



UNIVERSIDAD ESAN

FACULTAD DE INGENIERÍA

Estudio comparativo y evaluación del rendimiento de dos tecnologías de extracción de aceites esenciales de naranja, mandarina y tangelo.

Trabajo de Investigación para optar el Título de Ingeniero Industrial y Comercial que presenta:

Horna Saldaña, César Jhonnatan Paseli

Lima, septiembre del 2015

Esta tesis

**ESTUDIO COMPARATIVO Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE DOS
TECNOLOGÍAS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE NARANJA,
MANDARINA Y TANGELO**

ha sido aprobada.

.....
Javier Fernando Del Carpio Gallegos (Jurado Presidente)

.....
Mónica Patricia Chávez Rojas (Jurado)

.....
María Cecilia Alegría Arnedo (Jurado)

Universidad ESAN

2015

ESTUDIO COMPARATIVO Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE DOS
TECNOLOGÍAS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE NARANJA,
MANDARINA Y TANGELO.

*En gratitud a
Dios y a mis
padres.*

Khemeia.

*Yo he preferido hablar de cosas imposibles,
porque de lo posible se sabe demasiado...
Si saber no es un derecho, seguro será un izquierdo...*

Silvio Rodríguez

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que de un modo u otro han contribuido a que este trabajo de investigación que iniciamos hace ya dos años haya alcanzado sus frutos:

A mis padres César Horna Odar y Matilde Saldaña Portocarrero por sus sacrificios, su apoyo incondicional y por animarme a no desistir nunca hasta conseguir las metas marcadas. De manera especial quiero dar las gracias a mi abuelita Dominga Portocarrero Iberico por ser el ejemplo de lucha y perseverancia, su ánimo y fortaleza, siempre implacables, son fuente de inspiración para toda la familia. También a Filadelfio Saldaña Reyna, mi querido abuelito Filacho, que siempre motivo en mí la investigación y la imaginación. Así mismo, agradezco a mi hermana Pierina y a mis tíos Milagros, Nando, Juan y Segundo, a mis primos Brenda y Fernando que no dudaron en brindarme su apoyo desmedido para cumplir este sueño.

A la profesora Clara Gabina Figueroa Cornejo por haber confiado en mí para la realización del trabajo de investigación. Mi gratitud para la profesora Mónica Patricia Chávez Rojas por no haber escatimado voluntad ni esfuerzos en ayudarme desde el primer día que llegue a la Universidad ESAN. Mi agradecimiento eterno para mi profesor Antonio José Brack Egg, por compartir conmigo su pasión por el desarrollo sostenible del Perú y brindarme sus conocimientos en responsabilidad social y ambiental. Gracias a mi profesor y amigo Mario Miguel Vildósola Basay por sus opiniones técnicas y análisis experto en el comportamiento de la demanda derivada. Al profesor Javier Fernando Del Carpio Gallegos por brindarme el apoyo necesario para la realización del presente estudio de investigación.

Al profesor Estuardo Lu Chang-Say por aportar y contribuir en la construcción de la entrevista para los expertos relacionados con esta investigación. A la profesora María Cecilia Alegría Arnedo por su asesoramiento y recomendaciones para las pruebas experimentales de la extracción de los aceites esenciales. El agradecimiento especial para el señor Nazario Morote Miranda, quien fuera mi colaborador y compañía durante las largas sesiones de destilación, y cuyo conocimiento fue vital para lograrlo. Así mismo, reitero mi gratitud a la profesora Mariela Camargo Román por ayudarme en la comprensión de la ingeniería de requerimientos y en el cómo canalizarlo y estructurarlo en mi trabajo de investigación. Y a cada uno de mis demás profesores por ser partícipes de mi formación académica.

A los integrantes de la empresa Essential Oils Perú, en especial a la bióloga Georgette Callirgos Sáez y al ingeniero Armando Noriega Mangini por brindarme su tiempo y apoyo. De igual manera agradezco a los miembros de la empresa Perfumería Artesanal S.A.C., en especial químico-farmacéutico Jaime Daniel Gonzales Zuñiga Rodriguez por sus comentarios y recomendaciones.

Gracias a la señora Magdica Borlinic Andjelopolj, a la profesora Rosa Nancy Matos Reyes, a la señora Patricia Reveggino Sosa, a la señora Yolanda Valle Ramela, a Juan Pablo Marimon Campos, a María Ángela Paredes Buenano al profesor Otto Regalado Pezua y de manera muy especial al profesor Eddy Alberto Morris Abarca por sus consejos, motivaciones y preocupaciones por el avance en mi trabajo de tesis, con lo cual han logrado hacerme sentir un miembro más de la familia ESAN.

A Gonzalo Miguel Siu Lam y Renato Kenyi Iyo Alberti, en primer lugar, por su amistad y compañerismo durante nuestros estudios en ESAN. Además, quiero agradecerles su inestimable ayuda y su eficaz trabajo. También agradezco a mis amigos del FabLab de ESAN, Yabed Jose Contreras Zambrano e Isaac Robles Rodriguez por el apoyo para el modelado e impresión 3D del equipo de destilación propuesto.

Al equipo del Proyecto Delphos: Geila Jauregui, Genaro Cárdenas, Jimy Paredes, Carito Alcantara, Luis Apolinario, Andrés Estrada, Oscar García, Luis Aspiazu, Rafael Caballero, Roberto Leo, Emyly Sanchez, Majo Arguedas, Flor Bustos, Marco Díaz, Luis Chang y Hans Salas. Aprovecho esta oportunidad para agradecerles por su compañerismo, amistad y por haberme ayudado más allá de donde queda el trabajo.

A Miguel Meza, María Camacho, María del Carmen Bravo, Rodrigo Palao, Diego Neyra, Renzo Estrada, Luis Chang, Victor Miranda, Marlon Agreda, Julio Aranibar, Joseline Rojas, Diego Canorio, Astrid Yong, Adriano Villegas, Alida Madariaga, Nadia Cabrera, Sissy Bravo, a la familia SRP y a la familia vikinga de Ingeniería, por compartir conmigo tantos momentos, buenos y malos, aunque con ustedes, al final, todo el tiempo es especial e irrepetible.

Y quizá me olvide de muchas personas, ya que el sueño se construye con muchas manos y con ello logramos *Khemeia* (la extracción de la esencia), para ellos va también este agradecimiento.

ÍNDICE

Agradecimientos	5
Resumen.....	10
Abstract.....	11
Introducción	12
Capítulo I: Planteamiento del Problema	14
1.1. Descripción de la situación problemática	14
1.2. Formulación del problema	15
1.2.1. Problema general.....	15
1.2.2. Problemas específicos	15
1.3. Determinación de objetivos	16
1.3.1. Objetivo general.....	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. Justificación de la investigación	16
Capítulo II: Marco Teórico	18
2.1. Antecedentes de la investigación	18
2.1.1. Hidroextracción y fraccionamiento del aceite esencial de cáscara de naranja.....	18
2.1.2. Aplicaciones de los fluidos supercríticos en la agroindustria.	19
2.1.3. Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de cáscara de naranja	19
2.2. Bases teóricas.....	21
2.2.1. Frutos cítricos en el Perú.....	21
2.2.2. Aceites esenciales de cítricos	30
2.2.3. Concentración y desterpenización de los aceites esenciales	46
2.2.4. Aplicación de los aceites esenciales.....	47
2.2.5. Tecnologías para la extracción de aceites esenciales	47
2.3. Contexto de la investigación	60
2.3.1. Identificación de los actores y canales de la cadena de valor	60
2.3.2. Comercio mundial.....	63
2.3.3. Producción nacional de naranja, mandarina y tangelo.....	74
2.3.4. Biocomercio y desarrollo sostenible	86
2.4. Proposición de la tesis.....	90
2.4.1. Argumentación.....	90
2.4.2. Enunciado de proposición.....	90

Capítulo III: Metodología	91
3.1. Fases de desarrollo del proyecto	91
3.1.1. Determinar instrumentos de recolección de datos.....	91
3.1.2. Validación de instrumentos.....	91
3.1.3. Administración de guía de entrevista y cuestionario	92
3.1.4. Recopilación de resultados.....	92
3.1.5. Análisis de los resultados	99
3.1.6. Conclusiones del análisis	100
3.1.7. Revisión final y ajustes	100
3.2. Método de recolección de datos.....	101
3.2.1. Pruebas experimentales.....	101
3.2.2. Entrevista	107
3.2.3. Cuestionarios.....	108
3.3. Métodos de análisis de datos.....	108
3.3.1. Análisis de costos.....	108
3.3.2. Análisis comparativo.....	118
3.4. Guía de entrevista con expertos	120
3.5. Validación.....	124
Capítulo IV: Desarrollo de la solución	127
4.1. Fases del desarrollo.....	127
4.1.1. Modelado del proceso	127
4.1.2. Ingeniería de requerimientos.....	139
4.1.3. Diseño e implementación de la solución.....	143
4.1.4. Validación de expertos.....	193
4.2. Análisis económico financiero del impacto de la solución.....	201
4.2.1. Estimación de costos de inversión	201
4.2.2. Análisis de factibilidad.....	203
Capítulo V: Análisis del impacto de la solución y riesgos del proyecto.....	206
5.1 Análisis del impacto de la solución.....	206
5.1.1 Materia prima.....	206
5.1.2 Agua.....	206
5.1.3 Suelo	207
5.1.4 Recurso humano.....	207
5.1.5 Planta a escala piloto.....	207
5.2 Riesgos del proyecto:	226

Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones	231
6.1 Conclusiones	231
6.2 Recomendaciones	234
Fuentes de Información.....	235
• Referencias bibliográficas.....	235
Anexo 01: Matriz de consistencia.....	241
Anexo 02: Norma técnica peruana: productos elaborados a partir de frutas y otros vegetales. Determinación de aceites esenciales	246
Anexo 03: Norma técnica peruana: aceites esenciales. Aceite esencial de naranja dulce, exprimida	249
Anexo 04: Ficha comercial de la naranja.....	254
Anexo 05: Ficha comercial de la mandarina.....	255
Anexo 06: Ficha comercial del tangelo.....	257
Anexo 07: Proforma de caracterización de aceites esenciales	258
Anexo 08: Informe de caracterización de aceite esencial de naranja.....	259
Anexo 09: Informe de caracterización de aceite esencial de mandarina.....	260
Anexo 10: Informe de caracterización de aceite esencial de tangelo.....	261
Anexo 11: Norma técnica peruana empleada para prueba de densidad relativa	262
Anexo 12: Norma técnica peruana empleada para prueba de índice de refracción	265
Anexo 13: Norma técnica peruana empleada para de solubilidad en etanol.....	267
Anexo 14: Norma técnica peruana empleada para los envases de aceites esenciales	272
Anexo 15: Norma técnica peruana empleada para el rotulado de los envases de aceites esenciales	274

Resumen

Existe una gran preocupación por el empleo y desarrollo de nuevos procesos de extracción, los cuales minimicen los costos energéticos asociados a la operación de extracción de aceites esenciales. Así mismo, se debe tomar en cuenta aspectos que actualmente son de suma importancia para la industria nacional y mundial, tales como la minimización de riesgos ambientales, el empleo de solventes más eficaces y fácilmente recuperables y el aumento de la demanda de materias primas para la elaboración de productos para consumo humano de alta calidad y con valor agregado. Es en este sentido que se pone atención a técnicas tales como la destilación por arrastre con vapor de agua. Integrado a esto, están los requerimientos de la industria alimenticia, farmacéutica y cosmética, entre otras.

La presente investigación es un estudio comparativo que evalúa el rendimiento entre la metodología de extracción por arrastre a vapor clásica y la metodología Clevenger, las cuales son tecnologías amigables con el ambiente, para la obtención de aceites esenciales de naranja, mandarina y tangelo. Teniendo como objetivo principal la determinación los parámetros adecuados para la extracción de aceites esenciales, a partir de la cáscara de los cítricos mencionados. Para el desarrollo de esta investigación se realizó la revisión de literatura, 108 pruebas a escala de laboratorio y entrevistas a expertos.

Los parámetros vinculados al volumen de aceite, tiempo de obtención del mismo y rendimiento en la extracción son: el tamaño y la preparación previa de las muestras de los cítricos analizados. Analizando el rendimiento, el método Clévenger es superior que la metodología clásica, los resultados obtenidos en el caso de la naranja son 6.08% y 0.24%, para la mandarina 1.31% y 0.41% y para el tangelo 3.11% y 0.31% respectivamente, los cuales se detallan más adelante.

Con la revisión de información y el aporte de los expertos se evidencia una gran oportunidad en la demanda de aceites esenciales en la industria de plásticos, papelería, farmacéutica, y otro tipo de industrias diferentes a las de alimentos o bebidas, pero se requiere hacer una exploración más específica.

Abstract

There is a major concern related to the use and development of new extraction procedures, which must minimize energetic costs associated to the extraction of essential oils. Also, several aspects, critical to the national and international industries must be taken into account, including those such as the minimization of environmental risks, the use of more effective, recoverable solvents, and the increase in the demand of prime matter utilized in the elaboration of high quality products for human use with an aggregate value. It's for these reasons that attention is drawn to technics such as stripping stream distillation. Furthermore, there are the foods, pharmaceutical, cosmetic industries' requirements, among others.

The following investigation is a comparative study that evaluates the output of the stripping stream classic methodology and the Clevenger methodology, both environmentally friendly, for the procurement of orange, tangerine, and tangelo essential oils. Furthermore, its main objective is to determine the adequate parameters for the extraction of these essential oils from the mentioned citrics' skins. For the development of the investigation a revision of the literature was undertaken, along with 108 scale laboratory tests and interviews with experts.

