuestos con potencial antioxidante, y además el control positivo (ácido ascórbico) presenta un IC50 de 415 ppm. Por GC-MS se obtuvieron los siguientes compuestos en mayor porcentaje: Timol (96.351%), 2,5-ciclohexadieno-1,4-diona, 2-metil-5-(1-metiletil) (1.596%). La oleorresina reporto: 0.266 % de cenizas, densidad de

0.988 g/cm^3, Índice de refracción 1.345 ND24, Humedad 13.635% m/m, Índice de Acidez 5.028 %m/m ácido oleico.

Artículo científico: Extracción y caracterización fisicoquímica del aceite de la semilla (Almendra) del marañón (*Anacardium occidentale L*)

Autor: Jennifer J. Lafont, Manuel S.Páez y Alfonso A. Portacio.

Fuente: Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Departamento de Química, Departamento de Física, Carrera 6 No 76-103. Km 3, vía Cereté. Córdoba-Colombia 2010

Resumen: El objetivo principal del trabajo que se presenta en este artículo es la evaluación de diferentes métodos de extracción de aceite de semillas de almendras (*Anacardium occidentale L*) y caracterización de sus propiedades físico-químicas. El procedimiento consiste en someter la muestra a procesos de extracción mecánica o prensado y a extracción con solventes aplicando dos métodos: inmersión e inmersión-percolación. El método más eficiente fue el de inmersión-percolación usando n-hexano como solvente. El rendimiento obtenido es del (97.78 ± 1.32) %. El análisis de ácidos grasos por HPLC reveló un alto contenido de ácido oleico (61.36%). De estos resultados se recomienda la extracción con solventes para la industria de jabones, cosméticos y la extracción con prensado para la industria alimenticia.

Tesis: Extracción y caracterización de aceite de nuez (J*uglans regia L.*): Influencia del cultivar y de factores tecnológicos sobre su composición y estabilidad oxidativa

Autor: Marcela Lilian Martínez

Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Doctorado en Ciencias de la Ingeniería 2010

Resumen: El presente trabajo aborda aspectos relacionados a la caracterización de genotipos de nuez cultivados en Argentina y al análisis de alternativas tecnológicas para la extracción y conservación del aceite. Los resultados indican que las características pomológicas y la composición de los aceites muestran una fuerte influencia varietal y, en menor medida, del año y de la localidad de producción. Se realizaron ensayos de extracción del aceite mediante disolvente (n-hexano, CO_2 en estado supercrítico) y prensa de tornillo helicoidal (a escala piloto e industrial). Esta última metodología resulta asequible para la obtención de altos rendimientos de aceite, de buena calidad química. No obstante, por su elevado nivel de insaturación, el aceite es altamente susceptible al deterioro termo y foto-oxidativo. La adición de antioxidantes (TBHQ, palmitato de ascorbilo) y el empleo de procedimientos de protección contra la foto-oxidación constituyen alternativas tecnológicas para la conservación del aceite.

2.2 Estado del arte:

Artículo Científico: Extracción y caracterización de aceite de semillas de zapallo

Autores: Sanín Ortiz Grisales, Sonia Carolina Pasos López, Ximena Constanza Rivas Abadía, Magda Piedad Valdés Restrepo, Franco Alirio Vallejo Cabrera.

Fuente: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, AA 237, Palmira, Valle del Cauca, Colombia.2009

Resumen: Se seleccionaron 79 introducciones de zapallo (*Cucurbita moschata* Duch) teniendo en cuenta el contenido de extracto etéreo (EE) de las semillas. El extracto étero fue estable física y químicamente, con propiedades organolépticas óptimas de aceite comestible, no presentó características de rancidez; aceite

semisecante (122.90 mg/g de KOH.); índice de acidez 3.25 mg/g de KOH; la prueba presuntiva de yodo supone presencia de polinsaturación y sin formación de cristales. La composición de ácidos grasos mostró: palmítico C16:0 (25.11 – 36.94%); esteárico C18:0 (10.79 – 13.37%); linoleíco C18:2 (48.23 – 62.41%); linolénico C18:3 (0.66%) y araquídico C20:0 (0.53 – 0.78%). El aceite de semilla de zapallo contiene 55.28% de ácidos grasos insaturados con una cantidad apreciable de linoleíco (55.11%). La torta de semilla presentó proteína (51.11 ± 0.95%) y energía (4604. 66 ± 134.08 kcal/kg).

Artículo científico: Extracción y caracterización del aceite esencial de mandarina obtenido de residuos agroindustriales.

Autores: Carolina Navarrete, Jesús gil, Diego Durango, Carlos García.

Fuente: Escuela de Química, Universidad Nacional de Colombia, AA 77, Medellín, Colombia 2010

Resumen: En los últimos años, la agroindustria de cítricos nacional ha mostrado un dinamismo significativo, originado por la expansión del mercado de los derivados de frutas. Esta actividad ha conllevado a la generación de una gran cantidad de residuos, los cuales tienen potencialidad como material de partida para la elaboración de productos comerciales con alto valor agregado como: aceites esenciales (AE), aceites fijos y fibras entre otros.

Los aceites esenciales tienen una importante demanda en la industria de alimentos, farmacéutica y de cosméticos. Este trabajo describe la extracción y caracterización del aceite esencial de mandarina obtenido, mediante arrastre con vapor, a partir de desechos agroindustriales. Se evaluó el efecto de la presión de vapor, el espesor y el número de capas del material vegetal, sobre el rendimiento y calidad del aceite esencial. Las condiciones de operación fueron ajustadas de acuerdo con las características de

diseño de la planta de extracción de una industria local.

2.3 Bases teórico científicas:

Tamarindo

El Tamarindo es un alimento importante en los trópicos. Es un árbol de usos múltiples de las cuales casi todas las partes encuentra por lo menos un cierto uso (Kumar y Bhattacharya, 2008), ya sea nutricional o medicinal. El Tamarindo es originario de África tropical, pero se ha introducido y naturalizado en todo el mundo en más de 50 países. Las principales áreas de producción se encuentran en el país asiático intenta la India y Tailandia, pero también en Bangladesh, Sri Lanka, Tailandia e Indonesia. En Estados Unidos, México y Costa Rica son los mayores productores. África en su conjunto hace no producir Tamarindo en una escala comercial, a pesar de que es ampliamente utilizado por la gente local. Los países productores de menores en África son Senegal, Gambia, Kenia, Tanzania y Zambia (El-Siddig, 2006)

Características

Nombre vulgar: Tamarindo, tamarindero, mandarín, Tamarindo de la India.

Su nombre común deriva del árabe "tamari hindi", que significa "fruto de la India".

Nombre científico: *Tamarindus indica L*.

Sinónimo taxonómico: *Tamarindus officinalis*.

Familia: Fabaceae o Leguminosas.

El Tamarindo (*Tamarindus indica*) es una especie monotípica, es decir, que solamente existe una especie dentro del género Tamarindus.

Hábitat: planta originaria del África Tropical y distribuida por todo el continente africano. Crece salvaje en Sudan.

Se cree que el árbol fue introducido en Asia por mercaderes árabes; y que su distribución en América se debe a los primeros cargamentos de esclavos desde el este de África. Actualmente de cultiva en la India, el productor asiático más importante de esta planta; y en América (México, Costa Rica, Puerto Rico).

El Tamarindo se ha adaptado a regiones con estaciones secas de larga duración. En cambio, en climas tropicales húmedos, este árbol se desarrolla pobremente y a menudo no consigue fructificar. Es sensible a las heladas y resistente a la sequía.

Descripción botánica del Tamarindo

El Tamarindo (*Tamarindus indica L.*) es un árbol perenne, de crecimiento lento, que puede medir entre 15 y 25 metros de altura.
Se trata de un árbol de vida muy larga, de grueso tronco que puede alcanzar un perímetro de 7,5 metros de circunferencia. Tiene una corteza áspera y de color gris oscuro. Posee raíces profundas y ramas fuertes y flexibles para resistir los vientos (se ha descrito que resiste a huracanes).

Sus hojas son alternas con glabras (pelos o tricomas), con 10 - 20 pares de foliolos oblongos, opuestos, ápice redondeado, base asimétrica.

El Tamarindo produce frutos entre los 7 y 12 años de edad cuando se reproduce por semilla, estabilizando su producción de bayas a los 15 años. Cuando se reproduce vegetativamente, fructifica a los 3 - 5 años aproximadamente. El árbol es productivo hasta los 40 - 60 años.

Los frutos son vainas curvadas y con protuberancias, debido a las semillas que reserva en su interior. Mide entre 8 y 15 (hasta 20) centímetros de longitud por 2 - 2,5 centímetros de ancho y aproximadamente de 1 centímetro de grosor. El pericarpio, delgado, es de color canela o café, marrón o marrón-grisáceo, que se convierte en una cáscara quebradiza en la madurez del fruto. A medida que madura, las vainas se llenan de una pulpa jugosa combinada con fibras, acidulada y de color marrón o marrón rojizo.

Las semillas son duras, de color marrón, generalmente una vaina contiene entre 2 y 10 semillas de 1 centímetro de diámetro cada una.

La maduración de la vaina sucede aproximadamente 10 meses después de la florescencia.

Composición del Tamarindo

La pulpa de la fruta que comprende casi la mitad del peso de la vaina es fuente de vitaminas (ácido ascórbico, riboflavina, niacina), 100 gramos de fruto maduro contienen 267 calorías, 62.7 gramos de carbohidratos, 2.8 gramos de proteína y 0.6 gramos de grasa e importantes minerales como calcio, fosforo y hierro, con un contenido de humedad del 20%. La acidez de la pulpa se debe a la presencia del ácido tártrico cuya concentración es del 10 a 15%, además contiene ácido acético, cítrico, málico, succínico, así como pectina.

Las semillas se utilizan como alimento, su contenido proporciona almidón, proteína y aceite, su composición química comprende: agua 11.3%, proteína 13.3%, grasa 5.4%, carbohidratos 57.1%, ceniza 4.1% y fibra cruda 8.8%. La proteína de la semilla es rica en acido glutámico 18%, acido aspártico 11.6%, glicina 9.1% y leucina 8.2% pero deficiente en metionina, treonina, valina y cisteína, por lo que se

le considera una proteína de baja calidad, en la proteína la proporción de aminoácidos esenciales es de 33.6% (Orozco S, 2009).

La composición del Tamarindo básicamente está dada por aproximadamente 20% de cáscara, 40% de pulpa y 40% restante compuesto por la semilla.

Tabla 2.1

Composición química del Tamarindo, por 100 g de porción comestible

Compuesto		Tamarindo	Pulpa de Tamarindo
Agua (%)		12.6 – 34.2	28.0 – 42
Proteína (%)		1.4 – 3.3	1.0 – 1.5
Lípidos (%)		0.6 – 1.0	0.4 – 0.8
Carbohidratos (%)		59.7 – 71.8	27.0 – 48.0
Cenizas (%)		1.5 – 4.5	1.0 – 3.5
Fibra (%)	Pectina (%)	3.0 – 5.0	2.0 – 2.6
	Celulosa (%)	3.0 – 4.0	2.0 – 4.0

Fuente: National academy of sciences (1979).

El Tamarindo es de las frutas tropicales con los niveles más bajos de agua y probablemente como una consecuencia tienen los niveles más altos de proteína, carbohidratos y minerales que ninguna otra fruta.

Sin embargo, la característica más sobresaliente del Tamarindo es su elevado valor de acidez expresado como acido tartárico, el cual no es común en las frutas tropicales. Aunque existen otras frutas con contenido de ácido tartárico tales como uva, toronja y frambuesa, estas no presentan tan elevados niveles como el Tamarindo. Otra característica importante es su alto contenido de azúcares, siendo la segunda de mayor contenido de azúcares totales entre las frutas, el total de azúcares y azúcares reductores en el Tamarindo son de 31 y 23% respectivamente. (Hasan S, 1972)

Cerca de la mitad del ácido tartárico presente en el Tamarindo se encuentra como bitartato de potasio (también conocido como crémor tártaro) y en menor proporción compuesto por tártaro de calcio; además del ácido tartárico, el Tamarindo cuenta con otros ácidos orgánicos aunque en mucho menor proporción entre los que figuran los ácidos málico, oxálico y acético; es una fruta con contenidos bajos de vitaminas C y A. Los niveles de vitamina C o ácido ascórbico difieren con la variedad y las características de crecimiento y pos cosecha de la fruta que oscilan entre 2 y 20 mg/100g (Hasan S, 1972).

La acidez de la pulpa (11.32%) se debe a la presencia del ácido tartárico que es el mayor contenido cuyo porcentaje es del 90% de la acidez total del Tamarindo, siendo el cítrico el segundo en cantidad con el 5% y el resto de la acidez de la fruta son de cantidades menores de ácido ascórbico, ácido acético y acido tánico, dándole un interés especial a la fruta debido a que contiene una gran cantidad de ácidos orgánicos, que junto con el alto porcentaje de azúcares muestran una relación que no se da en ninguna otra fruta (Jimenez D, 1983).

La pulpa de la fruta se extrae principalmente introduciendo a la fruta en un baño de vapor durante varias horas y con un periodo de agitación se obtiene un líquido denso el cual se tamiza y homogeniza para después procesarlo térmicamente mediante un pasteurizado, su pH oscila entre 2 y 4 (National Academy of Sciences, 1979).

La pulpa de la fruta, que comprende alrededor de la mitad del peso de la vaina y de sabor agridulce, contiene además de los azúcares y

ácidos orgánicos, sustancias tales como pectinas, vitaminas y minerales (Lewis Y, 1961).

Partes utilizadas:

Flores: Fines alimentarios. Se puede obtener miel de sus flores, es una planta melífera.

Pulpa del fruto: Es utilizado para fines medicinales y alimentarios. El mesocarpio de los frutos es de color amarillento y se destina a la alimentación. La vaina es comestible y se consume por si textura tierna y su sabor ligeramente ácido. Forma parte de bebidas y salsas. Antiguamente los árabes confitaban los frutos en azúcar, siendo un alimento que les acompañaba en todos sus viajes. En el Cairo se utilizaba para aderezar carnes. Las colonias holandesas instaladas en la India, antiguamente fabricaban cerveza con el Tamarindo.

Semillas: Las semillas pueden ser procesadas para preparar purificado de pectina y utilizarse como goma.

Hojas: Fines medicinales. Antiguamente se utilizaba para alimentar a los animales.
Raíz: Fines medicinales.

Tronco: Destinado con fines maderables, apreciado por ser resistente a las termitas. En Europa se elaboraba un tinte negro con la corteza.
Carbón: Se obtiene a partir de la madera del Tamarindo y se considera de alta calidad. Antiguamente fue utilizado para producir pólvora. También se usó para producir gasógeno en la India durante la Segunda Guerra Mundial.

Usos del Tamarindo

Alimentación: En los países del Caribe y Centroamérica son populares las bebidas a base de Tamarindo, de característico sabor dulce y ácido a la vez. Estos productos se pueden encontrar fácilmente en comercios latinos. Además de su agradable sabor, también posee propiedades medicinales. La pulpa del fruto se utiliza para limpiar el latón y el cobre.

Según la tradición tailandesa, el Tamarindo es un árbol que da suerte y dinero a quien lo posee.

2.3.1 Aceites esenciales:

Son mezclas complejas de componentes volátiles, que resultan del metabolismo secundario de plantas; están compuestos por hidrocarburos del grupo de los terpenos, y por compuestos oxigenados de bajo peso molecular como los son los alcoholes, aldehídos, cetonas, esteres y ácidos, éstos son los que le dan a los aceites esenciales el aroma que los caracteriza (Stashenko P, 1998).

Los aceites esenciales se acumulan en estructuras secretoras especializadas ubicadas en diferentes partes de la anatomía de las plantas; por ejemplo, se biosintetizan en los tricomas glandulares (hojas) o en glándulas (cáscaras), en las plantas se pueden ubicar en general, en pelos glandulares del tallo y hojas (menta, lavanda, salvia), en las células modificadas del parénquima como en las piperáceas (pimienta), en tubos oleíferos (canela), en tubos esquizógenos (anís, hinojo), o canales lisígenos (pino), entre otros (Bandoni C, 2000).

Composición química general de los aceites esenciales

Los metabolitos secundarios volátiles que componen los aceites esenciales se pueden clasificar en base a los grupos funcionales que contienen sus moléculas, como se muestra en cuadro 2.1.

Cuadro 2.1.
Grupos funcionales de las moléculas constituyentes de los aceites esenciales.

Grupo funcional	Naturaleza química	Ejemplo
Hidrocarburos	Terpenos	Limoneno, α-terpineno
	Aromáticos	Cumeno, ρ-cimeno
	Sesquiterpénicos	Trans-β-cariofleno
Aldehídos	Monoterpénicos	Citral
	Alifáticos	Nonanal, octadecanal
	Aromáticos	Cinamaldehído
Alcoholes	Monoterpénicos	Geraniol, citronelol
	Alifáticos	3-decanol
	Sesquiterpénicos	Espatulenol, cedrol
	Aromáticos	Alcohol bencílico
Fenoles	Aromáticos	Timol, carvacrol

Fuente: (Diaz Q, 2007)

Propiedades físico-químicas de los aceites esenciales

Tienen la propiedad en común, de generar diversos aromas agradables y perceptibles al ser humano, pero siempre pronunciados y penetrantes, que nos recuerdan el olor del vegetal del que provienen. Poseen un color en la gama del amarillo, hasta ser transparentes en algunos casos. Tienen sabor cáustico, acre e irritante y a veces aromático, dulce y delicado (Cerpa D, 2007).

Según su consistencia los aceites esenciales se clasifican en esencias fluidas, bálsamos y oleorresinas. Las esencias fluidas son líquidos volátiles a temperatura ambiente. Los bálsamos son más espesos, son poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización (el bálsamo de copaiba, el de tolú, estoraque, etc.). Las oleorresinas tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas (caucho, gutapercha, chicle, oleorresina de paprika, etc.). A condiciones ambientales, son líquidos menos densos que el agua, pero más viscosos que ella. Son solubles en los disolventes orgánicos comunes. Casi inmiscibles en disolventes polares asociados (agua, amoniaco). Tienen propiedades de solvencia para los polímeros con anillos aromáticos presentes en su cadena (Cerpa D, 2007)

Sufren degradación química en presencia de la luz solar, del aire, del calor, de ácidos y álcalis fuertes. En algunos casos, a consecuencia de la oxidación, se llega a producir ácido carbónico, como en la esencia de anís; otras veces ácido benzoico, como en la esencia de almendra y también ácido cinámico, como en la de canela.

Propiedades biológicas de los aceites esenciales

Desde la antigüedad, las especies aromáticas y sus aceites esenciales se han empleado en preparaciones culinarias no sólo como agentes saborizantes y aromatizantes, sino también como conservantes naturales en alimentos y en otros productos, donde los aceites esenciales pueden detener, prevenir o inhibir el deterioro oxidativo y los daños causados por bacterias, hongos u otros microorganismos. De esta manera, y debido a la creciente presión de los consumidores, actualmente las industrias de alimentos y cosméticos han disminuido el uso de conservantes sintéticos en sus

productos, reemplazándolos por sustancias de origen natural (Vargas, 2008).

Actividad antioxidante

En muchos estudios sobre especies vegetales se ha aislado una amplia variedad de compuestos antioxidantes fenólicos lo cual los coloca en la categoría de los antioxidantes más interesantes y promisorios, en general flavonoides. Estos antioxidantes son sustancias importantes en el área de farmacología, principalmente por su capacidad de contrarrestar la formación de radicales, cuya influencia se ve reflejada en las propiedades que poseen, así como antivirales, antialérgicas, anti-inflamatorias, antimicrobianas, etc. Cabe resaltar que la actividad antioxidante de los compuestos fenólicos presentes en las plantas aromáticas depende de su estructura y, particularmente, del número y la posición el grupo hidroxilo (Diaz Q, 2007).

Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales

Desde hace más de tres décadas se ha descrito a los fungicidas de origen natural, como agentes de gran capacidad biodegradable y de efectos secundarios menores, en comparación a los fungicidas comúnmente comercializados. Así por ejemplo, se ha comprobado que al incorporar aceite esencial de árbol de té en recubrimientos a base de polímeros derivados de la celulosa constituye una alternativa eficaz para el control en postcosecha de *Penicillium italicum* en naranjas. También, el aceite esencial de jengibre puede ejercer una acción antimicrobiana sobre el *Bacillus cereus, Staphylococus aureus y Streptococus faecalis* (Vásquez, 2001). El aceite esencial de la “hierba de limón” (*Cymbopogon citratus*) mostró una notable actividad antifúngica frente a *Trichophyton rubrum* (la formulación desarrollada

resultó no irritante y se propuso usar como antidermatofítica) (Guerra C, 2004).

Para la evaluación de las propiedades antimicrobianas de los aceites esenciales se aplican los métodos convencionales de ensayo para antibióticos. Existen dos técnicas básicas usadas, el método de difusión en agar y el método de diluciones (Vargas, 2008).

Actividad biológica

La capacidad de *Tamarindus indica* para disminuir la glucosa en sangre elevada en los pacientes diabéticos a nivel de la glucemia normal es un importantes hallazgos que es ejecutado por el aumento de la secreción pancreática de insulina de las células β existentes (Maiti R, 2012).

El estudio sobre menciona que el *Tamarindus indica* se utiliza como medicina tradicional para el tratamiento de la diabetes mellitus en animales humanos y experimentales (Hamidreza H, 2011).

En el campo de la salud se indica que el aceite esencial del Tamarindo (*Tamarindus indica*) es usado para el tratamiento de úlceras (Kalra P, 2011). Además tiene efectos antiinflamatorios y efectos antiartríticos (Parth B, 2011).

Un estudio se pudo observar que entre los macronutrientes analizados, se encontró que los valores más altos de carbohidratos totales (72 %). Por otra parte, el extracto etanólico de *Tamarindus indica L*. semilla presenta actividad antioxidante relevante (75,93 %), pero también una gran cantidad de compuestos fenólicos totales (49,30 mg de equivalentes de ácido gálico por gramo de extracto). *Tamarindus indica L*. aceite de semillas presenta alta estabilidad oxidativa (15,83 horas), mostró contenido de tocoferoles totales

significativa (57,77 mg.kg - 1) y un mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados, especialmente ácido linoleico (59,61 %), que se considera esencial. Se le considera un producto natural con doble eficiencia en la prevención de la oxidación lipídica y antimicrobiano propiedades que tienen un potencial increíble para extender la vida propia de los productos alimenticios y que se pueden utilizar como un agente antimicrobiano excelente (Bibekananda M, 2013).

La fruta es utilizada en la India como un ingrediente para muchos alimentos, por ejemplo se usa como condimento para encurtir productos de pescado, como sazonador para algunas carnes y en general para dar sabor a los alimentos, los hindúes lo han utilizado desde la antigüedad con propósitos medicinales por las propiedades antiescorbúticas y laxantes de la pulpa, sus hojas se usan para tratar algunos malestares y enfermedades en el aparato digestivo debido a sus propiedades diuréticas, siendo también un buen recurso de proteínas, minerales y vitaminas, debido a su cierto sabor a menta se emplean como masticatorio, se sabe también que las semillas son procesadas específicamente con baños de vapor y posteriormente molidas y usadas como complementos nutritivos debido a su alto contenido de algunos aminoácidos, además de ser una fuente rica en aceites comestibles con grandes cualidades culinarias. Una infusión de la corteza es buen auxiliar en el tratamiento de diarrea; así mismo, sirve para realizar lavado de los ojos. La ceniza que se obtiene al quemar el exterior del tronco es un buen digestivo, mientras que un remedio elaborado con las semillas ayuda a combatir la disentería. Por su parte, las hojas machacadas son de utilidad para el tratamiento de heridas cutáneas (Escudero C, 2008).

Aplicaciones de los aceites esenciales en la industria

Los aceites esenciales tienen un amplio rango de aplicación en la industria. La figura 2.2, proporciona una vista general de su uso en las diferentes ramas de consumo. El tipo de aceite esencial y su calidad final determinarán en qué producto será incorporado; los aceites pueden ser empleados como materia prima en diferentes tipos de industria en general, cosmética, alimenticia, bebidas, textil, etc.; mientras que en otras industrias, como la farmacéutica, se pueden usar productos aislados de las mismas esencias (Diaz Q, 2007).

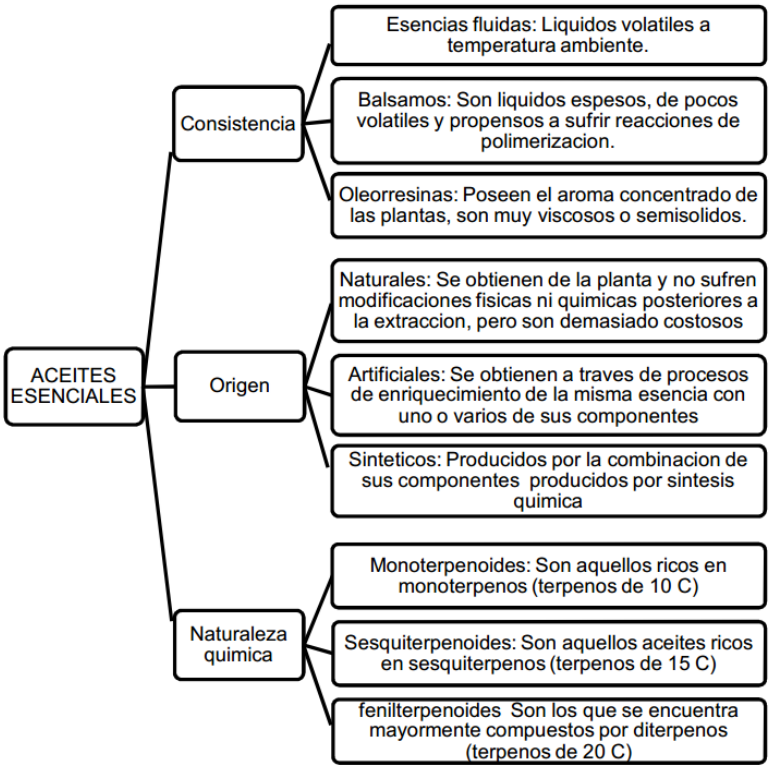

Figura 2.2.
Principales áreas de aplicación de los aceites esenciales.
Fuente: Vargas y Bottia (2008), Díaz (2007)

2.3.2 Mercado mundial de los aceites esenciales

El consumo de aceites esenciales y oleorresinas ha venido creciendo ampliamente, debido a que estos productos son usados en una gran

variedad de industrias tales como: cosméticas, alimenticias y farmacéuticas. El crecimiento para la industria de fragancias y sabores, es estimado en 10% anual. La mayor parte del desarrollo proviene de la industria alimenticia, que responde a una demanda creciente de los consumidores por alimentos procesados y envasados, así como alimentos más condimentados (Veritrade L, 2007).