The parameters related to the volume of the oils, time of procurement and the output of the extraction are: previous preparation and the size of the particles of the sample citrics analyzed. Analyzing the output, the Clevenger method is superior to the classic stripping stream method, being the obtained results in the case of the oranges 6.08% and 0.24%, 1.31% and 0.41% for the tangerine, and 3.11% and 0.31% respectively. These results are further detailed within the investigation.

With the revision of information and the contribution of experts a great opportunity can be evidenced in the demand of essential oils in the plastic, paper, pharmaceutical industries, and other industries apart from food and drinks; however, a further, more specific exploration is required.

Introducción

Las exigencias mundiales y nacionales de dar valor agregado a los productos, sobre todo a partir del empleo de tecnologías amigables con el medio ambiente y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales están alineadas con los fundamentos del desarrollo de este Trabajo de Investigación, ya que las metodologías empleadas en este estudio para extraer aceites esenciales no emplean solventes orgánicos, con el desecho que deja el proceso se puede obtener un subproducto biodegradable y con las cáscaras empleadas se obtiene un producto con valor añadido, éste producto es el aceite esencial.

El presente trabajo de investigación es un estudio comparativo que evalúa el rendimiento entre la metodología de extracción por arrastre a vapor clásica y la metodología Clevenger, para la obtención de aceites esenciales de naranja, mandarina y tangelo. En el desarrollo de esta investigación se realizó la revisión de literatura, las pruebas a escala de laboratorio y entrevistas a expertos, con lo cual se logró enmarcar los componentes técnico-experimental y comercial, para de esta manera poder proponer un modelo de escala piloto.

El capítulo I es el planteamiento del problema, en el cual se procede a describir la situación problemática, se formula el problema, se determinan los objetivos, para luego enunciar la justificación de la investigación. Es preciso señalar que los objetivos del presente estudio radican en la determinación de los parámetros adecuados para la extracción de aceite esencial, a partir de las cáscaras de naranja y mandarina, mediante la técnica de arrastre a vapor clásica y Clevenger, y la comparación de las dos tecnologías mencionadas.

En el capítulo II se desarrolla el marco teórico, en el cual describen a las especies de cítricos a ser evaluados: naranja dulce (*citrus sinensis Linn Osbeck*), mandarina (*citrus reticulata Blanco*), tangelo (*citrus reticulata x citrus paradisi*). Respecto a los aceites esenciales se menciona su definición, aplicación, y tecnología de extracción. También se señalan los antecedentes y el contexto en el cual se desarrolla el trabajo de investigación, y posteriormente se enuncia la propuesta solución.

En el capítulo III se describe la metodología empleada para el desarrollo del presente trabajo de investigación, tiene como componentes las fases de desarrollo del proyecto, el método

de recolección de datos, el método de análisis de datos, la guía de entrevista a expertos y la validación de los instrumentos.

El capítulo IV hace mención a los resultados obtenidos luego de la aplicación de la metodología y la discusión de los mismos. Para lo cual se ha tomado en cuenta los siguientes aspectos: los resultados de la caracterización de los aceites esenciales, el rendimiento de las extracciones, el costo de las extracciones, los resultados del análisis comparativo, los resultados de la entrevista a los expertos y la estimación de los costos de inversión.

El capítulo V aborda los temas relacionados al impacto de la propuesta solución, los cuales están relacionados con el diseño del equipo a escala piloto propuesto. También se mencionan los riesgos relacionados con el proyecto.

En el capítulo VI se enuncian las conclusiones y recomendaciones obtenidas como producto del presente estudio de investigación, las cuales abordan la temática comercial, técnica-experimental y la rentabilidad con enfoque económico y social.

Finalmente, en el cierre se aprecian las fuentes de información empleadas en la investigación, dichas fuentes se encuentran enlistadas como referencias bibliográficas y además se presentan anexos, tales como normas técnicas y fichas comerciales.

Capítulo I: Planteamiento del Problema

1.1. Descripción de la situación problemática

El modelo económico actual, fundamentado en el consumismo, optimización de la producción, explotación de recursos y maximización de los beneficios, no permite un crecimiento sostenible. La globalización es un hecho y no se puede competir por precio, es necesario aportar un mayor valor añadido a los servicios y productos para encontrar nuevas oportunidades y espacios de mercado. Por ello, es primordial no dejar de lado el cuidado del medioambiente, el ahorro energético y el uso de energías alternativas.

Tomando en cuenta las exigencias mundiales y nacionales de dar valor agregado a los productos, sobre todo a partir de tecnologías amigables con el medio ambiente, es sumamente importante la implementación de los conceptos de desarrollo sostenible. Estos se encuentran alineados con la aplicación del arrastre a vapor en la obtención de aceites esenciales.

Los objetivos de este Trabajo de Investigación radican en la determinación de los parámetros adecuados para la extracción de aceite esencial, a partir de las cáscaras de naranja y mandarina, mediante la técnica de arrastre a vapor clásica y Clevenger. Así mismo, luego de la comparación de las dos tecnologías encontrar las ventajas de la extracción de aceite esencial la metodología Clevenger frente al arrastre a vapor clásica tomando en cuenta los rendimientos, volúmenes de aceites obtenidos, tiempos de extracción y los costos implicados en el proceso.

Existe una gran preocupación por emplear y desarrollar nuevos procesos de separación, los cuales minimicen los costos energéticos asociados a la operación de extracción de esencias y aceites esenciales. Es en este preciso punto donde se pone atención a técnicas tales como la destilación por arrastre con vapor de agua, fluidos supercríticos, entre otros. Asimismo, se debe tomar en cuenta aspectos que actualmente son de suma importancia para la industria, tales como la minimización de riesgos ambientales, el empleo de solventes más eficaces y fácilmente recuperables y el aumento de la demanda de materias primas para la elaboración de productos para consumo humano de alta calidad y con valor agregado. Integrado a esto, está el avance mundial de la industria, ya sea ésta de productos alimenticios, farmacéuticos o cosméticos. De esta manera, se evidencia que los aceites esenciales de origen vegetal poseen un vasto empleo en la elaboración de diversos productos, gracias a sus propiedades saborizantes, odorizantes y medicinales. Por tanto, la utilización estos métodos anteriormente mencionados garantizan un

mayor valor económico de los aceites esenciales (es decir un mayor valor agregado) a consecuencia de una mayor eficiencia en la extracción, así como el mayor volumen de colocación de estos aceites en el ya existente mercado donde son utilizados como materia prima.

Anualmente, se desaprovecha varias toneladas de vegetales y frutas, debido a pérdidas en las cosechas, mala distribución o ineficiencia en la estrategia de comercialización. El Perú actualmente produce aceites esenciales cítricos; sin embargo, dicho producto carece de refinación y concentración. Es en este punto, donde este desperdicio se puede transformar en una gran oportunidad de lograr la obtención de un concentrado de esencias cítricas y solventes con valor agregado, que consecuentemente aumentaría el nivel de rentabilidad de los agronegocios, mediante la creatividad y el empleo de tecnologías emergentes.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son los parámetros adecuados para obtener aceite esencial de la cáscara de naranja, mandarina y tangelo empleando las técnicas de arrastre a vapor: clásico y Clevenger?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuál es la situación actual del sector agroindustrial a nivel nacional y mundial en lo concerniente a la obtención de aceites esenciales cítricos?

¿Cuál es el aporte fundamental del empleo de estos dos métodos de extracción de aceites esenciales de cáscara de naranja, mandarina y tangelo?

¿Cuáles son las ventajas del empleo del método Clevenger frente al método clásico?

1.3. Determinación de objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar los parámetros adecuados para la extracción de aceites esenciales, a partir de la cáscara de naranja, mandarina y tangelo, mediante la técnica de arrastre a vapor clásica y el método Clevenger, siendo estas tecnologías amigables con el medio ambiente.

1.3.2. Objetivos específicos

Realizar un diagnóstico de la situación actual de la extracción de aceite esencial cítrico en el sector agroindustrial nacional y mundial.

Determinar el aporte fundamental del empleo de la técnica de arrastre a vapor clásica y el método Clevenger para la obtención de aceites esenciales de naranja.

Determinar el aporte fundamental del empleo de la técnica de arrastre a vapor clásica y el método Clevenger para la obtención de aceites esenciales de mandarina.

Determinar el aporte fundamental del empleo de la técnica de arrastre a vapor clásica y el método Clevenger para la obtención de aceites esenciales de tangelo.

Determinar las ventajas de la extracción de aceite esencial por el método Clevenger frente al arrastre a vapor clásico.

Caracterizar los aceites esenciales obtenidos a partir de los dos métodos de extracción.

1.4. Justificación de la investigación

Anualmente se desaprovechan varias toneladas de vegetales y frutas, debido a pérdidas en las cosechas, mala distribución o comercialización. He aquí donde se presenta una ocasión para dar un mayor nivel de rentabilidad a los agronegocios, mediante la creatividad y el empleo de tecnologías emergentes, este desperdicio se puede transformar en una gran oportunidad. (Rodríguez Buenfil, s.f.)

El Perú, actualmente produce aceites esenciales cítricos, sin embargo, dicho producto carece de refinación y concentración, es en este punto donde se presenta la oportunidad de lograr la obtención de un concentrado de esencias cítricas y solventes con valor agregado. (Reátegui Díaz, 2005)

Además, tomando en cuenta que existe una gran preocupación por emplear y desarrollar nuevos procesos de separación, los cuales minimicen los costos energéticos asociados a la operación de extracción de esencias y aceites esenciales, es en este preciso punto donde se pone atención a técnicas tales como la destilación por arrastre con vapor de agua, la extracción por prensado o con solventes orgánicos a bajas presiones entre otros, y remarcando aspectos que actualmente son de suma importancia para la industria, tales como, la minimización de riesgos ambientales, el empleo de solventes más eficaces y fácilmente recuperables y el aumento de la demanda de materias primas para la elaboración de productos para consumo humano de alta calidad y con valor agregado. Por ello es que se viene desarrollando nuevas tecnologías, integrándolas al avance mundial de la industria, ya sea ésta de productos alimenticios, farmacéuticos o cosméticos, con ello se evidencia que los aceites esenciales de origen vegetal poseen un vasto empleo en la elaboración de diversos productos, gracias a sus propiedades saborizantes, odorizantes y medicinales; obteniendo de esta manera un valor económico significativo, es decir un valor agregado, como materia prima para su fabricación. (De los Ángeles Márquez, 2003)

Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Hidroextracción y fraccionamiento del aceite esencial de cáscara de naranja.

Esta tesis de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos ha sido elaborada por Limber Reátegui Díaz en el 2005. Los objetivos de este trabajo de investigación se centraron en determinar los parámetros adecuados para la hidroextracción del aceite esencial de cáscara de naranja y para obtener el d-limoneno por destilación del aceite esencial al vacío. Este trabajo es un estudio técnico experimental tanto de la extracción, como del refinamiento de los aceites esenciales a partir de la cáscara de naranja dulce, cuyo nombre científico es *Citrus sinensis* Osbeck.

Para la hidroextracción se realizaron 19 pruebas con la finalidad de obtener materia prima para la fase del fraccionamiento de los aceites esenciales, evaluando el rendimiento y composición. En el caso del fraccionamiento se hicieron 4 pruebas, en las cuales se emplearon 300 mL de aceite en cada una. De los datos obtenidos en estas pruebas se llegó a determinar el número de platos necesarios para lograr la separación exitosa, de igual manera el flujo de vapor necesario para tal separación. Posteriormente, se analizaron químicamente los aceites obtenidos, dando como resultado que éstos contenían un 95.58% de d-limoneno, siendo los componentes principales: β - Myrceno, 2.00%, β - Pinene, 1.03%; α - Pinene Bicyclo 0.48%; Decanal, 0.43%; y los resultados del análisis físico químico del aceite fueron los siguientes: 0.8424 de gravedad específica a 20°C, 1.472 de índice de refracción, +100° de rotación óptica y 175 °C de temperatura de ebullición 175°C

Con los datos que se obtuvieron experimentalmente a nivel banco dio las bases para el diseño a escala de una planta piloto, además se demostró la viabilidad técnica de producción de d - limoneno a partir de cáscara de naranja de desecho, utilizando la tecnología desarrollada con este propósito, más sencilla que la usualmente empleada, prescindiendo del uso de solventes orgánicos, lo que constituye un nuevo aporte en la investigación científica vinculada al área de aceites esenciales.

2.1.2. Aplicaciones de los fluidos supercríticos en la agroindustria.

La presente publicación científica fue realizada por los miembros del Grupo de Investigación Aprovechamiento de Subproductos de Origen Agroindustrial (ASUBAGROIN) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca-Colombia, Reinaldo Velasco, Héctor Villada y Jorge Carrera, cuyos alcances fueron publicados el 2007 en la revista Información Tecnológica.

Esta investigación tiene como objetivo principal revisar cómo se vienen empleando el dióxido de carbono supercrítico como solvente para lograr la extracción de compuestos o sustancias bioactivos, las cuales están presentes en vegetales de gran uso comercial, especialmente en procesos agroindustriales. Para ello, se hace una descripción de la extracción con el método soxhlet, el cual empleado para evaluar el rendimiento y en tiempo de extracción, tanto de los métodos tradicionales, como de los más actuales. También se describen los principios, condiciones de operación y la extracción con fluidos supercríticos, de diversas materias primas vegetales, los cuales han sido abordados en otras investigaciones a nivel internacional. Para afianzar la descripción de las aplicaciones de los fluidos supercríticos en la agroindustria realizan una clasifican en cinco grupos, esto les permitió formar una idea clara y global sobre las posibilidades que ofrecen los fluidos supercríticos en la mejorar de los procesos agroindustriales.

Finalmente, llegan a la conclusión de que cada vez está creciendo el interés por comprender mejor las propiedades de los fluidos supercríticos, los cuales son útiles en diversos campos de la aplicación de la agroindustria alimentaria; esto ha generado nuevas investigaciones en este campo y presentan exitosos ejemplos, los cuales pueden reproducirse en Latinoamérica empleando materias primas autóctonas.

2.1.3. Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de cáscara de naranja

Esta publicación científica fue realizada la Magister en Ingeniería Química, Ivonnen Cerón Salazar, y el Doctor en Ingeniería Química, Carlos Cardona Alzate, ambos formados en la Universidad Nacional de Colombia, cuyo investigación ha sido publicada en la revista Ingeniería y Ciencias de la Universidad EAFIT en el año 2011.

En este trabajo el objetivo era mostrar la extracción del aceite esencial y pectina a partir de la cáscara de naranja, *Citrus sinensis*, pero como un proceso integral para lograr ver la viabilidad de implementarlo a nivel industrial. Esta investigación es netamente experimental, por ello se efectuó el proceso de extracción empleando un simulador comercial, el cual se adaptó al proceso real; a la par que se llevaron a cabo pruebas experimentales a partir de un kilogramo de cáscara de naranja, siendo este sometido a las mismas condiciones de la simulación, para su posterior comparación de los rendimientos. De esta comparación se obtuvo una concordancia aceptable. Seguidamente, se simuló partiendo de una tonelada, llegando a demostrar las ventajas del proceso integral, y la factibilidad de implementarlo a nivel industrial.

Los aceites esenciales de naranja que se obtuvieron por arrastre de vapor son de buena calidad, ya que tienen una fracción importante de compuestos de alto peso molecular, tales como el octanal, decanal y linalol, los cuales son responsables del sabor y olor que caracteriza a este producto. Por otro lado, las pectinas conseguidas se clasificaron en función a su contenido de metoxilo; se reportaron altos contenidos de humedad y cenizas, esto se debió principalmente a la elevada higroscopicidad de la pectina y a la complicada eliminación del hexametáfosfato de sodio utilizado en la extracción

En este proceso integrado de extracción de aceites esenciales y pectinas, la ventaja radicó en la disminución en equipos en las diversas etapas, que van desde la recepción de materia prima, lavado, molienda, pesado, hasta la extracción del aceite, un alcance adicional es que el con este proceso se puede llegar a implementar la producción de jugos, con lo cual se lograría un aprovechamiento integral del fruto. Además, al emplear las cáscaras de naranja como materia prima se evita que estas estén dispuestas como desechos y por ende contribuye a la disminución de la contaminación ambiental.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Frutos cítricos en el Perú

- **Generalidades**

El naranjo es un árbol que puede llegar a 10 metros de altura. Las hojas son ovales y lustrosas, sus flores son denominadas flores de azahar, las cuales son blancas y fragantes. Entre las variedades más comunes de naranjo se encuentran las naranjas y la mandarina. El fruto tiene varios carpelos o gajos fáciles de separar, cada uno de los cuales presenta una pulpa, de color variable (anaranjado o rojizo), es jugoso, suele presentar varias semillas; el fruto está cubierto por una cáscara, la cual generalmente es de color anaranjado, el interior de la cáscara es blanco y que contiene numerosas glándulas llenas de aceites esenciales. (De los Ángeles Márquez, 2003, p.20)

El naranjo dulce es originario del suroeste de asiático, específicamente del archipiélago malayo y parte suroriental de China; su cultivo en estas zonas se realiza hace miles de años, para luego extenderse por todo el sudeste asiático. Fueron los árabes quienes introdujeron el naranjo amargo a Europa en el siglo X, a través del sur de España. Sin embargo, al parecer, las primeras naranjas dulces introducidas en Europa llegaron desde India traídas por los portugueses alrededor del siglo XVI. Naranja en latín se pronuncia *Aurantia*, vocablo relacionado al término áureo, por el color que presenta el fruto en mención, en lenguaje dravídico originario de la India se le denomina Narayan, que quiere decir perfume interior, esto en relación a los aromas característicos de los cítricos. Posteriormente el cultivo de los cítricos se explayó desde el viejo continente europeo hasta Estados Unidos de Norte América, en donde existen grandes áreas de cultivo en Florida y California. Posteriormente se extendió a Sudamérica, siendo Brasil el país que presenta la cuota más alta en el mercado mundial de naranjas y zumo de naranjas. En la actualidad, el cultivo de naranjo se ha extendido por todo el mundo, siendo los principales países productores Brasil, Estados Unidos, España, Italia, México, India, Israel, Argentina y China. (Reátegui Díaz, 2005, p. 13)

En el Perú los cítricos fueron introducidos por los españoles alrededor del siglo XVI. Se inicia el cultivo diversas especies y variedades, pero predominan el limón sutil y la naranja, en el valle del Rímac y valles más al norte. Sin embargo, recién para la década de los 40's es creado el primer huerto comercial de naranjas en el fundo Huando, ubicado en Huaral, por los hermanos Fernando y Antonio Graña. (Reátegui Díaz, p. 17)

Se ha logrado cultivar cítricos en gran parte del territorio nacional, con excepción la Sierra por ser estas áreas frías. Es preciso señalar, que los 2000 msnm establecen un límite, tanto en las quebradas como en los valles andinos, para el siembra de naranjas, aunque a esta altura los frutos presentan mayor acidez. Sin embargo, a alturas un poco mayores si se propicia el cultivo de limas y limón sutil y las limas. Para la siembra de naranjos es necesario contar con áreas que reúnan condiciones de clima y suelos apropiados, en el Perú existen zonas que reúnen estas condiciones, especialmente la Selva; aunque la gran limitante son los medios de transporte. El mercado de las principales ciudades de la costa, especialmente el de Lima, que determinan las áreas comercialmente más favorables para el cultivo de cítricos, esto explica el por qué la selva central y la costa sean las mayores productoras de naranja. (Ruiz y Saavedra, 2007)

- **La naranja dulce, *Citrus sinensis* Linn Osbeck**

Para la realización de este estudio se empleará como materia prima la cáscara de naranja dulce cuyo nombre científico es *Citrus sinensis* Linn Osbeck, la cual está dentro de las especies del grupo blancas y pertenece a la variedad Valencia.

Reátegui Díaz (2005) comenta acerca de esta variedad:

Pertenece al género Citrus de la familia de la rutáceas, la que comprende alrededor de 1600 especies diferentes; siendo la familia citrus la más importante, con aproximadamente 20 especies. Los frutos, los cuales pertenecen a la categoría de Hesperidios, son aquellos que contienen la materia carnosa entre el endocarpo y las semillas (...). Las naranjas dulces se clasifican en cuatro grandes grupos, los cuales son navel, blancas sangre y sucreñas. (p. 13)

De igual manera Ruiz y Saavedra (2007) dan su opinión sobre el mencionado fruto:

La naranja valencia (...) ocupa una posición dominante en la industria de los cítricos, ya que ningún otro fruto es tan apreciado y consumido. En nuestro país es la especie cítrica que se encuentra en mayor producción; según datos del Ministerio de Agricultura, las mayores cosechas provienen de los valles de Satipo y Chanchamayo. Existiendo también una buena producción en ciertos valles de la Costa. En Chanchamayo se estima que la producción está constituida por 90% de naranja valencia y 10% de variedades criollas. (p. 10)

Por su parte, Brack Egg (2012) brinda alcances sobre la descripción, usos, valor nutritivo, variedades y cultivo del fruto en cuestión:

Árbol mediano, erecto o de copa redonda; espinas en las axilas de la hoja. Hojas brillosas, redondeadas en la base y en punta terminal; peciolo con aletas. Flor blanca, autofértil. Fruto redondo de 6 a 10 cm de diámetro, cáscara lisa a rugosa, color anaranjado, fina, no amarga, blanca adentro y pegada a la pulpa. La pulpa de 10 a 13 gajos con semillas en cada uno; hay variedades sin semillas. (...) Se consume la fruta madura y cruda; se hacen jugos; mermeladas, jaleas, (...) ornamental, medicinal, perfume. (...) Es rica en vitamina C (30 a 65 mg/ 100 g), calcio (25 a 50 mg), fósforo (19 a 23 mg); además contienen vitamina B1, B2, niacina y azúcares (8 a 12%). Existen cientos de variedades. Las más comunes son: naranjas comunes, naranjas de nebo u ombligo (llamadas en el Perú de Huando) y las sanguíneas, con pulpa de color rojo. Es de clima cálido a templado, sin heladas. Adaptado a gran variedad de suelos, pero prefiere los profundos y bien drenados. La propagación es por semillas, injertos, acodo aéreo y estacas. Los injertos producen a los 3 años y llegan a producir entre 20 y 30 t/ha. (p. 121)

- **La mandarina, *Citrus reticulata* Blanco**

Para la realización de este estudio se empleará también como materia prima la cáscara de mandarina cuyo nombre científico es *Citrus reticulata* Blanco.

Gómez Rivera (2011) comenta acerca de la mandarina:

(...) pertenece a la clase de las dicotiledóneas, subdivisión de las Angiospermas de la división traqueofitas, del orden de las *Geraniales*, suborden Geranineas, a la familia de las Rutáceas y de la subfamilia de las Aurantioideas, de la tribu *Citreae* y subtribu *Citrinae*, en el cual se encuentran 13 géneros, entre ellos el género *Citrus*, al cual pertenece la mandarina. Este género se divide en 2 subgéneros: El *Papeda* que incluye 6 especies no cultivadas y el subgénero *Citrus*, que tiene 10 especies, de las cuales 8 son cultivadas entre ellas (sic) se encuentra la *C. reticulada*, que ubica a todas las naranjas de piel suelta como son la mandarina y la tangerina (p. 5)

Es preciso resaltar que el nombre *Citrus reticulada* Blanco fue la denominación original de la mandarina *Ponkan*, pero las diferencias que presentan la variedad *Dancy* y la *Ponkan* son muy grandes, por ello el científico Tanaka decidió aplicar nombres específicos para cada especie. (Charles, 1983)

Por su parte, Brack Egg (2012) brinda alcances sobre la descripción, usos, valor nutritivo, variedades y cultivo del fruto en cuestión:

Árbol bajo, muy ramificado, de ramas delgadas y espinosas. Olor característico de las hojas. Frutos de forma variable, con cáscara suelta y con numerosas glándulas de aceite. Pulpa con 10 a 15 gajos fácilmente separables; semilla en punta y el embrión verde; hay variedades sin semillas (...) Se consumen los frutos maduros crudos, en

jugos y dulces (...) rica en vitamina C (15 a 33 mg/ 100 g), calcio (38 mg), fósforo, hierro, vitaminas B1 y B2, niacina. (...) Cinco grupos de variedades (King, Satsuma, del Mediterráneo, comunes e híbridos). De clima tropical a templado y frío; hay variedades resistentes a las heladas. Adaptado a una alta variedad de suelos. La propagación es por semillas, injertos, acodos y estacas (p. 107)

- **El tangelo, *Citrus reticulata x citrus paradisi***

Para la realización de este trabajo de investigación se empleará también como materia prima la cáscara de tangelo cuyo nombre científico es *Citrus x citrus paradisi*.

Gómez Rivera (2011) comenta acerca del tangelo:

El tangelo es una especie de cítrico. Puede ser un híbrido entre mandarina y pampelmusa o mandarina y pomelo. Los frutos pueden ser del tamaño del puño de una persona adulta y tienen un sabor parecido a la mandarina, pero más jugoso, hasta el punto de no tener demasiada pulpa pero sí producir un excelente zumo. (p.6)

Por su parte, Brack Egg (2012) brinda alcances sobre las zonas de producción, periodo vegetativo entre otros datos del fruto en cuestión:

Familia de las: *rutaceae*. Posiblemente originaria de América del Sur específicamente del Perú. Zonas de producción son Ica, Junín, Lima. El periodo vegetativo: cultivo permanente con cosechas anuales, con una producción a partir del cuarto año de realizado el injerto. Variedades principales: Orlando, Minneola, Sampson, Seminole. Requieren de climas húmedos con temporadas semi-secas con temperaturas óptimas entre 18° y 29°C, con una humedad relativa del 87%. Prefieren suelos de profundidad efectiva, libre de pedregosidad y de buen drenaje con pH de 5.5 a 6.5 respectivamente. (p. 170)

- **Anatomía y componentes del fruto**

Para una mejor comprensión de este punto respecto a la naranja, se analizará a partir de imágenes e información relevante extraída y comentada por Ruiz y Saavedra (2007); luego de realizar un corte transversal al fruto se puede apreciar tres regiones, las cuales son epicarpio, mesocarpio y endocarpio, como se puede apreciar en la Figura 1.