Lista de los países importadores para el producto seleccionado 2012

Producto: 330129 los demás aceites esenciales, excepto los de agrio

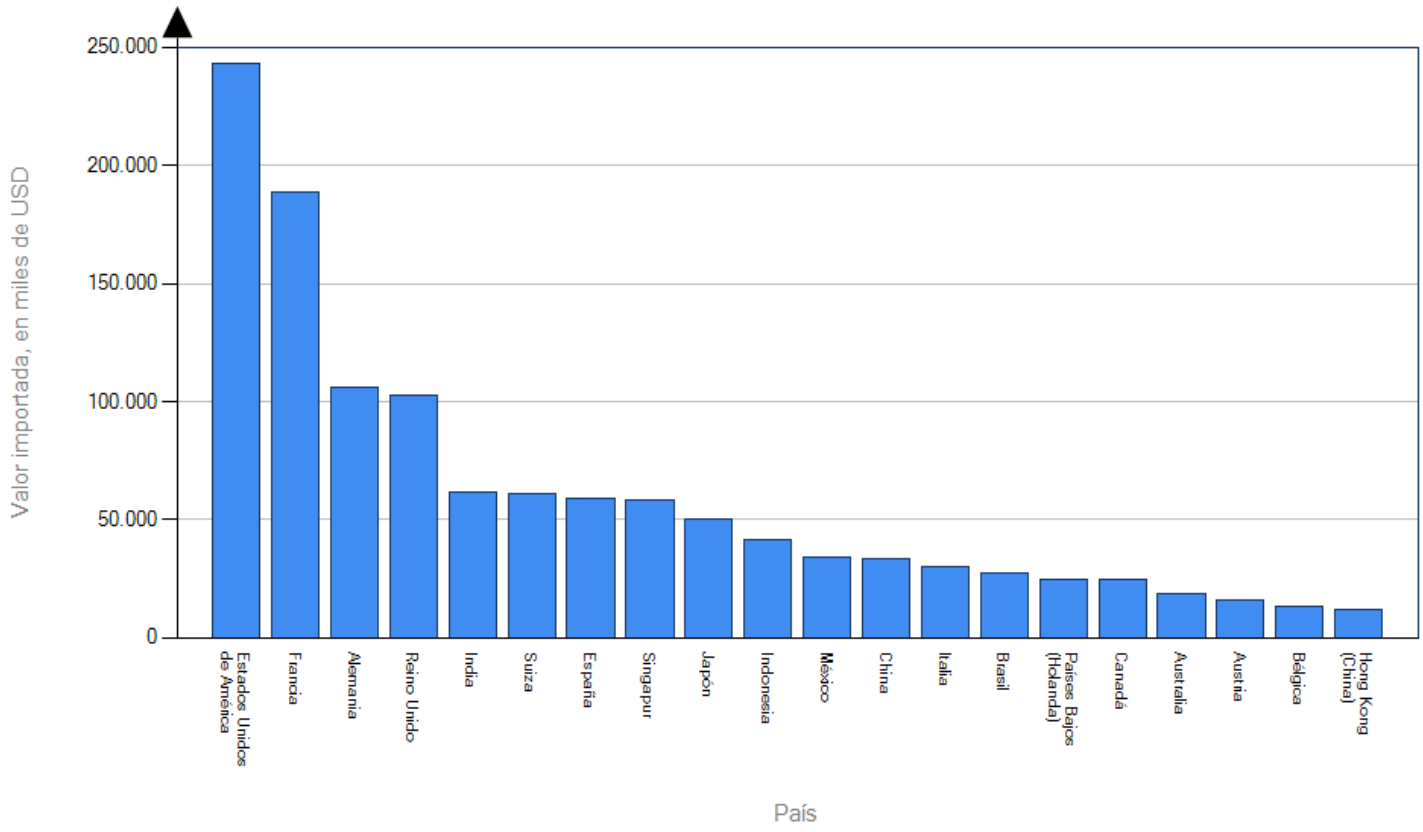

Figura 2.3
Importaciones de los aceites esenciales a nivel mundial. Periodo 2012
Fuente: Trademap, 2012

En la figura 2.3 se observa que el mayor importador de aceites esenciales a nivel mundial en el 2012 es EE.UU llegando a importar $ 242,943 dólares, segundo Francia con $ 188,370 dólares, tercero Alemania con $ 106,103 dólares y por último el Reino Unido con $ 102,652 dólares en el año 2012 (Trademap, 2012)

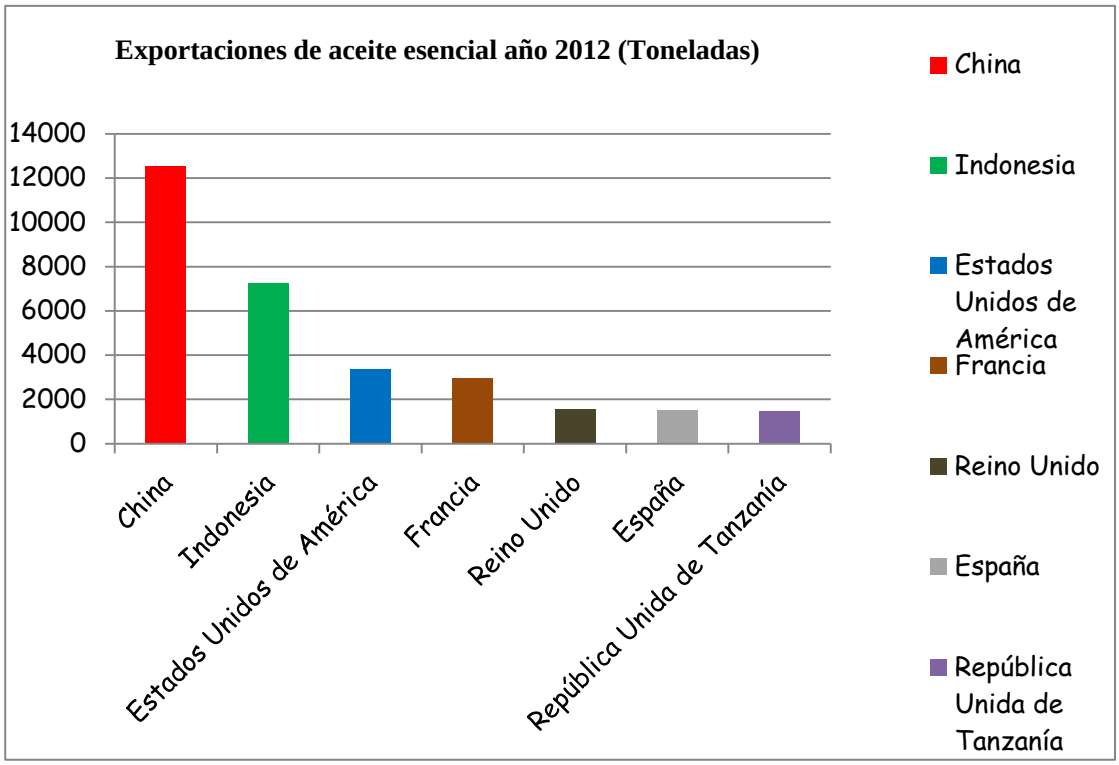

Figura 2.4
Exportaciones de aceite esencial a nivel mundial. Periodo 2012
Fuente: Trademap, 2012

En la figura 2.4 el mayor exportador de aceites esenciales a nivel mundial en el 2012 es China sobrepasando las 12,000 toneladas, en segundo lugar está Indonesia sobrepasando las 6,000 toneladas, en el tercer lugar está EE.UU pasando las 2,000 toneladas junto con Francia en el año 2012 (Trademap, 2012)

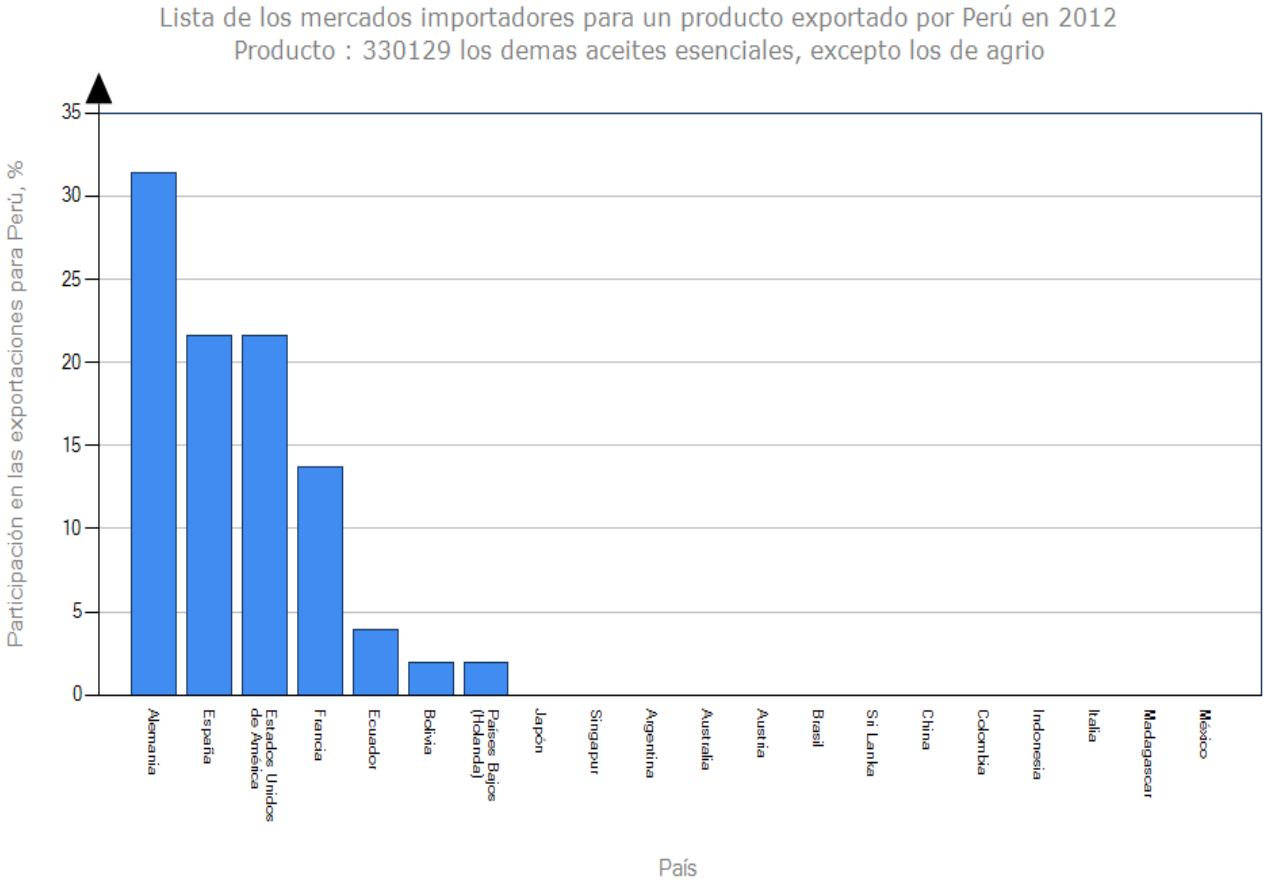

Figura 2.5
Exportaciones de aceite esencial a nivel mundial. Periodo 2012
Fuente: Trademap, 2012

En la figura 2.5 el principal comprador del Perú en lo que respecta al mercado de los aceites esenciales es Alemania con una participación del 31 %, segundo es España y Estado Unidos con un 22 % y por último Francia con 14 % en el año 2012 (Trademap, 2012).

2.3.3 Caracterización de los aceites esenciales

Los métodos de análisis de los aceites esenciales quedan comprendidos en exámenes físico-químicos, valoraciones químicas específicas, el análisis por cromatografía.

Propiedades físico-químicas: Densidad, rotación óptica, solubilidad de etanol de determinada concentración, punto de congelación, índice de refracción.

Valoraciones químicas específicas: Índice de acidez, índice de éster, índice carbonilo, contenido de alcoholes, fenoles, índice de yodo, etc.

Los aceites esenciales se caracterizan por su gran solubilidad en solventes orgánicos tales como: éter, alcohol absoluto, cloroformo, sulfuro de carbono, aceite de parafina.

Se describirán algunos análisis antes mencionados:

A. Densidad y peso específico

La densidad se define como la cantidad total de materia por unidad de espacio. El peso específico (densidad relativa) se define como la relación entre la densidad de un material y la del otro que se toma como referencia, usualmente agua.

La Norma Técnica Peruana 319.081 (1974) define a la densidad como la relación entre el peso de un volumen dado de un aceite esencial y su volumen, determinados a 20 ° C, y a la densidad relativa como la relación entre la densidad del aceite a 20 ° C y la densidad del agua destilada a 20 ° C.

El peso específico de los aceites volátiles fluctúa entre 0.696 y el valor de 1.118; los aceites con valores inferiores que el agua generalmente son ricos en hidrocarburos, alcoholes, aldehídos o cetonas (por ejemplo: aceites de naranja, limón, eucalipto, comino. geranio, rosa, etc.) en cambio aceites con peso específico próximo a uno o superior a uno, generalmente contienen fenol o derivados fenólicos, éteres (por ejemplo: aceite de anís, clavos de especia de sasafrás).

B. Índice de refracción

La Norma Técnica Peruana 319.075 (1974) define al induce de refracción como la relación del seno del ángulo de incidencia al seno del ángulo de refracción de un rayo luminoso, de longitud de onda determinada, que pasa del aire al aceite esencial, manteniendo a una temperatura constante.

Existen dos clases de refractómetros de uso corriente; uno ese el refractómetro de Fisher y el otro es el de Abbe – Spencer; ambos resultan adecuados para observar valores entre 1.3 y 1.7.

El índice de refracción de los aceites esenciales oscila generalmente entre 1.43 y 1.62 a temperaturas alrededor de 20 ° C siendo éste un parámetro que permite determinar si la muestra es pura, es decir si el índice de refracción es menor o mayor de estas cantidades significa que la muestra no es aceite esencial puro sino que está mezclado con otra sustancia.

C. Índice de acidez

La Norma Técnica Peruana 319.085 (1974) define al índice de acidez del aceite esencial como la cantidad de miligramos de hidróxido de

sodio necesario para neutralizar los ácidos libres contenidos en un miligramo de aceite esencial.

Este proceso de acidificación, que es muy reducido en los aceites finos, se ve incrementado en forma notable en los productos que han tenido origen en materia prima de mala calidad, frutos recogidos del suelo, estrujados o elaborados con equipos o máquinas inadecuadas, por aplicación de temperaturas elevadas, mala conservación, etc.
El porcentaje de acidez es sumamente variable, pudiendo expresarse que trabajando en condiciones adecuadas los aceites no deben presentar valores superiores a 0.4 - 0.5 % en ácido oleico. En general se toma como limite la acidez de 1% en ácido oleico para calificar comercialmente aceites finos o calidad extra. Sin embargo, el producto puede considerarse comestible aún con valores mayores y según la reglamentación de cada país. Es importante que el valor del índice de acidez sea bajo, ya que un porcentaje alto de ácidos grasos libres acelera el deterioro del aceite (Cavitch, 2014).

D. Índice de yodo

El índice del Iodo es una medida del número de dobles enlaces en las cadenas de ácidos grasos insaturados por 100 g de lípido. El índice de Iodo se define como el porcentaje de halógeno expresado en iodo, que es absorbido por la grasa o sea, el número de gramos de iodo que es absorbido por 100 g de grasa.

La determinación del índice de yodo, consiste en someter una cantidad exactamente pesada de la muestra a la acción del reactivo de Wijs y luego de un tiempo determinado valorar el yodo en exceso, mediante el empleo de solución de tiosulfato de sodio. El yodo se adiciona a los enlaces dobles de los ácidos insaturados

cuantitativamente bajo condiciones controladas. El punto final se registra por la desaparición del complejo azul del yodo con el almidón. Esta determinación clasifica los aceites, pues permanece casi inalterada por ligeros cambios en el estado del mismo, además, permite caracterizar la muestra dando una base para saber si es pura o si se encuentra mezclada.

Según los valores del índice de yodo los aceites se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Aceites secantes:** (como el de linaza y los de pescado) tiene índices de yodo muy elevados que pasan de 120. Son los que al exponerse a la acción del aire absorben el oxígeno de este y forman películas transparentes semejantes a la goma elástica.

- **Aceites no secantes:** (oliva, maní, almendras) tienen índices de yodo inferiores a 100. Son los que al exponerse a la acción del aire se mantienen líquidos y se espesan un poco.

- **Aceites semisecantes:** (algodón, ajonjolí, maíz) tienen índices de yodo intermedios. Estos aceites desecan menos que los aceites secantes y su índice de yodo está comprendido entre 100 y 120.
  El índice de yodo puede variar ligeramente con la edad y la forma de conservación de las materias grasas. Generalmente los materiales viejos y mal conservados tienen un valor inferior al mismo material fresco y bien conservado.

E. Índice de peróxido

El índice del peróxido es el contenido del oxígeno reactivo expresado en término de miliequivalentes de oxigeno por kilogramo de grasa el

cual es estimado mediante la titulación de iodo liberado con tiosulfato de sodio valorado después de que la muestra haya sido tratada bajo condiciones específicas con una solución de ioduro de potasio en ácido acético glacial.

Las moléculas de peróxidos corresponden a hidroperóxidos, con una molécula de oxígeno. El índice de peróxidos detecta la oxidación incipiente, antes de que se hayan formado carbonilos, y por tanto, antes de que haya manifestación de malos olores y sabores.
Al avanzar el estado de oxidación de un aceite, desaparecen los peróxidos, dando lugar a otros productos. Es posible que un aceite muy alterado dé un bajo índice de peróxidos (Civantos, 1992).

F. Índice de saponificación

El índice de saponificación se define como el peso en miligramos de hidróxido de potasio necesario para saponificar 1 gramo de grasa (FAO, 2001).

Si la grasa es aceptablemente pura, el método constituye un sistema de calcificación de los aceites y grasas, puesto que el índice de saponificación está inversamente relacionado con la longitud de los ácidos grasos constituyentes de los glicéridos de la grasa (Moreno, 2014).

G. Cromatografía

La cromatografía es un método de separación basado en la distribución selectiva o en la diferente velocidad con que se desplazan los compuestos entre dos fases en íntimo contacto; una fase permanece fija o estacionaria (generalmente sólido o líquido) mientras que la otra es móvil (generalmente líquido o gas). Este método

consiste en depositar la sustancia a analizar en un lugar de la fase fija y hacer circular en íntimo contacto con ambos y en una dirección dada la fase móvil.

La cromatografía en papel es aplicable a constituyentes vegetales solubles en agua, carbohidratos, aminoácidos, ácidos orgánicos y compuestos fenólicos como taninos.
La cromatografía en capa delgada es útil para la separación de componentes líquidos solubles en lípidos, esteroides, carotenoides, quinonas y clorofilas en donde también es útil la cromatografía en columna y la cromatografía de gases es aplicable a componentes volátiles como ácidos grasos y monoterpenos. La cromatografía es una técnica la fase móvil es un gas (Helio, Nitrógeno, Hidrógeno, etc.) llamado gas portador o carrier. La fase fija puede ser sólido o un líquido depositado en forma de fina partícula en la superficie de un sólido inerte, realizándose una cromatografía de adsorción gas-sólido de partición gas-líquido, respectivamente.

2.3.4 Métodos de obtención de aceites esenciales

Son muy variados y diferentes los métodos utilizados para la obtención de aceites esenciales y extractos aromáticos.

Hidrodestilación

Cuando se usa vapor saturado, pero la materia prima está en contacto íntimo con el agua generadora del vapor, se le llama “hidrodestilación” (Günther, 1948)

Es común en el aislamiento de esencias florales. En la hidrodestilación el material vegetal se sumerge en el agua, la cual se lleva a ebullición para que penetre los tejidos de la planta y disuelva

una parte del aceite esencial contenido en las estructuras, la disolución acuosa se difunde a través de las membranas de las células, y el aceite se vaporiza inmediatamente desde la superficie. El proceso continúa hasta remover todo el aceite contenido en las glándulas de la planta, a fin de que los vapores puedan ser condensados y colectados. Aquí un factor importante es el calentamiento, si el alambique se calienta con fuego directo, el agua contenida en él debe ser suficiente para llevar a cabo toda la destilación; es necesario evitar el sobrecalentamiento y la carbonización del material vegetal, entonces se requiere de tiempos de calentamiento largos y adición de agua en grandes cantidades, lo cual incrementa el costo y el tiempo de operación (Vargas, 2008)

Destilación por arrastre con vapor

Es el método más usado a nivel industrial, permite obtener aceite esencial con buenos rendimientos, y además se pueden procesar grandes cantidades de material vegetal. La materia prima vegetal es cargada de manera que forme un lecho fijo compactado; su estado puede ser molido, cortado, entero o la combinación de éstos. El vapor de agua es inyectado mediante un distribuidor interno, próximo a su base y con la presión suficiente para vencer la resistencia hidráulica del lecho (Vargas, 2008).

Es así que, cuando se usa vapor saturado o sobrecalentado, fuera del equipo principal, es llamado “destilación por arrastre de vapor” (Günther, 1948).

La generación del vapor puede ser local (hervidor), remota (caldera) o interna (base del recipiente). Conforme el vapor entra en contacto con el lecho, la materia prima se calienta y va liberando el aceite esencial,

el cual debido a su alta volatilidad se evapora y al ser soluble en el vapor circundante es “arrastrado” corriente arriba hacia el tope del destilador. La mezcla, vapor saturado y aceite esencial, fluye hacia un condensador mediante una prolongación curvada del conducto de salida del destilador. En el condensador, la mezcla es enfriada hasta la temperatura ambiental, a su salida, se obtiene una emulsión líquida inestable la cual es separada en un decantador dinámico o florentino, éste equipo está lleno de agua fría al inicio de la operación y el aceite esencial se va acumulando debido a su casi inmiscibilidad en el agua y a la diferencia de densidad con la misma (Cerpa, 2007).

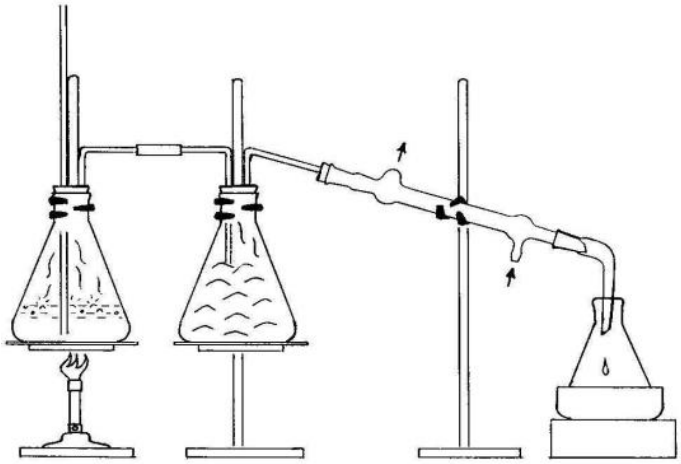

Figura 2.6
Destilación por arrastre con vapor (Cerpa, 2007)

Extracción convencional (Soxhlet)

La extracción convencional se basa en la técnica de arrastre con vapor, ésta trabaja con un solvente inicialmente en estado líquido y a presión atmosférica, eleva su temperatura superando el punto de ebullición, cambia a estado gaseoso para permitir que el vapor penetre en el interior de la materia vegetal y así extraer los componentes de su interior por diferencia de concentración. El

material vegetal y el solvente en estado líquido inicialmente no se encuentran en contacto directo, por esta razón, la tasa de saturación del solvente es baja y el rendimiento del método es alto (Guarnizo, 2008).

A continuación se presenta la Figura 2.7, donde se muestra el equipo de Extracción Convencional con el extractor tipo Soxhlet.

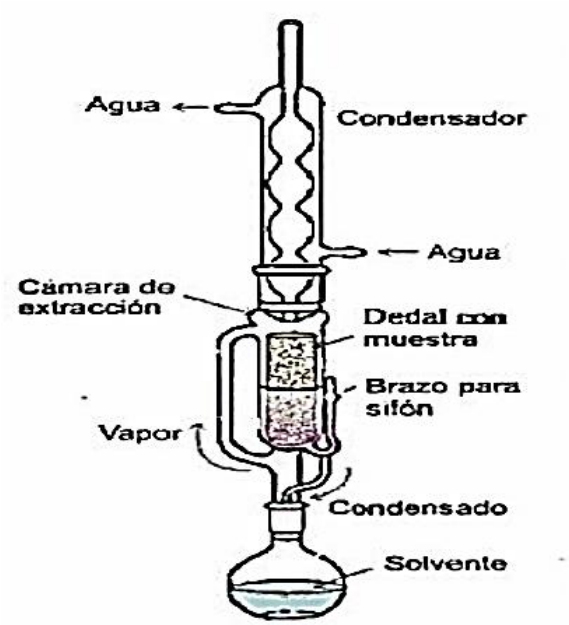

Figura 2.7
Extractor tipo Soxhlet (Guarnizo & Martinez, 2008)

Extracción de prensado en frío

Es una forma de extracción, donde no se aplica un calor adicional al producto crudo. Aunque no sea un método práctico de extracción para todos los aceites vegetales del mercado, es el recomendado como método de extracción preferido, ya que ayuda al aceite a mantener su

estado original en cuanto a constituyentes e intensidad. Cuando en una materia oleaginosa, el contenido graso no excede de un 10 a 12%, no se puede efectuar la extracción del mismo por medio de prensas ni de otros elementos mecánicos, porque la exigua cantidad que se obtendría, si no es una grasa de mucho valor, no compensa el costo de la extracción; y cuando en una materia oleaginosa aquella proporción es solamente un 6 a 7%, su extracción por dichos medios es nula, sea cualquiera la intensidad de presión que se ejerza sobre dicha materia (Parada, 2005).