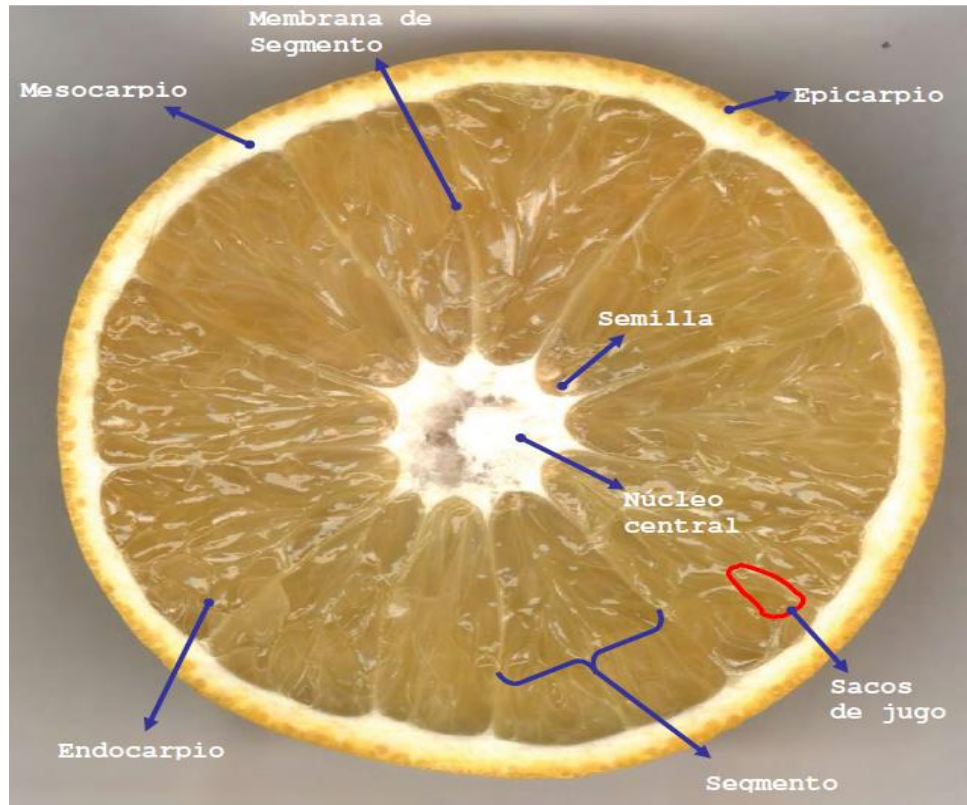


Figura 1. Corte transversal de la naranja (Ruiz y Saavedra, 2007)

El epicarpio o flavedo se encuentra debajo de la capa continua de células epidérmicas con una gruesa cutícula contenedora de estomas; es una capa parenquimatosa rica en cloroplastos y que contiene numerosos sacos de aceite esencial. Realizando una vista con el microscopio se puede apreciar que el pigmento no se distribuye igualmente en todas las células sino que se concentra en los plastidios que son verdes, es decir en los cloroplastos, en los frutos no maduros y que progresivamente se adoptan la coloración amarillenta o anaranjada, es decir en los cromoplastos, según avance la maduración. El tamaño de los cloroplastos es variado, presentan un diámetro alrededor de 5 micras, son estructuras esponjosas formadas por clorofila y otros pigmentos, los cuales conforman una malla ubicada en la superficie, la cual permite a los plastidios la absorción de gran cantidad de luz. Junto a los cromoplastos existen numerosos sacos o glándulas de esencia, los cuales se ubican de forma irregular y a diferentes profundidades del epicarpio. Estas glándulas o receptáculos intercelulares canaliformes presentan un diámetro que varía entre 0.4 a 0.6 milímetros, están limitados por tejidos degradados y no presentan comunicación alguna con los tejidos que lo envuelven. Las células que circundan a las glándulas de esencia contienen una solución acuosa de azúcares, sales y coloides, con lo cual ejercen presión sobre estas últimas, por ello, la glándula contiene la esencia sometida a una presión de turgencia pronunciada. Esta fuerza de turgencia, desempeña un papel,

fundamental y clave en la extracción de los aceites esenciales de cítricos empleando cualquiera de los métodos existentes.

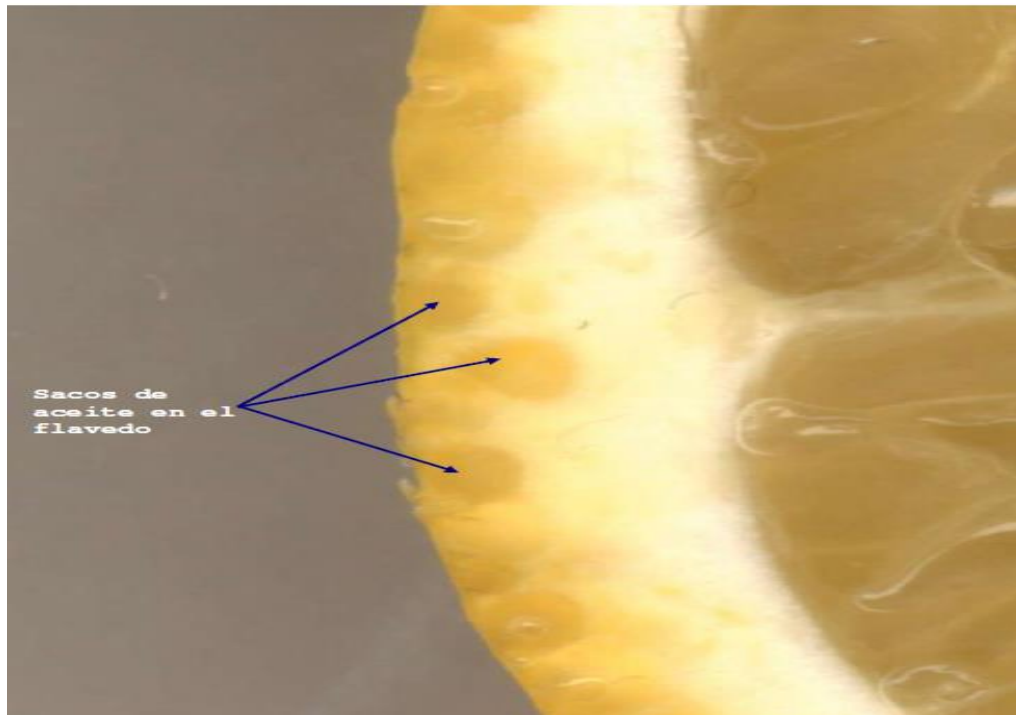


Figura 2. Vista microscópica de la cáscara de naranja (Ruiz y Saavedra, 2007)

Atravesando más allá de la parte coloreada de la corteza se llega a una capa de color blanco, la cual es esponjosa y parenquimatosa, esto es el mesocarpio o llamado también albedo. Conforme el fruto va madurando, las células del albedo se van alargando y dividiendo, formando así una enmarañada malla de células, las cuales dan a la corteza la textura esponjosa. Esta capa esponjosa juega un rol importante en la extracción del aceite esencial, debido a que absorbe fácilmente el aceite expulsado de los sacos o glándulas. El mesocarpio constituye entre el 20 a 60% del total del fruto, en las naranjas el grosor varía entre 4 a 12 milímetros. El mesocarpio fresco presenta alrededor de 75 a 80% de agua, pero si se analiza los componentes de la materia seca, la partición es la siguiente: 44% azúcares, 33% celulosa y 20% sustancias pécticas. Es preciso señalar, que las sustancias pécticas están formadas por largas cadenas de ácidos poligalacturónicos de diferentes grados de esterificación y neutralización, lo cual conlleva a que presenten grandes variaciones en cuanto a la solubilidad en agua.; una propiedad característica de las pectinas es la formación de enlaces, tanto con ácidos como con azúcares; tomando en cuenta el punto de vista comercial; la pectina es el compuesto más relevante del mesocarpio, ya que a partir de él se obtiene grandes cantidades, en forma de polvo, para la fabricación de mermeladas, también como agente adhesivo y activo encapsulante en la deshidratación de

alimentos y líquidos. Siendo la pectina un coloide tiene la propiedad hidrofílica, mediante la cual puede embeber grandes cantidades de agua, razón por la cual se emplea en el secado de jugos de frutas. (Ruiz y Saavedra, 2007, pp. 11-17)

Debajo de las capas que constituyen el epicarpio y el mesocarpio, se encuentra la parte comestible, conformada en segmentos llamados carpelos o gajos, los cuales están distribuidos alrededor de la médula blanca o eje central que tienen la misma composición y consistencia del mesocarpio. Cada uno de los gajos o carpelos se encuentra cubierto por una delgada membrana carpelar, la cual está constituida por un tejido de origen epidérmico. Estrechamente acopladas en el interior de los carpelos y adheridas a las paredes con pequeñas papilas capilares, se hallan las vesículas multicelulares que contienen el jugo de paredes extremadamente delgadas y que presentan forma de porra. Estos segmentos en conjunto conforman el endocarpio. El color que adoptan los jugos de los cítricos se deben principalmente al caroteno y a la xantofilia, a mayor cantidad de xantofilia el jugo presentará una coloración más anaranjada más pronunciada. Cabe resaltar, que los jugos de diferentes variedades pero de la misma especie del género *Citrus* presentan matices de color esto puede ser por la influenciada del país de origen o región; respecto a la naturaleza de los componentes responsables del aroma propio de los jugos de cítricos recién extraídos es aún desconocida, al parecer se debe a ciertas sustancias que se encuentran en los mismos y cuya composición es completamente distinta a los aceites esenciales de la corteza. En la relación a la acidez de los frutos cítricos, se puede mencionar que el principal responsable es el ácido cítrico, aunque también se puede encontrar ácido málico, oxálico y tartárico; luego de los ácidos, los componentes más sustanciales de los jugos cítricos son los azúcares, en las naranjas los azúcares constituyen la principal porción de los sólidos, alrededor de 8 a 9% de un total de 11 a 12%. (Ruiz y Saavedra, 2007, pp. 11-17)

Respecto a la mandarina, se analizará a partir de información relevante extraída y comentada por Orduz (2012), la fruta está madura entre 8 a 9 meses después de la floración, y el peso promedio de la fruta es aproximadamente 180,6 g, presentando un diámetro longitudinal en promedio de 56,2 mm y transversal de 78,6 mm, en la corteza posee una estructura papilar en la superficie; en ella se presentan alrededor de 44 glándulas oleaginosas por cada cm², las cuales son perceptibles por el observador; el espesor de la corteza en la zona ecuatorial suele estar alrededor de 2,6 mm, es preciso resaltar que la corteza representa aproximadamente el 25% del peso total del fruto. El color que presenta el albedo es blanco y su adherencia al endocarpio es media, el fruto no presenta areola, por otro lado, el número promedio de gajos por fruto es de 10.

Los gajos tenían una apariencia y consistencia uniforme; la pulpa es de color naranja, blanda, textura carnosa y jugosa, las vesículas de jugo son finas y uniformes de tamaño medio; todo ello se puede apreciar en las Figuras 3.

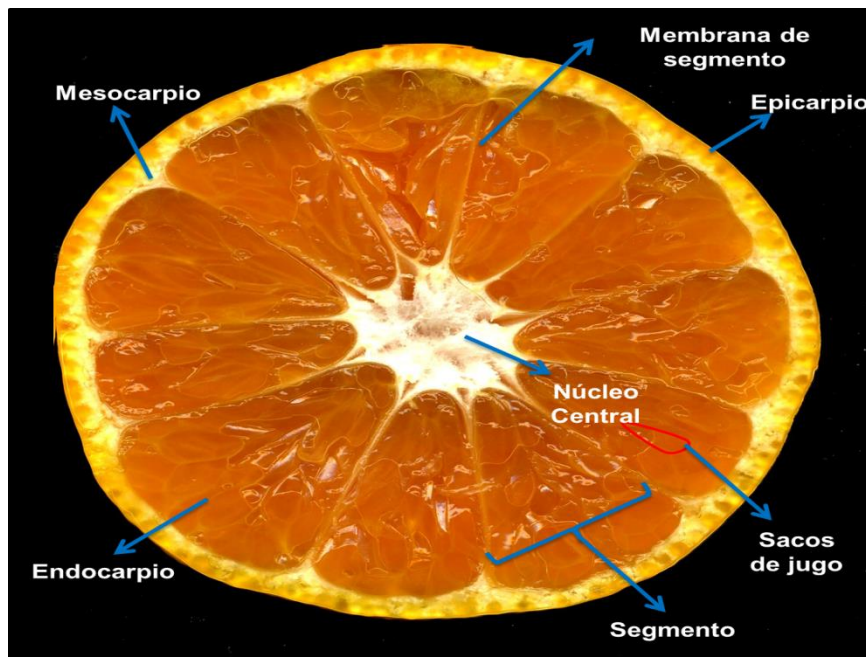


Figura 3. Corte transversal de la mandarina (Elaboración propia)

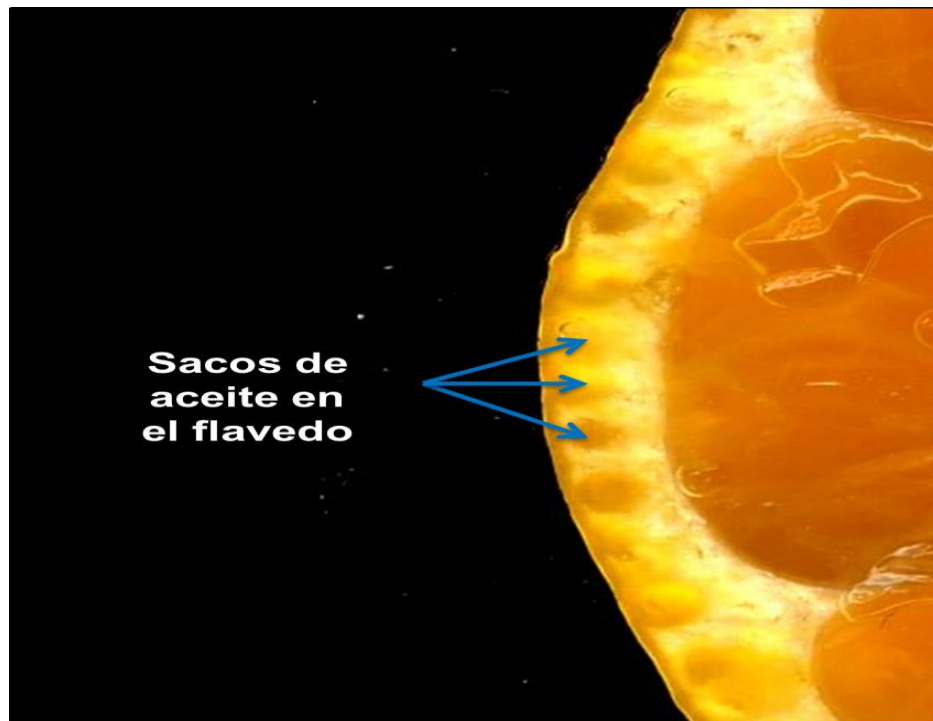


Figura 4. Vista microscópica de la cáscara de mandarina (Elaboración propia)

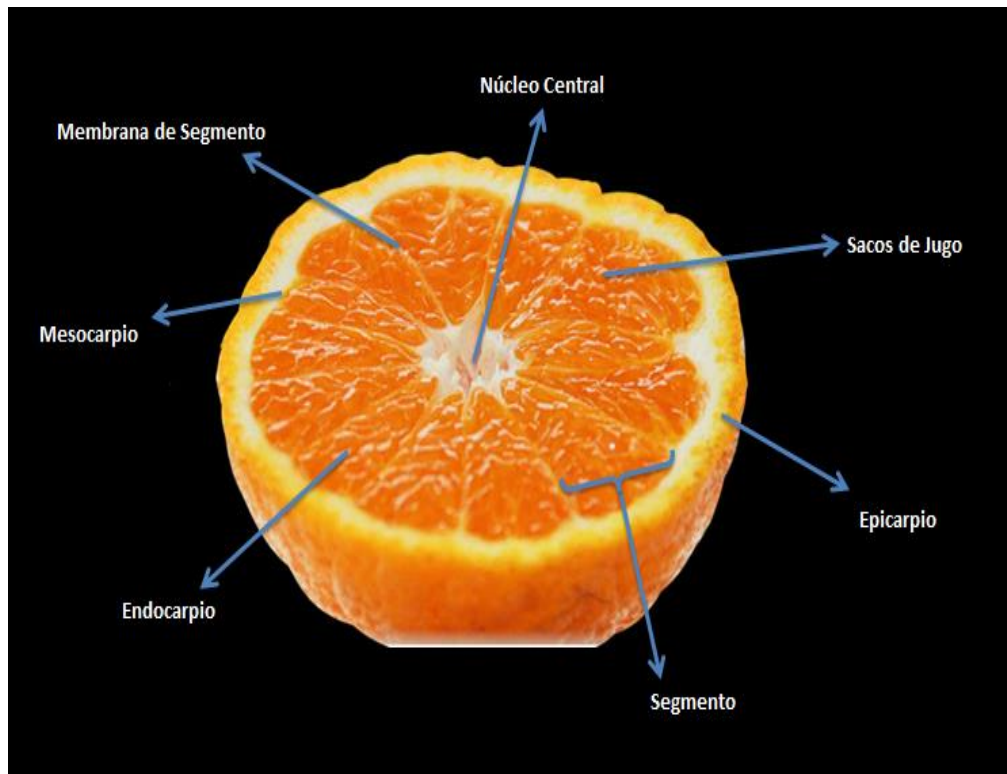


Figura 5. Corte transversal del tangelo (Elaboración propia)

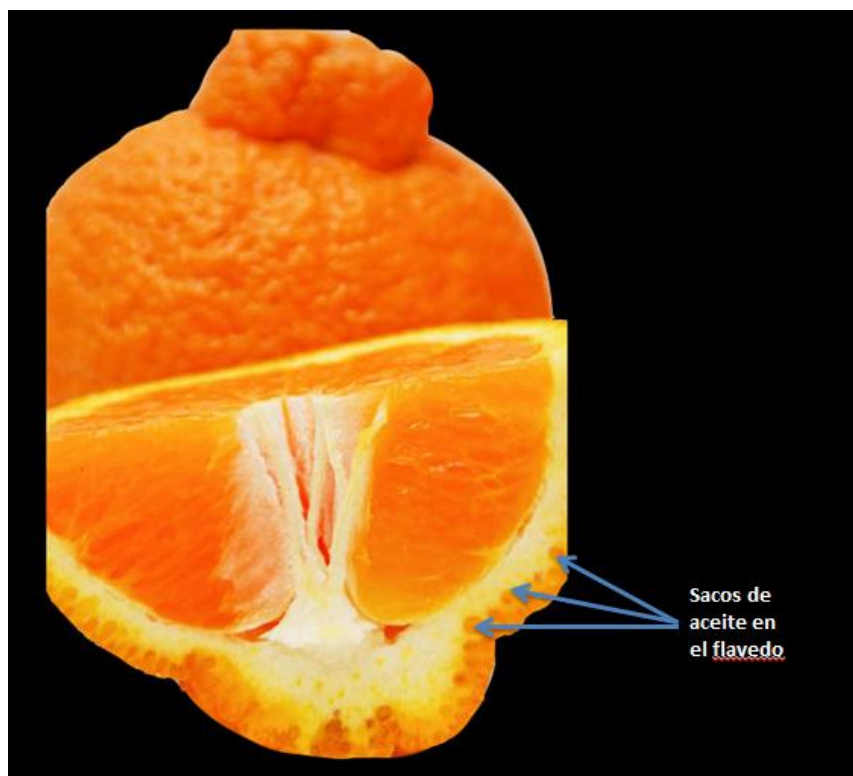


Figura 6. Vista microscópica de la cáscara de tangelo (Elaboración propia)

2.2.2. Aceites esenciales de cítricos

Frecuentemente, suele confundirse el término fragancia o esencia, con el de aceite esencial. Los aceites esenciales son considerados la quinta esencia de la planta, la acuñación del término aceite esencial se le atribuye al alquimista, farmacéutico y químico Paracelso en el siglo XVI. Paracelso manipulaba aceites esenciales destilados a partir de plantas medicinales o de uso culinario, posteriormente tomo como referencia el concepto de la quintaesencia, el cual fue ideado por dos mil años antes por el filósofo griego Aristóteles. Aristóteles planteaba que aparte del fuego, tierra, aire y agua existía una quinta esencia, la cual era una entidad inmaterial que impregnaba todos los seres y que era comparable con el alma. En la actualidad, se describe a los aceites esenciales como productos por lo generalmente muy complejos, los cuales contienen sustancias volátiles de origen vegetal, que pueden ser modificados debido a los procesos de extracción y conservación. La fuente principal de los aceites esenciales son las plantas aromáticas, aunque la mayoría de las plantas los contienen, son especialmente éstas las que los concentran en mayor cantidad. (De los Ángeles Márquez, 2003, pp.23-24)

- **Localización y teoría de formación**

Respecto a la localización de los aceites esenciales en los cítricos, Ruiz y Saavedra (2007) indican que se ubican “en sacos o glándulas de esencia situados en el flavedo” (p. 18). Esto lo complementa De los Ángeles Márquez (2003), afirmando que “en el flavedo se encuentra la mayor parte de los pigmentos y aceite, y este último se halla en el orden de 0.5 y 1 ml de aceite por cada 100 cm² de superficie de cáscara.” (p. 25)

No se ha logrado precisar con exactitud dónde se forman los aceites esenciales, ya que el responsable puede ser el plasma de las células vegetales, células epidérmicas o algunas membranas resinógenas, esta controversia es manifestada por Ruiz y Saavedra (2007), los cuales mencionan:

Es todavía un problema el saber si los aceites esenciales se forman en las células epidérmicas, en algunas membranas resinógenas no conectadas con el plasma, o si es el plasma de las células vivas el responsable de esta secreción, se cree que, en general, los aceites esenciales se mueven de un sitio a otro en el interior de la planta durante el proceso de crecimiento. (p. 18)

- **Funciones**

No se sabe con exactitud la función exacta de un aceite esencial en las plantas, algunos científicos sostienen que sirve para atraer a los insectos y así lograr la polinización, otros manifiestan que sirven como mecanismo de defensa contra insectos nocivos, o que simplemente son un producto metabólico intermedio. (De los Ángeles Márquez, 2003, p. 24)

Estos planteamientos también son compartidos por Ruiz y Saavedra (2007), pero se inclinan más por la última idea, sosteniendo que “parece más satisfactorio en ausencia de cualquier prueba definida, considerar a los aceites esenciales, igual que a los alcaloides y taninos, como productos de desecho del metabolismo de las plantas.” (p. 18)

- **Componentes de los aceites esenciales**

La mayoría de las moléculas que se encuentran en los aceites esenciales están compuestas por carbono e hidrógeno, o por carbono, oxígeno e hidrógeno. Lavabre (1995) manifiesta que “la química de estos elementos integrantes de los aceites esenciales se determina por dos factores, uno artificial (el proceso de destilación por vapor) y el otro intrínseco de la planta (la biosíntesis de las moléculas integrantes).” (p. 18)

Tanto Ruiz y Saavedra (2007), así como Lavabre (1995), declaran que los aceites esenciales provenientes de los cítricos presentan, entre sus principales componentes, monoterpenos (Figura 7), sesquiterpenos (Figura 8), compuestos orgánicos oxigenados, tales como, alcoholes, cetonas, aldehídos, ácidos carboxílicos, ésteres, entre otros.

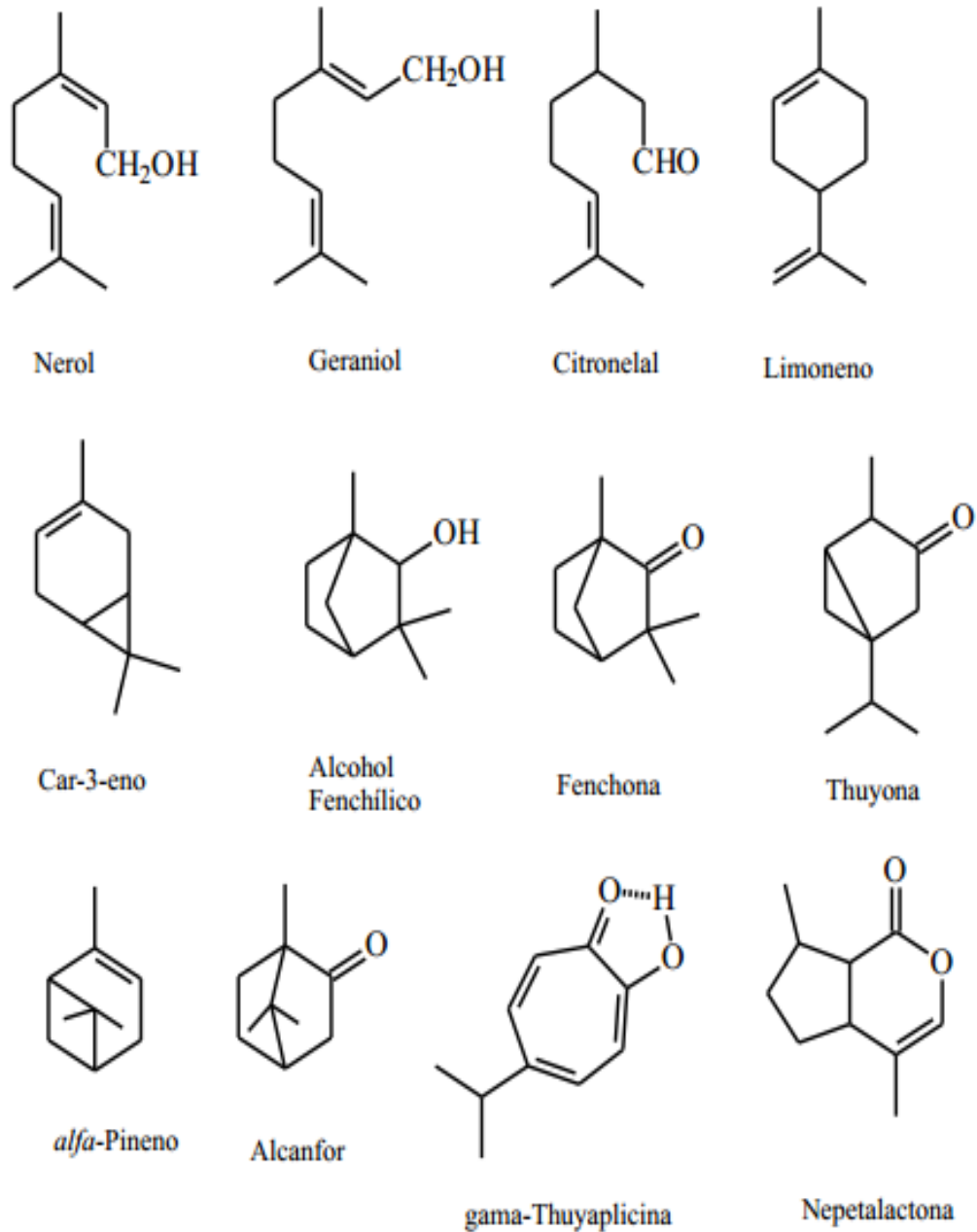


Figura 7. Fórmulas estructurales de los monoterpenos (Martínez, 2003)