Los aceites esenciales de cítricos obtenidos por prensado tienen características de olor superiores a los obtenidos por cualquier método de destilación. Esto es debido a la ausencia de calor durante el procesado y a la presencia de componentes que no serían volátiles en el vapor. Son también más estables a la oxidación, ya que contienen sustancias antioxidantes naturales, como tocoferoles, las cuales no son volátiles en el vapor. La ausencia de daño térmico en el aceite es significativa.

A medida que se extrae el aceite se agrega agua para lavarlo de la piel formando un líquido viscoso.
Luego es llevado a un prensado final que separa el aceite de los restos de piel. La solución de aceite se centrífuga a (8000-10000 rpm) para separar la parte viscosa en una emulsión rica en aceite.
La porción lodosa a menudo se descarta, pero la acuosa puede filtrarse y retornar al lavado de la cáscara para la obtención de más aceite. Así, reciclando el agua, se van recuperando las pequeñas porciones de aceite que ésta pudiera arrastrar.

Extracción por extrusión

La extrusión es un método simple por medio del cual es posible obtener un aceite esencial de características muy cercanas al producto natural, porque no se realizan tratamientos térmicos. Sin embargo, esta técnica sólo es aplicable a materiales vegetales que contienen la esencia en grandes cantidades en las células superficiales, por lo general el pericarpio de los frutos cítricos.

Este proceso puede ser efectuado manualmente (prensa) o por medios mecánicos “cold pressing” e involucra la perforación de las glándulas aceiteras en el pericarpio del fruto, la extrusión mecánica y el lavado con agua. El producto como emulsión agua-aceite es impuro debido a la presencia de sustancias proteicas y mucilaginosas, lo que implica una posterior centrifugación (Vargas, 2008)

2.4 Definición de términos básicos

Extracción: Es una operación unitaria de transferencia de materia basada en la disolución de uno o varios de los componentes de una mezcla en un disolvente selectivo. (Costa L & Esplugas V. Mans T. Mata A, 2004)

Caracterización: Se refiere al establecimiento de las características de un material determinado a partir del estudio de sus propiedades físicas, químicas, estructurales, etc. Existen para ello distintas técnicas de caracterización, de acuerdo al interés que despierte dicho material. Una vez conocidas las características del material puede establecerse la naturaleza del mismo, así como sus posibles aplicaciones. (Wikipedia.org, 2012)

Aceite esencial: Son mezclas de varias sustancias químicas biosintetizadas por las plantas, que dan el aroma característico a algunas flores, árboles, frutos, hierbas, especias, semillas. Se trata de productos químicos aromáticos, volátiles por naturaleza (se evaporan

rápidamente) y livianos (poco densos). Son insolubles en agua, levemente solubles en vinagre y solubles en alcohol, grasas, y aceites vegetales. Se oxidan por exposición al aire. Se han extraído más de 150 tipos, cada uno con su aroma propio y «virtudes curativas únicas». Para que den lo mejor de sí, deben proceder de ingredientes naturales brutos y quedar lo más puro posible. El término aceites esenciales puros se utiliza para resaltar la diferencia entre los aceites naturales y los sintéticos.

Semillas de Tamarindo: Son de color café rojizo brillante, tienen aproximadamente 1.25 cm de largo y 0.4 cm de espesor. Las semillas constituyen el 33% del fruto entero.

Aceite vegetal: Es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de las plantas en cuyos tejidos se acumula como fuente de energía.

Solvente orgánico: Son compuestos orgánicos volátiles que se utilizan solos o en combinación con otros agentes, sin sufrir ningún cambio químico, para disolver materias primas, productos o materiales residuales, también se utiliza como agente de limpieza para disolver la suciedad, como disolvente y modificador de la viscosidad.

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

La investigación fue experimental y descriptiva, usando el método científico con el apoyo de la estadística descriptiva.

Esta investigación es experimental porque establece relaciones causa y efecto para confirmar la veracidad o falsedad de las hipótesis que tiene esta investigación. Además es de tipo descriptivo, porque controló las variables que intervienen en el proceso de extracción, para obtener un producto con las propiedades deseadas y así posteriormente caracterizar.

Diseño de la investigación

El diseño es de tipo experimental dentro de la caracterización pre-experimental donde se buscó encontrar la dependencia de las variables independientes en función al resultado de la variable dependiente

3.2 Población y muestra

A. Población:

Tamarindo (*Tamarindus indica*) procedente de Olmos – Lambayeque.

B. Muestra:

Se utilizó 9 Kg de Tamarindo de la variedad dulce del distrito de Olmos procedentes de la empresa CODELSO S.A.C aplicando consentimiento del gerente general de la empresa CODELSO S.A.C.

3.3 Hipótesis

Ho: La extracción por hidrodestilación permite lograr un rendimiento de 4.5% de aceite esencial.

H1: La extracción por hidrodestilación no permite lograr un rendimiento de 4.5% de aceite esencial.

3.4 Operacionalización

Cuadro 3.1.
Operacionalización de las variables para la extracción de aceite esencial de la semilla de Tamarindo

OPERACIÓN	VARIABLES		NIVEL DE ESTUDIO		INSTRU MENTO
EXTRACCIÓN	VARIABLE INDEPENDIENTE Métodos de Extracción	Arrastre con Vapor	Temperatura °C	(120 – 110 – 100)	Equipo de arrastre con vapor
			Cantidad de Agua (L)	(0.8 – 0.6 – 0.4)	
		Soxhlet	Temperatura °C	(120 – 110 – 100)	Equipo Soxhlet
			Cantidad de Solvente (L)	(0.25 – 0.2 – 0.15)	
		Hidrodestilación	Temperatura °C	(120 –110 – 100)	Equipo de Hidro destilación
			Cantidad de Agua (L)	(0.8 – 0.4 – 0.2)	
	VARIABLE DEPENDIENTE	Rendimiento	%		Balance de materia

Fuente: Elaboración Propia

3.5 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Descripción del acondicionamiento de la materia prima

Diagrama de bloques del proceso productivo

Figura 3.1
Diagrama de bloques de la obtención del aceite esencial de la semilla de Tamarindo (Tamarindus indica)

A) **Recepción de materia prima:** Es la etapa inicial del proceso donde se verifica el estado de la materia prima, que este limpia y que cumpla con las características exigidas; se clasifica el producto teniendo en cuenta defectos, como unidades que llegan podridas o magulladas, deformes o que no tengan el estado de madurez óptimo.

B) **Pesado:** El Tamarindo una vez recolectado fue pesado en una balanza marca penn scalz dando un total de 9 kg de semilla.

C) **Limpieza y selección:** La selección se realizó manualmente tomando las semillas en buen estado. La limpieza implicó la separación de piedras y pajas.

D) **Molienda:** Las semillas fueron trituradas en una moledora manual de tornillo sin fin, con la finalidad de reducir el tamaño de partícula y facilitar el drenaje del aceite durante la extracción. Los diferentes tamaños de partículas, se clasificaron mediante el tamiz ASTM E-11 tal como se muestra en la figura 3.3.

Figura 3.3
Molienda de las semillas de Tamarindo (Tamarindus indica) y tamizado

E) Secado: Después de la molienda las semillas fueron secados en estufa por un tiempo de 2 horas a 105°C y bajo sombra (para evitar que la exposición constante de los rayos solares y que se produzca la modificación de los aceites contenidos). Estas partículas se acondicionaron a humedades de 26 %, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de agua} = \frac{\text{Peso de muestra x (Humedad deseada – Humedad de la muestra)}}{\text{100 – Humedad de la muestra}}$$

Figura 3.4
Secado de las semillas de Tamarindo (Tamarindus indica) en la estufa.

F) Extracción con solventes

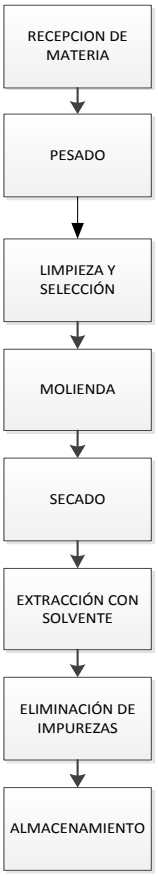

Figura 3.5
Diagrama de bloques de la obtención del aceite vegetal de la semilla de Tamarindo (Tamarindus indica)

Los diferentes tamaños de partícula obtenidos en la molienda fueron tamizados, luego las semilla de Tamarindo se introducen dentro del equipo soxhlet envuelto en papel filtro, en donde la muestra se pone en contacto con el solvente, comenzando la extracción, el proceso continúa hasta que no se observan restos de aceite en el extractor donde está contenida la semilla molida.

G) **Eliminación de impurezas:** El solvente mezclado con el aceite extraído se evaporó en un baño maría haciendo giros del matraz para que actúe de forma similar a un rotavapor, el cual separa el solvente del aceite.

H) **Almacenamiento:** El aceite vegetal extraído se almacenó a 0°C en botellas de vidrio ámbar y protegidas de la luz.

F) Extracción por hidrodestilación

Figura 3.9
Diagrama de bloques de la obtención del aceite esencial de la semilla de Tamarindo (Tamarindus indica)

Se colocó la muestra de las semillas de Tamarindo previamente tamizadas dentro del equipo de hidrodestilación casero la olla a presión con agua.

G) **Eliminación de impurezas:** El hidrolato obtenido se llevó a la pera de decantación en el cual no se observa las 2 fases sino se ve una sola fase indicando que no existe ningún tipo de aceite esencial como se observa en la figura 3.10 por lo cual este método de extracción está descartado.

H) **Obtención de aceite esencial de Tamarindo mediante extracción por arrastre de vapor**

Figura 3.12
Diagrama de bloques de la obtención del aceite esencial de la semilla de Tamarindo (Tamarindus indica)

Se colocó la muestra de las semillas de Tamarindo previamente pasada por el tamiz N° 10 dentro del equipo de arrastre con vapor.

I) **Eliminación de impurezas:** El hidrolato obtenido se llevó a la pera de decantación, en el cual no se observa las 2 fases sino se ve una sola fase con una traza o estela de aceite esencial indicando la presencia del mismo.

3.6 Procedimiento para la recolección de datos

3.6.1 Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de las semillas de Tamarindo:

A) Determinación del porcentaje de humedad:

Según Official Methods of Analysis. A.O.A.C. 15th Edition 1990.

Se colocó la cápsula destapada y la tapa durante al menos 1 hora en la estufa a 105°C, empleando pinzas, trasladar la cápsula tapada al desecador y dejar enfriar durante 30 a 45 min. Pesar la cápsula vacía. Registrar (P1). Pesar 10 g de muestra previamente homogeneizada. Registrar (P2). Colocar la muestra con cápsula destapada en la estufa por 1 hora a 105°C. Se retiró de la estufa, enfriar en desecador durante 30 a 45 min. Registrar (P3).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P2 - (P3 - P1)}{P2} \times 100$$

Donde:

P1: Peso inicial de la cápsula de porcelana vacía en g

P2: Peso de la muestra en g.

P3: Peso de la muestra más peso de la cápsula de porcelana (g)

B) Determinación del porcentaje de cenizas:

Según Método directo (A.O.A.C, 923.03, 1990).

Se pesó un crisol. Registrar (P1). Pesar 5 g de muestra previamente homogeneizada. Registrar (P2). Colocar la muestra en una cocina eléctrica hasta que se incinere y ya no salga más humo, luego colocó dentro de una mufla a 550°C hasta obtener cenizas gris claro. Enfriar en el desecador y pesar cuando alcance la temperatura ambiente (aprox. 45 minutos). Registrar (P3)

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P3 - P1}{P2} \times 100$$

Donde:

P1: Peso inicial del crisol vacío en g

P2: Peso de la muestra en g.