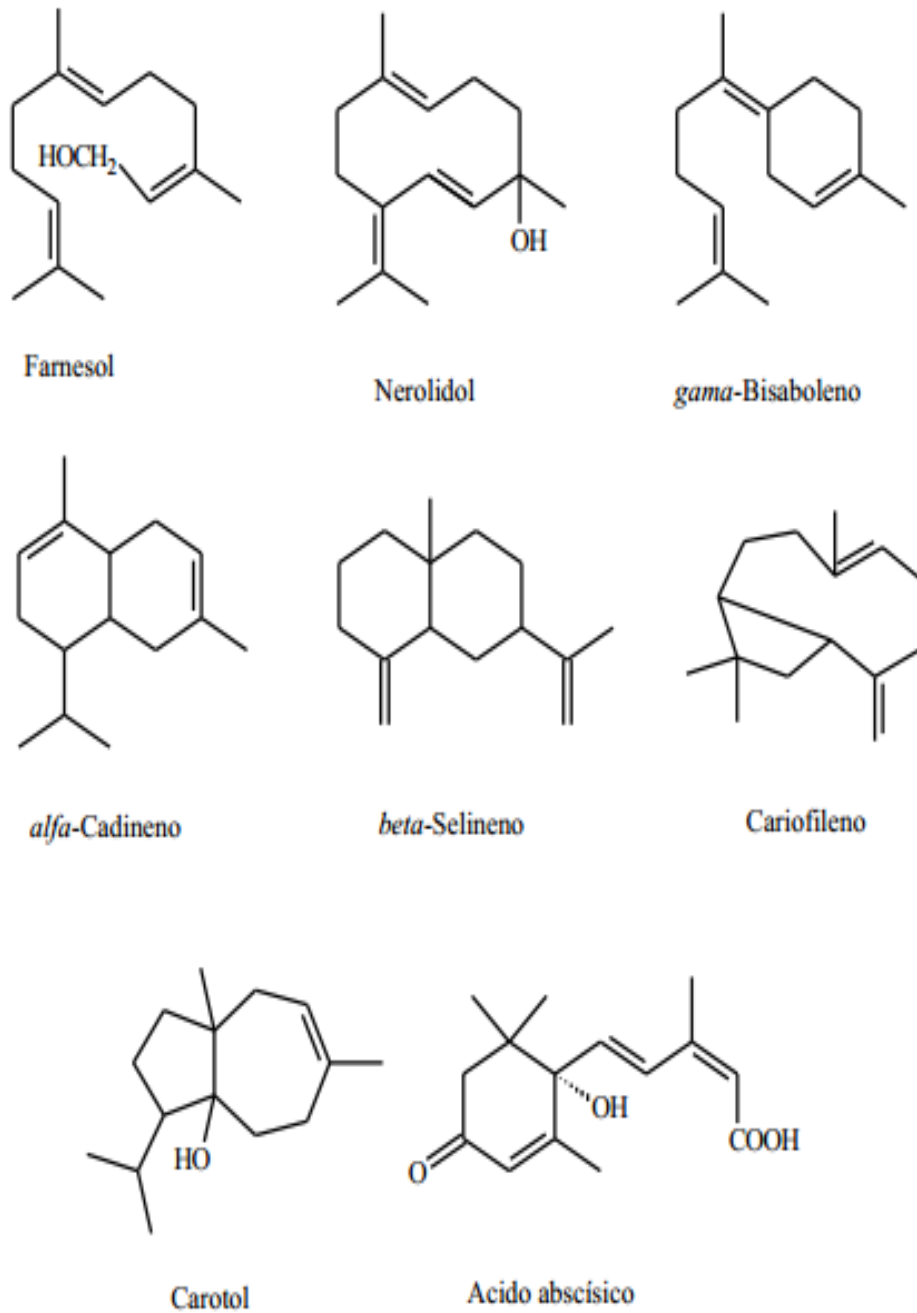


Figura 8. Fórmulas estructurales de los sesquiterpenos (Martínez, 2003)

Así mismo, Mazariegos Monterroso (2008) da más detalles sobre la cantidad de componentes:

En los aceites esenciales de naranja se han encontrado 111 constituyentes volátiles, incluidos 5 ácidos, 26 alcoholes, 25 aldehídos, 16 ésteres, 6 cetonas y 31 hidrocarburos. Los componentes no volátiles representan alrededor del 1.5% de los aceites de naranja, entre los que se encuentran las ceras, cumarinas, flavonoides, carotenoides, tocoferoles, ácidos grasos y esteroides. (p. 33)

A continuación, se detallará los compuestos de mayor relevancia:

❖ Terpenos

Los aceites esenciales de los cítricos están constituidos principalmente por hidrocarburos, llamados terpenos, de fórmula general $C_{10}H_{16}$ y por una cantidad menor de sesquiterpenos ($C_{15}H_{24}$), estos dos componentes actúan como soportes para los componentes oxigenados (alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos y ésteres), que son usualmente los portadores del olor característico de la esencia en la que están contenidos. Dentro de los principales terpenos tenemos el d-limoneno cuya fórmula estructural se puede apreciar en la Figura 9.

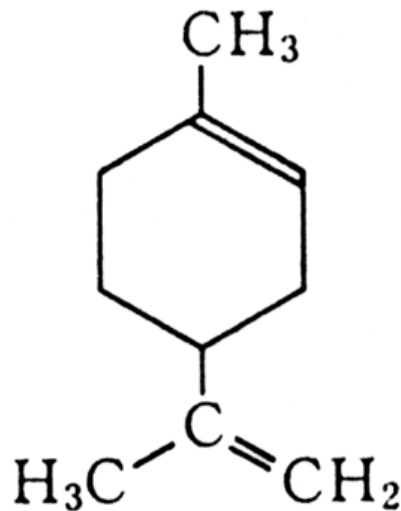


Figura 9. Fórmula estructural del d-limoneno (Rios, 2011)

Representa el 90% aproximadamente de la esencia de naranja, de la que puede obtenerse de la forma más pura. Está contenido, igualmente, en todas las demás esencias de cítricos. Cuando ha sido purificado cuidadosamente éste hidrocarburo posee un agradable olor a limón.

❖ Alcoholes

Generalmente se encuentran combinados con los ácidos formando ésteres, los principales compuestos son:

n-nonil-alcohol, $CH_3(CH_2)_7CH_2OH$, es el único de los alcoholes alifáticos que se ha encontrado en la esencia de las naranjas dulces sin madurar como un éster del ácido caprílico.

De mayor interés debido a su fragancia son los alcoholes alifáticos no saturados de tipo terpénico como el linalol, geraniol, nerol, citronelol.

Linalol, $C_{10}H_{18}O$, en la Figura 10 se muestra su fórmula estructural:

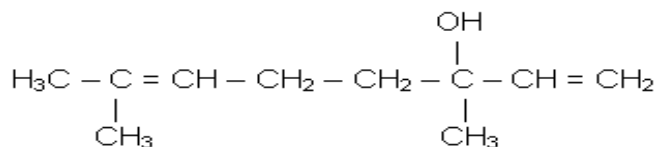


Figura 10. Fórmula estructural del linalol (SOQ, 2013)

La posición del doble enlace en el átomo de carbono 7 en el linalol y en otros derivados de los terpenos alicíclicos es asunto de mucha controversia que está todavía por decidir. Por poseer un átomo de carbono asimétrico, el linalol aparece en dos formas ópticamente activas. Su forma dextrógira, el d-linalol, se encuentra en la esencia de naranjas dulces. Como éster del ácido acético, el acetato de linalol se presenta en la esencia de bergamota, limón, petit grain, neroli y limetas italianas.

Geraniol, $C_{10}H_{18}O$, es un alcohol primario isómero del linalol pero ópticamente inactivo.

Nerol, que es un estereoisómero del geraniol.

Citronelol, $C_{10}H_{20}O$, casi siempre va acompañado del geraniol.

Terpineol, $C_{10}H_{18}O$, es un alcohol alicíclico de interés especial en la química de los cítricos, cuando se encuentra en su forma alfa.

Alfa-terpineol, es una sustancia sólida ópticamente activa. El d-alfa terpineol se halla en las esencias de naranjas dulces petit grain y neroli. El l-alfa terpineol existe en la esencia de limetas. Los terpineoles B-gama, que difieren de la anterior en la posición del doble enlace, no se han encontrado en la naturaleza.

Nerolidol, $C_{15}H_{26}O$, posee un débil olor, pero es capaz de fijar otros.

❖ Aldehídos

Se presentan solamente en cantidades muy pequeñas; pero su importancia es grande a causa de que poseen un olor y aroma característicos, los principales compuestos son:

N-octil-aldehído, $C_7H_{15}-CHO$, que se presenta en la esencia del limón.

N-nonil-aldehído, $C_9H_{19}-CHO$, principalmente aldehído encontrado en la esencia de naranja, en la que se halla en la proporción de un 1.3% - 2.7%. Se encuentra también en las esencias de mandarina y de neroli.

Citral, $C_{10}H_{16}O$, bastante distribuido en la naturaleza, importante constituyente de muchos aceites esenciales, particularmente el de limón, petit grain, limas u mandarina; probablemente existen también en la esencia de naranja dulce.

Citronelal, $C_{10}H_{18}O$, se encuentra a veces con el citral.

❖ Cetonas

La metil-heptenona, $C_8H_{14}O$, es la única acetona de interés. Es la sustancia punto de partida para la preparación del citral.

❖ Ácidos orgánicos y ésteres

Los ácidos orgánicos están presentes probablemente en los aceites esenciales, solamente en forma de ésteres, los cuales son constituyentes muy importantes de las esencias, pues, aunque se encuentran en muy pequeñas cantidades su olor es distintivo, comunicando una fragancia específica en las esencias en cuestión. La esencia de naranja contiene el ácido-ncapúlico, $C_7H_{15}-COOH$, o sus ésteres.

Las esencias de cítricos particularmente ricas en ésteres son las de bergamota y, en menor extensión, las de limón y naranja. El éster metílico del ácido antranítico, se ha encontrado desde entonces en todas las esencias de cítricos también se presentan mucho en la esencia de mandarina.

❖ Esteroptenos

Constituyen masas blandas ceras y de consistencia más o menos pastosa, que se obtienen después de la destilación de los aceites esenciales, como el citripteno, $C_{17}H_{8}O_4$, se encuentra en la esencia de bergamota en una proporción de 5%.

• Características físicas-químicas de un buen aceite esencial

En general, los aceites esenciales son líquidos a temperatura ambiente, volátiles, translúcidos y con una tonalidad amarillenta, al ser expuesto al aire se tornan espesos y colorean inmediatamente, la mayoría presentan una densidad menor que el agua, refractan la luz polarizada, al presentar compuestos ópticamente activos adquieren un poder rotatorio característico, son solubles en solventes apolares, sin embargo suelen tener una alta solubilidad en etanol y en algunos casos también en agua. (Luna Berbesí, 2007, p. 18)

Tabla 1 Propiedades físicas del aceite esencial de limón (*Citrus aurantifolia*), mandarina (*Citrus reticulata* blanco) y naranja amarga (*Citrus aurantium* L.)

Propiedades físicas	Tipo de Cítrico		
	Limón	Mandarina	Naranja
Peso específico 20 °C	0.8589	0.8560	0.8460
Rotación óptica 20 °C	+62.3°	+73.6°	+96.0°
Índice de Refracción 20 °C	1.4742	1.4765	1.4738
Residuo evap. %	3.15 %	4.95 %	2.35 %
Sol. En alcohol al 95 %	Soluble	Soluble	Soluble
Densidad del 10% destilado 20 °C	1.4718	1.4740	1.4718
Rotación. óptica del 10 % del destilado	+67.3°	+74.7°	+96.8°

(Giacomo y. Di. Retamar, 1982, p. 154)

Tabla 2 Parámetros analíticos empleados en el control de calidad de aceites esenciales

Descripción	Parámetros
Características organolépticas	Olor Color Apariencia
Determinaciones Físicas	Densidad Poder rotatorio Índice de refracción Miscibilidad en etanol Punto de congelación Punto de inflamación Rango de destilación
Índices químicos	Índice de acidez Índice de éster Índice de saponificación Índice de acetilo Índice de fenoles
Características cromatográficas	Perfil cromatográfico por CG Cuantificación de los principales componente
Características espectroscópicas	Ultravioleta – visible Infrarrojo
Otras determinaciones	Pesticidas Metales pesados

Adaptado de Albarracín y Gallo (2003). Comparación de dos métodos de extracción de aceite esencial utilizando *piper aduncum* (cordoncillo) procedente de la zona cafetera. (p. 29)

Tabla 3 Propiedades químicas del aceite esencial de limón (*Citrus aurantifolia*), mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) y naranja amarga (*Citrus aurantium* L.)

Propiedades químicas	Tipo de Cítrico		
	Limón	Mandarina	Naranja
Aldehídos, como citral (aceite esencial de limón) como decanal (aceite esencial de mandarina y naranja amarga).	2.63	1.21	1.50
Índice de acidez	1.81	1.68	1.42
Índice de ésteres	No determinado	5.60	2.07
Porcentaje de ésteres	3.20	1.96	0.73
Porcentaje de Alcoholes	1.20	11.86	11.68

(Giacomo y. Di. Retamar, 1982, p. 154)

Para el caso específico del aceite esencial de naranja, Ruiz y Saavedra (2007) nos dan las siguientes características:

Esencia de naranja: *Citrus Aurantium*.

Descripción: Color intensamente amarillo anaranjado o anaranjado fuerte, olor y sabor característico.

Solubilidad: Es miscible con alcohol deshidratado y con bisulfuro de carbono y se disuelve con un volumen igual de ácido acético-glacial.

Peso Específico: No menor de 0.842 ni mayor de 0.856.

Rotación Óptica: No menor de 94° ni mayor de 99° en tubo de 100 mm.

Índice de Refracción: No menor de 1.4723 ni mayor de 1.4737 a 20° C.

Contenidos de aldehídos (Citral): No menor de 0.5% ni mayor de 5%.