P3: Peso de la muestra más peso del crisol en g

C) Determinación del porcentaje de proteínas:

Se pesó 0.3 g de muestra, luego se agregó 3 perlas de vidrio, 9 g de sulfato de sodio, 1 g de sulfato cúprico y 4 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se llevó a la campana extractora de gases hasta que esté completamente transparente, se agregó 150 ml de agua destilada, además se añadió 10 ml de hidróxido de sodio al 40% y se agregó 3 gotas de fenoltaleína, cuando cambie de color de rojo claro a verde se calculó un tiempo de 10 minutos y se verificó si su ph es ácido por último se llevó a titular con HCl 0.1 N.

$$\%N = \frac{1.4 \times N \times V}{M}$$

V: Gasto de HCl 0.1N

M: peso de la muestra en g

N: Normalidad del HCl 0.1 N

% Proteína = % N x Factor de conversión (6.25) para pasar de contenido en nitrógeno a contenido en proteínas.

3.6.2 Caracterización de las propiedades fisicoquímicas del aceite obtenido por el método soxhlet:

A) Determinación del rendimiento

Se determinó el rendimiento del aceite esencial para cada lote, promediando los rendimientos encontrados en cada corrida de extracción, determinándose con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{\text{Aceite obtenido (ml)}}{\text{Peso inicial de la muestra (g)}} \times 100$$

B) Índice de refracción

Según Método Official Method 921. 08: 1995

Se empleó el refractómetro tipo ABBE, que determina la relación entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción del aceite.

Se colocó cuidadosamente una gota de aceite esencial, con la varilla de vidrio, formando una capa entre el par de prismas abatible del refractómetro a 20º C y se cierra éste rápidamente.

Al cabo de un minuto, a 20º C se mide el ángulo límite y se lee el ángulo de refracción n.

C) Densidad y densidad relativa

Según método AOAC Official Method 920. 212: 1995.

Se realizó el pesado los frascos antes y después del llenado con agua destilada, la muestra de aceite esencial debe estar a 20°C.

Las determinaciones se realizaran de acuerdo a lo establecido por la Norma Técnica Peruana, NTP-ITINTEC con código 319.081, que se basa en el método de la picnometría.

$$\textbf{Densidad del aceite} = \frac{P''-P}{P'-P} \times D_{H2O} \ (g / ml)$$

P = peso en g del picnómetro vacío.

P' = peso en g del picnómetro lleno con agua a 20ºC.

P'' = peso en g del picnómetro lleno con aceite a 20ºC.

D = densidad del agua a 20ºC.

D) Índice de acidez

Según lo establecido por la Norma Técnica Peruana, NTP-ITINTEC con código 319.085, se neutralizó los ácidos libres contenidos en 1 g de aceite esencial mediante una alícuota de la solución alcohólica de hidróxido de sodio (0,1 N).

Se pesó 5 g de muestra y se disolvió en 50 ml de etanol caliente con 2 gotas de fenolftaleína. Luego titular con NaOH 0,1 N hasta que cambie a un color débilmente rosa o hasta que el

potenciómetro marque 8.2 el cual debe persistir durante 30 segundos.

$$\textbf{Índice de acidez} = \frac{V \times N\ (0{,}1\ eq/L) \times 1L / 10^3\ ml \times 282\ g/eq \times 100}{\textbf{Peso de muestra (g)}}$$

Donde:

N: Normalidad (eq /L)

V: Volumen gastado de NaOH (ml)

$$\%\ \text{ácidos libres (Oleico)} = \frac{V \times N \times 28.2}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

Donde:

N: Normalidad (eq /L)

V: Volumen gastado de NaOH (ml)

M: 28.2 es la masa molecular del ácido oleico

E) Índice de Yodo (Método de Wijs):

Método AOAC-1990 920-159.

Se pesó 0,5 g de aceite en un Erlenmeyer de 250 ml con tapa y se agregó 10 ml de tetracloruro de carbono, 25 ml de solución de Wijs, se agitó suavemente y se dejó reposar en un lugar oscuro durante 30 minutos. Se añadió 10 ml de ioduro de potasio (KI) al 15% luego se agregaron 100 ml de agua destilada. Se tituló lentamente con solución valorada $Na_2S_2O_3$ 0,1 N hasta casi

decoloración de la solución; se añadió unas gotas de almidón al 1% y se continuó la titulación hasta la desaparición del color azul; se hizo una determinación en blanco.

$$II = \frac{(B - M) \times N \times 12.69}{W}$$

Donde:

II: índice de yodo

M: ml. De la solución gastada de tiosulfato en la muestra

B: ml. De la solución gastada de tiosulfato en el blanco.

N: Normalidad de la solución de tiosulfato

W: gramos de muestra de aceite

F) Índice de peróxido:

Método AOAC-1990 965.33.

Se pesó 5 g de muestra en un Erlenmeyer de 250 ml con tapa esmerilada. Se agregó 30 ml de cloroformo / ácido acético (1:3), 0,5 ml de solución saturada de ioduro de potasio, se agregó 30 ml de agua y se tituló el yodo liberado con tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$) 0.1 N hasta que cambie a un color amarillo pajizo, agregar 0,5 ml de solución de almidón al 1% volviéndose azul y titular hasta que el color azul desaparezca.

$$IP = \frac{(M - B) \times N \times 1000}{W}$$

Donde:

IP: Índice de peróxido (meq O_2/ Kg de grasa)

M: Gasto de la solución de tiosulfato en la muestra

B: Gasto de la solución de tiosulfato en el blanco

W: Peso de la muestra (g)

G) Índice de saponificación:

Se pesó 5 g de aceite en un matraz de 250 ml de capacidad. Se añadió 50 ml de la solución etanólica de KOH y se sometió a reflujo suavemente hasta que se complete la saponificación (unos 30 minutos). Se enfrió y se tituló el exceso de álcali con HCl 0,5 N; se hizo una determinación en blanco.

$$IS = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 56,1 \text{ g/eq}}{G}$$

Donde:

V_1: ml de HCl gastados en la valoración del ensayo en blanco

V_2: ml de HCl gastados en la valoración de la muestra

N: Normalidad de la solución de HCl

G: Peso de la muestra en gramos (g)

H) Cromatografía de gases acoplados a masas:

Las condiciones fueron:

El análisis de ácidos grasos se realizó en el equipo JEOL JMS 600H Agilest 68g ON, equipado con 30 m × 0,32 MMHP-5 columna, con base fija revestida con 0.50µm. La temperatura de la columna se mantuvo a 250 ° C durante 2 min, con el aumento en 5 ° C por minuto hasta temperatura del inyector 250 ° C, relación de división 1:35, el gas portador (helio) de flujo 1,8 ml tasa / min. Los compuestos fueron identificados por la intensidad GC-MS de tiempo de retención (RT) y se hizo una

comparación con la información de una base de datos estándar de 2010. Los resultados se expresaron como el porcentaje relativo de cada ácido graso individual presente en la muestra por el tiempo de retención correspondiente.

3.7 Análisis estadístico e interpretación de datos

El análisis de los datos estadisticos recolectados, se realizo con el apoyo del programa Minitab 16.

El cual permitió el análisis y modelado en función de las variables independientes, así como su interacción, para la variable dependiente (variables respuesta).

Se usó un diseño completamente al azar siendo los resultados obtenidos sometidos a un análisis de varianza y se comparó las medias. La matriz de diseño de experimentos se realizó con la ayuda del programa Minitab 16.

Cuadro 3.2.
Condiciones sometidas a las variables independientes para obtener el rendimiento (variable dependiente)

Variables independientes			Variable dependiente
	Temperatura del medio de calefacción (°C)	**Cantidad de solvente (ml)**	**Rendimiento de aceite esencial (%)**
Método Soxhlet	120	250	
		200	
		150	
	110	250	
		200	
		150	
	100	250	
		200	
		150	
Arrastre con Vapor	120	800	
		600	
		400	
	110	800	
		600	
		400	
	100	800	
		600	
		400	
Hidrodestilación	120	800	
		400	
		200	
	110	800	
		400	
		200	
	100	800	
		400	
		200	

Fuente: Minitab 16

3.8 Criterios éticos

Para la presente investigación se utilizó de manera determinante los siguientes principios:

1. El principio de la autonomía, que defiende el derecho de toda persona a decidir por sí misma en todo lo que le afecte de una u otra manera, con conocimiento de causa y sin coacción de ningún tipo. Determinando también el correspondiente deber de cada uno de respetar la autonomía de los demás.

2. El principio de beneficencia, derecho de toda persona de vivir de acuerdo con su propia concepción de la vida, a sus ideales de perfección y felicidad. Íntimamente relacionado con el principio de autonomía, determinado el deber de cada uno de buscar el bien de los otros.

3. El principio de justicia, derecho de toda persona a no ser discriminada por consideraciones culturales, ideológicas, políticas, sociales o económicas. Determina el deber correspondiente de respetar la diversidad en las materias mencionadas y de colaborar a una equitativa distribución de los beneficios y riesgos entre los miembros de la sociedad.

3.9 Criterios de rigor científico

1. Confirmabilidad

Comparar la información, pistas o ruta, de otras investigaciones a través de un registro y documentación completa de las decisiones e ideas del investigador en relación con el estudio. Esta estrategia permitió examinar los datos y llegar a conclusiones iguales o similares, siempre y cuando se tengan perspectivas análogas.

2. Transferibilidad

La transferibilidad o aplicabilidad, da cuenta de la posibilidad de ampliar los resultados del estudio a otras poblaciones. Se trata de examinar qué tanto se ajustan los resultados a otro contexto.

3. La validez

Es la función que permite al investigador desarrollar la capacidad de un procedimiento de tener como efecto una respuesta correcta, es decir, el grado en que los resultados de la investigación son interpretados correctamente. En este orden de ideas, la validez permite saber si el investigador observo realmente lo que pensaba observar. En otras palabras, si los datos y medidas observados son las que se observaron y si los fenómenos están bien definidos. Si las variables que lo identifican reciben las denominaciones correctas, se puede señalar una validez concerniente a la exactitud.

Si los datos corresponden exactamente a lo que pretenden representar se denomina validez interna.

4. Confiabilidad

La confiabilidad, de los resultados de la investigación definidos por la perspectiva de un reconocimiento de medición que va a producir la misma respuesta: en otros términos referido al grado de que el resultado de la investigación es independiente de las circunstancias accidentales de la investigación. La confiabilidad se orientó al nivel de concordancia interpretativa entre diferentes observadores y evaluadores.

CAPITULO IV: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

4.1.1 Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de las semillas de Tamarindo:

Tabla 4.1
Propiedades fisicoquímicas de las semillas de Tamarindo.

Propiedades	Unidades	Resultados
Humedad	%	26.1 ± 0.26
Cenizas	%	2.7 ± 0.14
Proteínas	%	10.78 ± 1.23

Fuente: Elaboración propia

La humedad en promedio de la semilla de Tamarindo fue de 26.05 % lo cual difiere en la humedad en pulpa como lo menciona (Orozco S, 2009) el cual menciona que la humedad en la pulpa es de 20%.asi mismo el contenido de humedad en la semilla varía en función de la humedad relativa y la temperatura del medio ambiente porque las semillas son higroscópicas absorben humedad del medioambiente o pierden humedad hasta que se establezca un equilibrio entre el contenido de humedad de la semilla y la humedad relativa del medio ambiente. Su desviación estándar fue de 0.26 el cual nos dice que el método para determinar la humedad es el adecuado.

El contenido promedio de ceniza es de 2.7%, el cual difiere a lo mencionado por (Orozco S, 2009) el cual menciona que el contenido de cenizas en semilla es de 4.1 % la diferencia en cuanto al contenido de cenizas se debe a los diferentes nutrientes que tiene el suelo, como el potasio, sodio, calcio y magnesio estos minerales se

encuentran en mayor proporción y soportan altas temperaturas. Además su desviación estándar fue de 0.14 el cual nos dice que el método para determinar las cenizas es un método adecuado y es fácil de realizar.

El resultado obtenido por contenido de proteína fue de 13.3 % según lo reportado por (Orozco S, 2009) a diferencia del resultado obtenido en la investigación que fue de 10.78%, estas variaciones entre el contenido de proteínas se debe a las condiciones edafológicas y climáticas en las que fueron crecidas las plantas. El estado vegetativo o la madurez fisiológica de las mismas llegan a variar la composición química de las semillas.
Por ejemplo, un alto contenido de nitrógeno en el suelo se debe a la adición de estiércol, el cual aumenta el contenido proteico a nivel de las hojas y demás partes de la planta.

A. Determinación del rendimiento:

Extracción soxhlet:
Se utilizó 50 g de muestra tamizada y luego se colocó en el equipo soxhlet usándose como solvente el acetato de etilo. También se utilizó 50 g de muestra cuyo solvente fue alcohol la comparación en cuanto al rendimiento de aceite se puede visualizar en la Tabla 4.2:

Tabla 4.2

Porcentaje de rendimiento con el uso de 2 solventes por el método de soxhlet

Solventes	Cantidad de muestra (g)	Cantidad de solvente (ml)	Temperatura de extracción (°C)	Volumen de aceite vegetal obtenido (ml)	Rendimiento de aceite vegetal (%)
Acetato de Etilo	50	250	120	2	4
	50	200	110	1.8	3.6
	50	150	100	1.7	3.4
Promedio					3.6
Desviación estándar					0.3055
Alcohol	50	250	120	7	14
	50	200	110	6.5	13
	50	150	100	6.3	12.6
Promedio					13.2
Desviación estándar					0.7211

Fuente: Elaboración propia

El mayor rendimiento de aceite vegetal fue de 14% con el uso de 250 ml de alcohol y a una temperatura de 120°C. Este resultado a su vez nos indica que entre los 2 tipos de solventes utilizados el alcohol nos proporciona 7 un rendimiento promedio 13.2%, el resultado no es el esperado porque se esperaba extraer aceite esencial y no aceite vegetal debido a que el aceite esencial se volatiliza y se pierde quedando el aceite vegetal. Posteriormente se procedió analizar su composición fisicoquímica, tal como se muestra en la Tabla 4.1 y la Tabla 4.9.

Los resultados obtenidos del método de soxhlet se llevaron al programa Minitab 16 obteniendo los siguientes resultados en las Tablas 4.3 y 4.4.

Tabla 4.3
Análisis de Varianza (ANAVA) aplicado a los 2 tipos de solventes utilizados en el método de soxhlet.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	1	136.327	136.327	444.54	0.000
Error	4	1.227	0.307		
Total	5	137.553			

Fuente: Minitab 16

S = 0.5538 R-cuad. = 99.11% R-cuad. (Ajustado) = 98.89%

En esta tabla se observa que el valor de F es mayor que el valor P el cual nos indica que existe diferencia significativa entre los 2 tipos de solventes utilizados en la extracción por el método de soxhlet.

Tabla 4.4
Agrupación de información usando el método de Tukey.

	N	Media	Agrupación	
Alcohol	3	13.200	A	
Acetato de Etilo	3	3.667		B

Fuente: Minitab 16

En la Tabla 4.4 se observa estadísticamente que con el alcohol se extrae más aceite vegetal por ser estadísticamente diferentes. Además las letras al ser diferentes nos indican que el rendimiento entre ambos solventes también es diferente.

Hidrodestilación:

Se colocaron diferentes cantidades de muestras a diferentes parámetros (Tabla 4.5) en una olla a presión modificada con un serpentín de cobre para poder condensar el aceite.

Tabla 4.5

Porcentaje de rendimiento de aceite esencial de las semillas de Tamarindo por hidrodestilación

Tratamientos	Muestra (g)	Cantidad de agua (ml)	Temperatura (°C)	Presión (Psi)	Rendimiento de aceite esencial (%)
1	200	800	120	4.7	0
2	100	400	110	3.6	0
3	50	200	100	2.2	0

Fuente: Elaboración propia

Se utilizaron diferentes cantidades de muestras, cantidad de agua, temperatura, de los cuales se obtuvo un rendimiento del 0% de aceite esencial porque las semillas junto con el agua se aglomeran entre sí debido a su contenido de pectina y pequeñas cantidades de gomas haciéndolo viscoso haciendo que se obstruya la salida del vapor y al mismo tiempo el vapor sale con pequeñas cantidades de solutos disueltos, por lo tanto se considera este método de extracción no es viable.

Arrastre de vapor:

Las semillas se pasaron por un tamiz N° 10 para tener un tamaño uniforme y al mismo tiempo para evitar que se obstruya la entrada de vapor.

Tabla 4.6

Porcentaje de rendimiento de aceite esencial de las semillas de Tamarindo por arrastre de vapor

Tratamientos	Muestra (g)	Cantidad de agua (ml)	Temperatura (°C)	Rendimiento de aceite esencial (%)
1	400	800	120	0
2	300	600	110	0
3	200	400	100	0

Fuente: Elaboración propia

Se utilizaron diferentes cantidades de muestras, cantidad de agua y temperaturas, de los cuales se obtuvo un rendimiento del 0% de aceite esencial, sólo se observó la presencia del aceite esencial en forma de trazas, por lo tanto se considera este método de extracción no es recomendable a nivel de laboratorio.

El análisis realizado fue usando el método de Tukey obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4.7

Análisis de Varianza (ANAVA) aplicado a los 3 métodos de extracción.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	2	0	0	*	*
Error	6	0	0		
Total	8	0			

Fuente: Minitab 16

S = 0 R-cuad. = *% R-cuad. (Ajustado) = *%

En la Tabla 4.7 se observa que no hay interacción entre un método y otro porque el rendimiento es 0% por tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir no se logra un rendimiento del 4.5% de aceite esencial.

Tabla 4.8

Agrupación de información usando el método de Tukey.

	N	Media	Agrupación		
Hidrodestilación	3	0	A		
Arrastre con vapor	3	0		B	
Método de soxhlet	3	0			C

Fuente: Minitab 16

En la tabla 4.8 se observa que los 3 métodos de extracción son estadísticamente diferentes, los cuales están indicados por las diferentes letras.

4.1.2 Caracterización de las propiedades fisicoquímicas del aceite vegetal de Tamarindo extraído con alcohol por el Método soxhlet:

Después de realizar los 3 métodos de extracción y habiendo verificado se llega a la conclusión de que el método soxhlet presento el mayor rendimiento, es el tratamiento que se decide caracterizar, se precisa que la temperatura de trabajo en 120°C, los análisis se indican en la tabla 4.9:

Tabla 4.9
Propiedades fisicoquímicas del aceite vegetal obtenido por el método soxhlet

Propiedades	Unidades	Resultados
Índice de refracción		1.39181 ± 0.02
Densidad	g /ml	0.91 ± 0.01
Índice de acidez	mg OH / g	2.6928 ± 0.11
Ácidos grasos libres (Oleico)	%	1.3536 ± 0.05
Índice de yodo	gl /100g	93.703 ± 0.93
Índice de peróxido	meq O_2 / Kg de grasa	4.64 ± 0.38
Índice de saponificación	mg KOH / g de grasa	186.12 ± 0.45

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un índice de refracción promedio de 1.39181 el cual nos indica un grado de pureza, es decir no ha sufrido ningún tipo de adulteración la muestra analizada.

Cuanto mayor es la densidad del medio, menor es la velocidad de la luz en dicha sustancia. La desviación estándar fue de 0.02198 indicando que los resultados cumplen la condición de repetitividad y a la vez nos dice que el método usado es confiable.

La densidad es de 0.91g/ml el cual nos quiere decir según la Norma Técnica Peruana 319.081 (1974) que los aceites con una densidad que fluctúa entre 0.6969 a 1.118 g/ml generalmente son ricos en hidrocarburos, alcoholes, aldehídos y cetonas, es decir existe la presencia de aceite esencial. Además la desviación estándar fue de 0.0122 indicando que este método del picnómetro es confiable para medir la densidad.

El índice de acidez y el contenido de ácidos grasos libres está directamente relacionado, el índice de acidez en promedio fue de 2.6928 mg NaOH/g el cual nos indica que se necesita esta misma

cantidad para neutralizar la acidez libre en 1 gramo de muestra, también este índice nos dice que sí se puede comercializar evitando que la temperatura, aire o luz provoquen reacciones de descomposición asimismo un mal manejo en el almacenamiento o durante su procesamiento, generan reacciones que se ven reflejadas en su grado de oxidación, lo que puede provocar que se eleve su acidez. El porcentaje de acidez es una medida del contenido de los componentes ácidos en el aceite. Los ácidos grasos libres son formados durante la oxidación, hidrólisis y pirolisis, como resultado del rompimiento de los triglicéridos. Además la desviación estándar fue de 0.11415 el cual nos indica que los resultados obtenidos son confiables porque el método que se utilizó es relativamente fácil para repetirlo.

El porcentaje de ácido oleico fue de 1.3536 % el cual según la Norma Técnica Peruana 319.085 (1974) dice que el porcentaje de acidez es sumamente variable, en condiciones adecuadas los aceites no deben presentar valores superiores a 0.4 - 0.5 % en ácido oleico. En general se toma como limite la acidez de 1% en ácido oleico para calificar comercialmente aceites finos o calidad extra. Sin embargo, el aceite obtenido no puede considerarse comestible por sobrepasar el rango máximo permitido para el consumo humano. La desviación estándar fue de 0.05738 el cual nos indica que los resultados obtenidos son confiables porque el método que se utilizó es relativamente fácil para repetirlo.

El índice de yodo promedio fue de 93.703 gl/ 100g el cual nos indica que es un aceite no secante y a su vez tiene una pureza alta.
De este valor se puede inferir que, es un aceite instaurado, este es un aspecto importante ya que estudios han determinado que cuanto

mayor es el grado de instauración de un aceite y mayor su tasa de penetración en la piel reduciendo la perdida de agua de la piel. La desviación estándar fue de 0.9394 el cual nos indica que el método usado para la determinación de yodo es algo complicado de realizar pero los resultados obtenidos si son confiables.

El índice de peróxidos obtenido fue en promedio de 4.64 meq O_2/Kg de grasa el cual significa que el aceite está en buenas condiciones para su uso según la norma según el Codex alimentario el cual señala que se debe de considerar un valor máximo de peróxido en aceites de 10 meq O_2/Kg, valores superiores a estos, se debe considerar al aceite de mala calidad. Como consecuencia de ello, si el índice de peróxidos es mayor menor será la capacidad antioxidante de un aceite. La desviación estándar fue de 0.38471 el cual nos indica que el método usado para la determinación de peróxido es poco complicado de realizar pero los resultados obtenidos si son confiables.

El índice de saponificación obtenido fue en promedio de 186.12 mg KOH / g de grasa, el cual nos indica que para convertir 2 gramos de aceite en jabón se necesitan en promedio unos 186.12 mg de KOH. Por otro lado el aceite está en buenas condiciones para su uso alimentario según la norma según el Codex alimentario el cual señala que para aceites rancios esta desde los 190 mg KOH / g de grasa (FAO, 2001). La desviación estándar fue de 0.45027 el cual nos indica que el método usado para la determinación del índice de saponificación no es difícil de repetir y por tanto los resultados obtenidos si son confiables.

A. Análisis cromatográfico del aceite vegetal extraído con alcohol por el método soxhlet:

Los ácidos grasos presentes en el aceite vegetal obtenidos de las semillas de Tamarindo fueron:

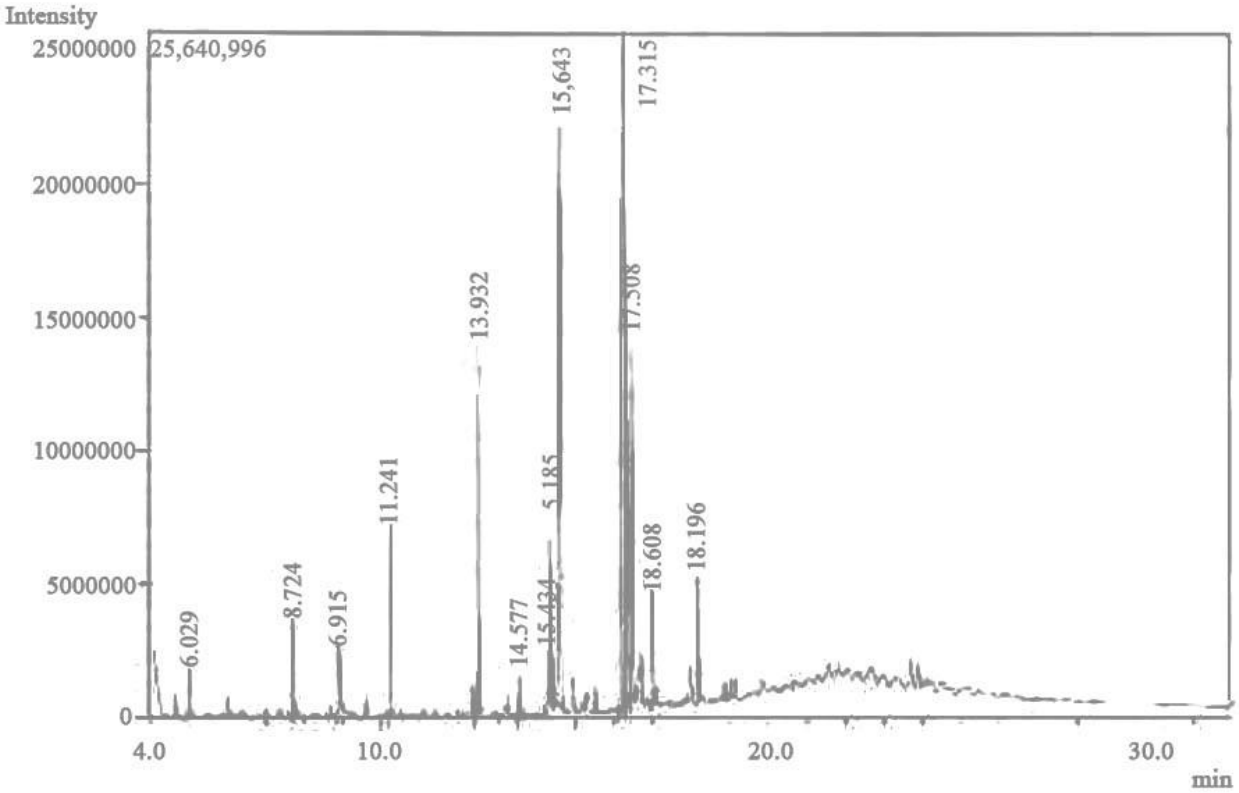

Figura 4.1
Cromatograma como resultado del cromatógrafo de gases acoplado a masas de las semillas de Tamarindo (Tamarindus indica)
Fuente: DIVINCRI – LIMA

El cromatograma en la Fig. 4.1 se comparó con una base de datos que determina la composición de ácidos grasos, los cuales fueron: ácido mirístico (C14: 1) seguido del ácido linoleico (C18: 2), ácido esteárico (C18: 0), ácido láurico (C12: 0), ácido octanoico C8: 0), ácido oleico (C18: 1), ácido lignocérico (C24: 0),

el ácido palmítico (C16: 0), el ácido araquidónico (C20: 0) y ácido behénico (C22: 0).