Residuos de evaporación: No menor de 1% ni mayor de 4%. (p. 25)

- **Factores que afectan la calidad de los aceites esenciales**

Entre los principales factores que pueden afectar la calidad de los aceites tenemos a los siguientes:

- ❖ **Clima y variedad**

Ruiz y Saavedra (2007) señalan que en Florida durante la temporada de 1937 a 1938 dos estudiosos de los aceites esenciales, Locsecke y Pulley, luego de analizar los aceites de naranja no encontraron diferencias en relación a la variedad de la fruta, y a la estación, algo similar obtuvieron los científicos Kesterson y Mc Duff. Pero. El experto en aceites esenciales, De Villiers, alrededor de 1978, encontró una diferencia mínima entre la calidad del aceite de las naranjas Valencia con respecto a las Navel cultivadas en Sudáfrica, diferencia radicaba en la rotación óptica, aunque él tampoco encontró diferencias en la calidad del aceite producido de frutas de deshecho en comparación con el producido por fruta de primera calidad. (p. 29)

- ❖ **Madurez de la fruta y período de almacenaje**

El aceite de naranjas medianamente maduras presenta un menor residuo no volátil que el en comparación con las naranjas de mayor maduración. En la Universidad de Salamanca se realizó un estudio, con el cual se encontró que el aceite de obtenido de naranjas procedentes de España, tenía un residuo más grande que el del aceite de naranjas originarias de Italia, se atribuyó esta diferencia avanzado estado de madures de las naranjas españolas. (Ruiz y Saavedra, 2007, p. 29)

Por otro parte, De Villiers en 1930, reportó que el aceite conseguido a partir de frutas guardadas en almacenamiento frío, antes de ser procesadas no mostraban grandes cambios en las propiedades físicas y químicas inclusive por un tiempo de almacenaje de 6 semanas, sin embargo, cuando el almacenamiento fue prolongado sucedió un incremento en la gravedad específica, rotación óptica y valor de saponificación, de manera simultánea ocurrió una disminución en el contenido de aldehído del aceite. (Reátegui Díaz, 2005, p. 46)

- ❖ **Método de extracción**

Según el método empleado para la extracción se puede llegar a obtener un aceite de gran calidad, como se puede apreciar en la Tabla 4, en donde se muestran los resultados obtenidos empleando tres métodos, extracción con fluidos supercríticos, Cold Press y FMC Whole, de donde se puede apreciar que tanto el residuo de evaporación, como el índice de refracción

aumentan, mientras que la rotación óptica disminuye conforme aumenta la producción de aceite, pero los tres métodos tienen muy altos rendimientos la gravedad específica

Tabla 4 Características del aceite esencial según el método de extracción

Método de extracción	Prod. Lb/Ton	Gravedad Específica	Resid. Evap. (%)	Rotac. Óptica	Índice Refrac	Cont. Ester (%)
Fluidos supercríticos	10.38	0.8448	3.60	95.66	1.4732	0.94
Cold Press	8.50	0.8430	2.18	96.49	1.4724	0.51
FMC Whole	7.00	0.8422	1.92	97.11	1.4721	0.51

(Ruiz y Saavedra, 2007, p. 76)

❖ **Adulteración**

Otro factor que puede afectar la calidad del aceite esencial de naranja es la adición del limoneno o de otro aceite. Como lo señala Luna Berbesí (2007) “el aceite esencial de naranja frecuente mente es adulterado con limoneno (sintético o aislado) o con una mezcla de hidrocarburos terpénicos de diferentes fuentes.” (p. 19)

Para poder detectar esta anomalía se emplea métodos específicos, Ruiz y Saavedra (2007) mencionan que “el método del espectro de absorción de la luz ultravioleta de los aceites se ha venido usando como una ayuda en la detección de la adulteración o dilución del aceite de naranja.” (p. 30)

- **Factores que afectan la cantidad de aceite de las cáscaras**

En 1946 en California, dos expertos en aceites esenciales de la Universidad de Los Ángeles-California, Bartolomé y Siclair estudiaron la influencia del tamaño de la fruta en el rendimiento de la obtención de aceite esencial de naranja. Los resultados de esta investigación se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5 Influencia del tamaño de fruta en el rendimiento

Tamaño de fruta	Promedio del área-superficie por fruta en cm ²	Rendimiento mL por cada 100 cm ² de cáscara	Promedio de aceite Lb/Ton fruta
Grande	152.9	0.93	14.1
Pequeña	103	0.9	15.9

Adaptado de Cortéz (1970). Extracción de aceites esenciales de la naranja variedad Valencia. (pp. 24 - 70)

A partir de esta tabla se puede apreciar que el rendimiento en una naranja grande, por unida de área es mayor, sin embargo el rendimiento por tonelada de fruta es mayor en las naranjas pequeñas, esto se debe a que en una tonelada de fruta hay mayor área de cáscara al ser estas naranjas pequeñas.

Posteriormente, estos dos expertos determinaron que el rendimiento para las naranjas de la variedad Washington Navel era de 1.10 mL por cada 100 cm² de cáscara, este valor es muy próximo al determinado en 1930 por De Villiers, quien obtuvo para el caso de la variedad Washington Navel un rendimiento de 0.96 mL por cada 100 cm² y en el caso de la variedad Valencia 1.95 mL. Otro factor a tomar en cuenta es la condición de la cáscara, ya que una cáscara suave va a tener un menor contenido de aceite en comparación a una cáscara firme. (Cortéz, 1970, pp. 24 - 70)

- **Factores que afectan la estabilidad de los aceites esenciales**

Entre los principales factores que pueden afectar la estabilidad de los aceites esenciales tenemos a los siguientes:

- ❖ **Temperatura**

En estudios realizados anteriormente, se logró examinar y registrar los efectos que tiene la temperatura respecto a la calidad y al mantenimiento de ésta en los aceites esenciales de naranja, en las pruebas en cuestión se registró las temperaturas a las cuales eran almacenados los aceites, siendo estas 4 °C, 5 °C y 20 °C en la oscuridad; haciendo incidir una luz norte y una luz sur, para luego observar el efecto de éstas sobre el olor, color, sabor, densidad rotación óptica, índice de refracción, porcentaje de no volátiles. Llegando a la conclusión que la baja temperatura era la

más importante para el mantenimiento de la estabilidad de los aceites. (Ruiz y Saavedra, 2007, pp. 31 - 32)

Tabla 6 Componentes derivados por degradación térmica de los constituyentes de los aceites esenciales cítricos

Precursor	Derivado	Aroma
Limoneno	α -Terpineol	Rancio, envejecido, pino
Linalol	α -Terpineol Nerol Geraniol	Rancio, envejecido, pino Dulce, rosa, frutal Dulce, rosa floral
α -Terpineol	cis-1,8-mentanodiol	Dulce, alcanfor
Citral	p-menta-1,5-dien-8-ol p-menta-1(7), 2-dien-8-ol cis-p-menta-2,8-dien-1-ol trans-p-menta-2,8-dien-1-ol	no caracterizado no caracterizado no caracterizado no caracterizado
Cis-1,8-p-mentanodiol	1,8-cineol 1,4-cineol	Pungente, alcanfor Pungente, alcanfor
p-menta-1,5-dien-8-ol	p-cimen-8-ol	desagradable no especificado
p-menta-1(7), 2-dien-8-ol	p-cimeno α ,p-dimetilestireno	desagradable terpénico desagradable terpénico
γ -Terpineno	p-cimeno	desagradable terpénico

Adaptado de Albaladejo Meroño (1999). El aceite esencial de limón producido en España. Contribución a su evaluación por organismos internacionales. (p. 75)

En la Tabla 6 se muestra un listado de compuestos degradados por la influencia de la temperatura, los cuales derivan de los constituyentes del aceite esencial; el α -terpineol es un compuesto que derivada de la degradación de ciertos componentes de los aceites esenciales, se caracteriza por tener un aroma desagradable, es descrito como tipo terpénico, rancio, alcanforado y picante.

❖ **Presencia de terpenos y acidez**

Al ir deteriorándose o degradándose el aceite esencial de naranja adopta un aroma característico el cual puede ser descrito como “terpénico”. Esto se debe a la inestabilidad de los hidrocarburos, especialmente el limoneno, aunque estos favorecen en muy poco al aroma y sabor de los aceites y son fácilmente oxidados para originar compuestos libres de sabor. Se puede incrementar la estabilidad de los aceites a través de la separación de los terpenos, dando lugar así a la producción de los aceites desterpenados. Esto puede efectuarse mediante la destilación fraccionada, extracción de compuestos oxigenados, dilución en alcohol u otros solventes, o por una combinación de estos dos métodos. Luego de varios estudios y análisis de las condiciones mediante las cuales el aceite de naranja muestre los menores cambios posibles, ya sea en el olor, color, y apariencia general, se llegó a encontrar que el oxígeno junto con la luz eran los factores más activos en la deterioración, por ello es que se optó por conservarlo en recipientes de vidrio, aunque el aceite también se puede preservar en latas estañadas. Por otro lado, se ha demostrado que al ponerlo en contacto con el oxígeno del aire la acidez del aceite y de igual manera el índice de refracción y gravedad específica, mientras que la rotación óptica disminuye. Es preciso resaltar, que la acidez de los aceites de los cítricos aumenta con la edad, pero esto es sólo una parte del proceso de deterioro, en muestras que se han deteriorado considerablemente, se puede llegar a encontrar dl-carvone, formaldehído, y unas trazas de cetona, compuestos no hallados en aceite puro. (Ruiz y Saavedra, 2007, p. 30 - 31)

❖ **Metales**

En relación a la presencia de metales y cómo pueden afectar a la estabilidad de los aceites Ruiz y Saavedra (2007) sostienen que “las trazas de metales y polvo, pueden actuar como catalizadores en la deterioración de los aceites de cítricos.” (p. 32)

Bartolomé y Siclair, dos expertos señalados anteriormente, en la Universidad de Los Ángeles-California continuaron realizando estudios acerca de la estabilidad del aceite de naranja en contacto con aluminio sometido a diferentes temperaturas y en contacto con aire de la

atmósfera o nitrógeno. En estas pruebas, la deterioración del aceite de naranja fue prevenido por el empleo de atmósfera de nitrógeno a 60 °F y 100 °F durante períodos de 80 días seguido por otro periodo de 7 a 120 días. Las muestras que entraron en contacto con aire llegaron a desarrollar peróxidos y perdieron algunas características de color y aroma; el incremento de la temperatura por su parte aceleraba la formación de peróxido y con ello disminución de la estabilidad del aceite, ello quedó evidenciado al analizar una muestra almacenada en un envase de aluminio que tenía libre acceso de aire, esta muestra llegó a desarrollar un valor muy alto de peróxido haciendo que disminuya la calidad; y las muestras que fueron empacadas con aire en las cuales se daba la formación de peróxido, desarrollaban una disminución en la presión, lo cual evidenciaba que el oxígeno era separado del espacio vacío durante el almacenamiento del aceite. (Cortéz, 1970, pp. 24 - 70)

❖ **Contenido en peróxido**

En relación al contenido de peróxido con la estabilidad del aceite esencial de naranja, Ruiz y Saavedra (2007) manifiestan que:

El oxígeno activo en el aceite se puede determinar por titulación con una solución estándar de titanio para determinar la susceptibilidad del aceite a una subsecuente deterioración. Se ha determinado también que el aceite, el cual contenía un alto valor de peróxido inicial, absorbía oxígeno más rápido que el aceite fresco con un valor bajo de peróxido. (p. 33)

De lo mencionado por Ruiz y Saavedra (2007), se puede concluir que el contenido de peróxido repercute en la calidad del aceite y que además se puede cuantificar mediante la titulación el oxígeno activo, a la par que se infiere el grado de deterioración del aceite.

❖ **Toma de oxígeno y olor**

Con respecto a cómo influye o repercute la toma de oxígeno y olor en los aceites esenciales de naranja, Ruiz y Saavedra (2007) indican que:

La toma de oxígeno está relacionada con el olor del aceite haciendo una evaluación por un panel de aroma. Esta comparación fue hecha por oxidación del aceite antes de ser juzgado el olor hasta igualar con el de una muestra clasificada como “terpénica”. En general 6 a 8 mL de oxígeno por gramo de aceite fueron requeridos para tener esta condición. (p. 33)

2.2.3. Concentración y desterpenización de los aceites esenciales

- **Aceites esenciales concentrados**

Los aceites esenciales cítricos extraídos en su composición presentan alrededor del 90% de hidrocarburos, de los cuales el d-limoneno suele ser el principal. Este compuesto en especial tiene un poca influencia en el sabor, pero su insolubilidad en alcohol sí perjudica las mezclas de sabores, entre otras cosas. Pero, gran parte de la fracción terpénica puede ser separada si se emplea la destilación al vacío; este método de concentración produce los aceites concentrados o *fold oils*, los cuales se usan fundamentalmente en bebidas, ya que presentan una gran estabilidad al ser almacenados. (Ruiz y Saavedra, 2007, p. 38)

- **Aceites desterpenados**

Son aquellos aceites esenciales a los cuales se le ha extraído todos los monoterpenos. Aunque el término desterpenado es inescrupulosamente utilizado en la industria, tanto de sabores como de perfumes. Lo que comúnmente suelen ofrecerse en el mercado son estos aceites parcialmente desterpenados. Pero sí hay en el mercado aceites desterpenados, los cuales se pueden obtener de muchas maneras, los terpenos son aislados por diversas razones, entre ellas están el hacerlos solubles en agua, el incrementar la solubilidad del aceite esencial en alcohol, en solventes de alimentos; también el concentrar los componentes activos de sabor y perfume; o para aumentar la estabilidad de los aceites esenciales, logrando así la prevención de que el aceite adopte rancidez, formación de resinas o compuestos que degraden a la esencia. (Ruiz y Saavedra, 2007, p. 39)

El proceso mediante el cual se remueven a los terpenos se le denomina desterpenación o *holding*, de acuerdo con el proceso que se aplique se puede obtener aceites esenciales de diversas calidades, por decir si se parte de un *single fold* o aceite esencial crudo se puede llegar a obtener un aceite esencial dos *fold*, éste es un aceite esencial crudo al cual se le ha extraído el 50% de los terpenos, si al dos *fold* se le extrae el 50% de los terpenos se obtendrá un aceite esencial tres *fold*, y así sucesivamente, se pueden obtener aceites cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve *fold*; el aceite esencial diez *fold* es el aceite totalmente libre de terpenos, el cual presenta alta estabilidad, calidad organoléptica y mayor precio en comparación con uno crudo. (Luna Berbesí, 2007, p. 24)

2.2.4. Aplicación de los aceites esenciales

En la actualidad se han analizado más de 3000 aceites esenciales de un gran número de especies botánicas, de los cuales más de 200 aceites tienen un gran valor comercial y se emplean ampliamente en diversas ramas de la industria alimentaria, cosmética, farmacéutica, etc. Se utilizan para dar o incrementar el sabor y aroma al café, té, vinos y otras bebidas espirituosas. Son ingredientes primordiales en la industria de perfumes y jabones. Tienen un rol importante en la medicina, ya sea por su sabor o por su efecto paliativo del dolor. El mercado de los aceites esenciales, presenta una tendencia al crecimiento en los próximos años, eso debido a que son más fáciles de emplear en los procesos industriales, asimismo estos aceites presentan mayor concentración, estabilidad y mayor calidad microbiológica, lo que compensa o equipara sus costos mayores. (De los Ángeles Márquez, 2003, pp.33-44)

Para el caso específico del aceite esencial de naranja, Reátegui Díaz (2005) explica y detalla las aplicaciones de éste a continuación:

El aceite de naranja dulce es con gran diferencia el más importante de los aceites cítricos en términos de cantidad producidas, y de hecho entre los aceites esenciales ocupa el segundo lugar, solo después del aceite esencial de pino. El aceite de naranja dulce se utiliza principalmente como saponífero, predominantemente en bebidas no alcohólicas, aunque también en artículos de pastelería y confitería. Cantidades menores se utilizan en la preparación de cosméticos y en productos de servicios industriales y domésticos. (...) Otras aplicaciones incluyen productos farmacéuticos y colorantes. (...) Los aceites de naranja son concentrados o enriquecidos con frecuencia antes de su utilización; los más altamente concentrados se conocen como aceites de naranja desterpenados. (pp. 38-39)

Como se puede apreciar, es amplio el empleo de los aceites esenciales, y desde luego el del aceite esencial de naranja; sin embargo se han suscitado algunos incidentes, Luna Berbesí (2007) lo indica que “se ha reportado, que esta esencia es causante de algunas enfermedades, e. g. su contacto con la piel puede causar dermatitis.” (p. 23). No obstante, no son incidentes de gran repercusión, pero sí para tomarlos en cuenta.