Siendo el ácido linoleico y el ácido linolénico son los más importantes ácidos grasos esenciales necesarios para el crecimiento fisiológico, funciones y mantenimiento de nuestro organismo. Los valores de algunos de los grasos pueden variar debido a las variaciones en cuanto a las condiciones ambientales en las que las plantas se desarrollan. Los niveles de ácidos grasos se sabe que varían en gran medida con la temporada y la ubicación geográfica.

Tabla 4.10

Ácidos grasos presentes en el aceite obtenido de las semillas de Tamarindo (Tamarindus indica)

Ácidos grasos saturados		**Porcentaje (%)**
Araquídico	(C20:0)	0.06
Behénico	(C22:0)	0.02
Lignocérico	(C24:0)	0.14
Mirístico	(C14:1)	1
Palmítico	(C16:0)	0.13
Esteárico	(C18:0)	0.4
Octanoico	(C8:0)	0.3
Ácidos grasos insaturados		
Linoleico	(C18:2)	0.41
Láurico	(C12:0)	0.32
Oleico	(C18:1)	0.19

Fuente: DIVINCRI – LIMA

La letra C junto al número, luego dos puntos y otro número, nos indica el número de carbonos y el número de enlaces doble que tiene el ácido graso.

El porcentaje de ácidos grasos saturados fue mayor a los ácidos grasos insaturados por lo tanto se considera que no es muy bueno para el consumo humano debido a que los ácidos grasos saturados son estables y permanecen sólidos a temperatura ambiente ocasionando enfermedades coronarias. Los ácidos grasos encontrados se relacionan con un estudio de (Lafont & Páez, 2011)

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

No se pudo determinar el rendimiento del aceite esencial de las semillas de Tamarindo por ninguno de los métodos de extracción empleados.

No se pudo caracterizar las propiedades físico-químicas del aceite esencial.

5.2 Recomendaciones

Utilizar el equipo de arrastre con vapor a una escala industrial para poder obtener el aceite esencial de las semillas de Tamarindo.

No utilizar el equipo soxhlet debido a que el aceite esencial se pierde por evaporación y al mismo tiempo se contamina.

Hacer estudios posteriores para poder obtener pectina a partir de las semillas de Tamarindo (*Tamarindus indica*) porque su contenido de pectina es alto.

BIBLIOGRAFÍA

Bandoni C. (22 de 04 de 2000). *Agroind.unitru.edu.pe.* Obtenido de Agroind.unitru.edu.pe: http://agroind.unitru.edu.pe/investigaciones/tesises/rendimiento_y_caracteristicas_fisicoquimicas_de_aceite_esencial_de_cedron_(aloysia_triphylla).pdf

Bibekananda M, D. D. (2013). Evaluation of in vitro antioxidant and antimicrobialproperties of hydroalcoholic and aqueous seedsextracts of Tamarindus indica l. *world journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*, 436.

Cavitch. (10 de Octubre de 2014). *www.bibdigital.epn.edu.ec.* Obtenido de www.bibdigital.epn.edu.ec: http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8645/1/CD-5815.pdf

Cerpa D, A. (04 de 08 de 2007). *Tesis.unjbg.edu.pe.* Obtenido de Tesis.unjbg.edu.pe: http://tesis.unjbg.edu.pe:8080/bitstream/handle/unjbg/285/170_2013_Aliaga_Mamani_PA_FACI_Microbiologia_2013.pdf?sequence=1

Civantos. (14 de Mayo de 1992). *www.tesis.unjbg.edu.pe.* Obtenido de www.tesis.unjbg.edu.pe: http://tesis.unjbg.edu.pe:8080/bitstream/handle/unjbg/294/178_2013_Sihuayro_Larico_D_FCAG_Alimentarias_2013.pdf?sequence=2

Costa L, C. M., & Esplugas V. Mans T. Mata A, .. (2004). *Introducción a los procesos, las operaciones unitarias y los fenómenos de transporte.* Barcelona: Reverté S.A.

Diaz Q. (16 de 12 de 2007). *Agroind.unitru.edu.pe.* Obtenido de Agroind.unitru.edu.pe: http://agroind.unitru.edu.pe/investigaciones/tesises/rendimiento_y_caracteristicas_fisicoquimicas_de_aceite_esencial_de_cedron_(aloysia_triphylla).pdf

Escudero C. (05 de 10 de 2008). *Repositorio.ute.edu.ec.* Obtenido de Repositorio.ute.edu.ec: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/9368/1/35690_1.pdf

Essential oils Peru. (25 de Marzo de 2014). *aceitesesenciales-eop.com.* Recuperado el 18 de Mayo de 2014, de aceitesesenciales-eop.com: http://www.aceitesesenciales-eop.com/es/pdf/metodos_de_extraccion.pdf

García, M. A., & Sánchez Bermúdez, M. Y. (2009). *extracción y caracterización de la oleorresina del orégano (Origanum vulgare).* Colombia.

Guarnizo P, M. O. (18 de 06 de 2008). *Saber.ucv.ve.* Obtenido de Saber.ucv.ve: http://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/123456789/5341/1/Trabajo%20Especial%20de%20Grado%20Luis%20Fuentes.pdf

Guarnizo, M. (18 de 06 de 2008). *Saber.ucv.ve.* Obtenido de Saber.ucv.ve: http://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/123456789/5341/1/Trabajo%20Especial%20de%20Grado%20Luis%20Fuentes.pdf

Guerra C. (10 de 04 de 2004). *Tesis.unjbg.edu.pe.* Obtenido de Tesis.unjbg.edu.pe: http://tesis.unjbg.edu.pe:8080/bitstream/handle/unjbg/285/170_2013_Aliaga_Mamani_PA_FACI_Microbiologia_2013.pdf?sequence=1

Günther. (20 de 04 de 1948). *Scribd.com.* Obtenido de Scribd.com: http://es.scribd.com/doc/150966558/Extraccion-de-Esencia-para-Elaboracion-de-Ambientadores-docx

Günther L. (20 de 04 de 1948). *Scribd.com.* Obtenido de Scribd.com: http://es.scribd.com/doc/150966558/Extraccion-de-Esencia-para-Elaboracion-de-Ambientadores-docx

Hamidreza H, H. Z. (2011). A stereological study of effects of aqueous extract of Tamarindus indica seeds on pancreatic islets in streptozotocin-induced diabetic rats. *Pubmed.gov*, 82.

Hasan S. (21 de 03 de 1972). *catarina.udlap.* Obtenido de catarina.udlap: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mca/gomez_p_o/capitulo4.pdf

Jimenez D. (08 de 09 de 1983). *Repositorio.ute.edu.ec.* Obtenido de Repositorio.ute.edu.ec: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/9368/1/35690_1.pdf

Kalra P, S. S. (2011). Antiulcer effect of the methanolic extract of Tamarindus indica seeds in different experimental models. *Pubmed.gov*, 89.

Lewis Y, N. (18 de 07 de 1961). *Eurekamag.com.* Obtenido de Eurekamag.com: http://eurekamag.com/research/014/132/014132973.php#close

Luis Rios, G. L. (2007). extracción y caracterización de aceite de cardamomo (Elettaria cardamomum). *DYNA*.

Maiti R, A. K. (2012). Antioxidant Potency of Aqueous Methanol Extract of Seed of Tamarindus indica for the Management of Streptozotocin induced Diabetes Mellitus in Rat. *Ijrpbsonline*, 368.

Martínez, M. L. (2010). *extracción y caracterización de aceite de nuez (Juglans regia L.): influencia del cultivar y de factores tecnológicos sobre su composición y estabilidad oxidativa.* Córdoba.

Melbourne it, L. D. (6 de Octubre de 2001). *botanical-online.com*. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de botanical-online.com: http://www.botanical-online.com/Tamarindo.htm

Menacho, D. L. (5 de Julio de 2010). *uns.edu.pe.* Recuperado el 6 de Mayo de 2014, de uns.edu.pe:

http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/guia_aceites_2013.pdf

Meza, V. (20 de 02 de 2011). *Lamolina.edu.* Obtenido de Lamolina.edu: http://www.lamolina.edu.pe/eventos/cemtrar/compost/presentaciones/4.pdf

Moreno. (10 de Octubre de 2014). *www.bibdigital.epn.edu.ec.* Obtenido de www.bibdigital.epn.edu.ec: http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8645/1/CD-5815.pdf

National Academy of Sciences. (03 de 10 de 1979). *Repositorio.ute.edu.ec.* Obtenido de Repositorio.ute.edu.ec: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/9368/1/35690_1.pdf

National Academy of Sciences. (03 de 10 de 1979). *Repositorio.ute.edu.ec.* Obtenido de Repositorio.ute.edu.ec: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/9368/1/35690_1.pdf

Navarrete, C., Gil, J., Durango, D., & García, C. (2010). Extracción y caracterización del aceite esencial de mandarina obtenido de residuos agroindustriales. *Dyna*, 85-92.

Orozco S. (14 de 06 de 2009). *Repositorio.ute.edu.ec.* Obtenido de Repositorio.ute.edu.ec: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/9368/1/35690_1.pdf

Parth B, V. M. (2011). Invivo Evaluation Of Antiarthritic Activity Of Seed Coat Of Tamarindus Indica Linn. *Ebscohost*, 36.

Parth B, V. M. (2011). invivo evaluation of antiarthritic activity of seed coat of tamarindus indica linn. *Ebscohost*, 36.

Pasache, A. J. (3 de Agosto de 2009). *SCRIBD.COM.* Recuperado el 4 de Mayo de 2014, de SCRIBD.COM:

http://es.scribd.com/doc/220543374/Trabajo-de-Taller-de-Decinfectantes

Sanín Ortiz Grisales, S. C. (2009). Extracción y caracterización de aceite de semillas de zapallo. *Rivistas Universidad nacional de Colombia*.

scielo.cl. (30 de Diciembre de 2013). *scielo.cl.* Recuperado el 15 de Abril de 2014, de scielo.cl: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642011000100007

Stashenko P. (04 de 03 de 1998). *Agroind.unitru.edu.pe.* Obtenido de Agroind.unitru.edu.pe: http://agroind.unitru.edu.pe/investigaciones/tesises/rendimiento_y_caracteristicas_fisicoquimicas_de_aceite_esencial_de_cedron_(aloysia_triphylla).pdf

Trademap. (11 de 08 de 2012). *Trademap.org*. Obtenido de Trademap.org: http://www.trademap.org/Index.aspx?lang=es

Valdez, V. (2012). Aprovechamiento de residuos industriales: pasado, presente y futuro. *Biotecnologia*, 16 - 19.

Vargas D, B. L. (2008). *Tesis.unjbg.edu.pe.* Obtenido de Tesis.unjbg.edu.pe: http://tesis.unjbg.edu.pe:8080/bitstream/handle/unjbg/121/14_Llanos_Arapa_SK_FCAG_IndustriasAlimentarias_2012.pdf?sequence=1

Vargas, B. (2008). *Tesis.unjbg.edu.pe.* Obtenido de Tesis.unjbg.edu.pe: http://tesis.unjbg.edu.pe:8080/bitstream/handle/unjbg/121/14_Llanos_Arapa_SK_FCAG_IndustriasAlimentarias_2012.pdf?sequence=1

Veritrade L. (13 de 09 de 2007). *Tesis.unjbg.edu.pe.* Obtenido de Tesis.unjbg.edu.pe: http://tesis.unjbg.edu.pe:8080/bitstream/handle/unjbg/285/170_2013_Aliaga_Mamani_PA_FACI_Microbiologia_2013.pdf?sequence=1

Wikipedia.org. (9 de Mayo de 2012). *Wikipedia.org*. Obtenido de Wikipedia.org: http://es.wikipedia.org/wiki/Aceite_esencial

Wikipedia.org. (9 de Mayo de 2012). *Wikipedia.org*. Recuperado el 20 de Mayo de 2014, de Wikipedia.org: http://es.wikipedia.org/wiki/Caracterizaci%C3%B3n_de_materiales

Wikipedia.org. (9 de Mayo de 2012). *Wikipedia.org*. Recuperado el 21 de Mayo de 2014, de Wikipedia.org: http://es.wikipedia.org/wiki/Aceite_esencial

wikipedia.org. (9 de Mayo de 2012). *Wikipedia.Org*. Obtenido de Wikipedia.Org: http://es.wikipedia.org/wiki/Caracterizaci%C3%B3n_de_materiales