2.2.5. Tecnologías para la extracción de aceites esenciales

Para el proceso de extracción se debe de tomar en cuenta el tratamiento de la sustancia en bruto con un disolvente apropiado, el cual sólo disuelva al componente deseado, sin atacar a las demás sustancias, pero esto suele ser un ideal. En la práctica, se consigue una mezcla formada por compuestos solubles y el disolvente empleado, esta mezcla suele filtrarse para obtener el

extracto crudo, por ello se requiere de purificaciones posteriores. Cabe resaltar, que se debe considerar previamente las características generales de la sustancia de interés, del solvente y los mecanismos involucrados antes de dar inicio con el proceso de extracción.; aunque lo más común es emplear técnicas estandarizadas, es conveniente tener presente que una gran cantidad de compuestos naturales no permiten que aplicando un sólo proceso de extracción se obtenga a todos ellos.

Los diferentes procesos de extracción empleados para la obtención de aceites esenciales o extractos aromáticos, se pueden resumir en la Figura 11



Figura 11. Métodos de extracción

Adaptado de Albarracín y Gallo (2003). Comparación de dos métodos de extracción de aceite esencial utilizando *piper aduncum* (cordoncillo) procedente de la zona cafetera. (pp. 17-18)

A continuación, se detallarán algunos métodos y tecnologías involucradas en la obtención de los aceites esenciales, pero se hará más énfasis en la destilación por arrastre de vapor y por fluido supercrítico:

- **Destilación azeótropa**

Según Carlson y Stewar (1965), un azeótropo o mezcla azeótropa es aquella que hierve o destila sin cambio en su composición, y en general tiene un punto de ebullición más alto o bajo que cualquiera de sus componentes puros. Una mezcla de punto de ebullición constante es mezcla azeótropa, también se define como aquella cuyas composiciones de líquido y vapor en equilibrio son idénticas. Asimismo, está definida como aquella destilación en la cual uno de los productos es obtenido con un azeótropo. La aplicación de la destilación azeótropa usualmente es limitada a mezclas con puntos de ebullición muy cercanos, siendo difícilmente separables fraccionada.

- **Destilación con vapor a alta presión**

Es una variante del proceso de destilación en corriente de vapor directo, la diferencia es que el flujo de vapor tiene algunas ventajas como el tiempo de destilación más corto, ahorro de energía, destilación completa del aceite esencial. La aplicación del procedimiento es limitada solamente a los aceites estables desde el punto de vista térmico ya que con el aumento de presión se incrementa la temperatura del vapor.

- **Destilación con vapor a baja presión**

El procedimiento es una variante del proceso de destilación en corriente de vapor indirecto, la diferencia es que la destilación se hace en un sistema cerrado, donde la presión es menor que la presión atmosférica. La temperatura de destilación será menor a 100 °C. A esta temperatura la degradación térmica del compuesto del aceite es mínima.

- **Hidrodestilación**

Es el procedimiento más antiguo para el aislamiento de aceites esenciales, se sigue empleando hasta ahora porque tiene ciertas ventajas. En conformidad con este procedimiento la materia prima está permanentemente en contacto con el agua de destilación. Durante el proceso los compuestos volátiles se difunden dentro de las células vegetales en agua; el orden de destilación de los compuestos depende primero de la polaridad de la molécula y no de su volatilidad, así que los compuestos oxigenados de los aceites esenciales son el primer destilado comparativamente con los compuestos hidrocarbonatados. Los compuestos oxigenados presentan también una velocidad de difusión más alta que los compuestos hidrocarbonatados. El

equipo de hidrodestilación consta de destilador, condensador y el vaso florentino, como se puede apreciar en la Figura 12.

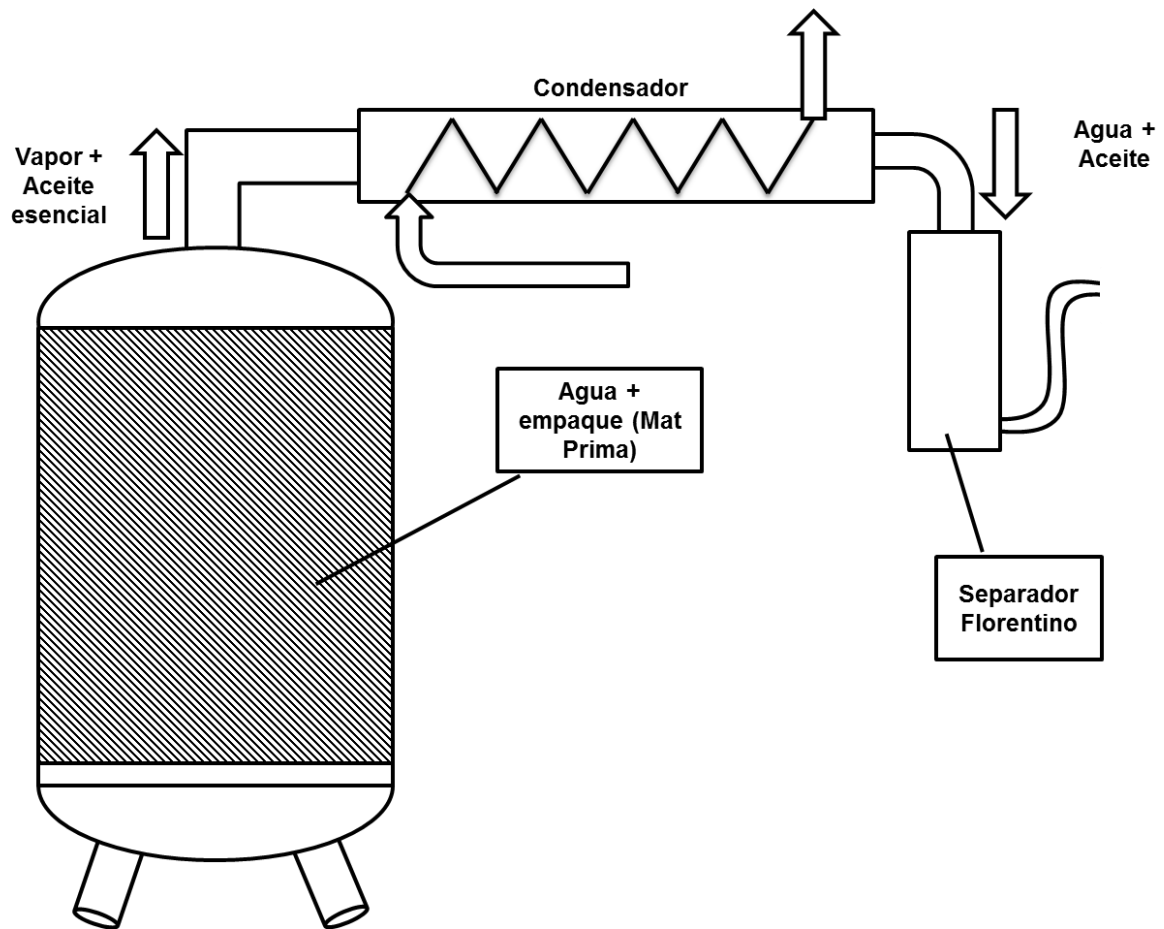


Figura 12. Equipo de hidrodestilación (Reátegui Díaz, 2005)

- **Destilación por arrastre de vapor**

En este procedimiento el vapor de agua está generado dentro de la caldera de vapor, de esta manera el calentamiento del material vegetal es uniforme, la degradación del aceite esencial será eliminada porque el material vegetal no tiene ningún contacto con la pared recalentada del destilador y el flujo podría ser dirigido donde más convenga. La destilación por arrastre de vapor se hace en dos modalidades, las cuales son con vapor directo y con vapor indirecto. El equipo se compone de destilador, condensador y el vaso separador, como se muestra en la Figura 13.

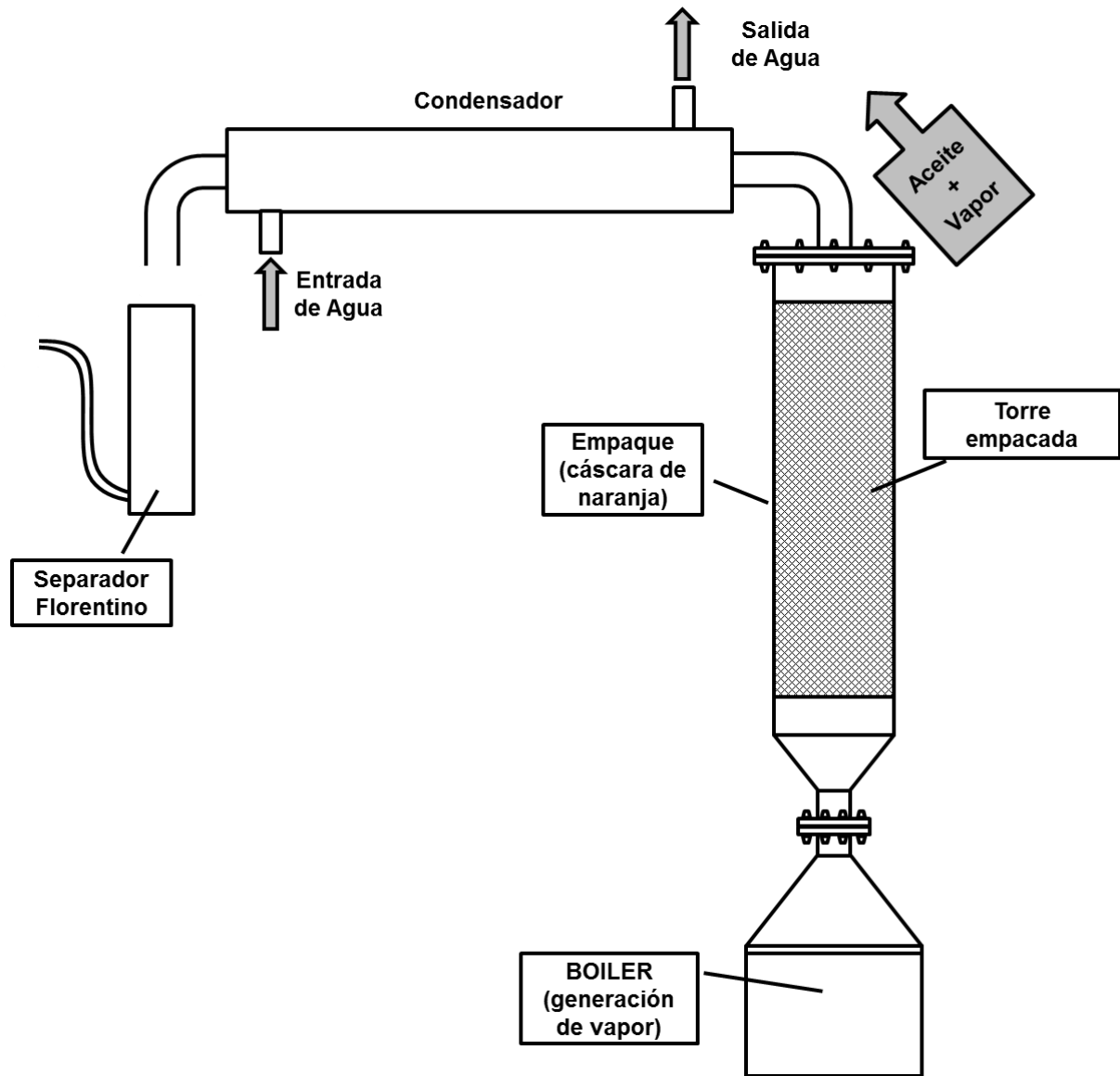


Figura 13. Destilación por arrastre en corriente a vapor (Reátegui Díaz, 2005)

A escala de laboratorio el método más conocido es el de la extracción con el equipo Clevenger, el cual es considerado en varios estándares internacionales como el más adecuado para la obtención del aceite esencial de una planta aromática. El mencionado equipo está compuesto de un matraz redondo, donde se coloca en conjunto la materia prima (previamente molida) y cierta cantidad de agua pura. Posteriormente se procede a calentar y con ello el aceite esencial con el agua presente se evapora. Con ayuda de un condensador, el cual va acoplado al matraz y una conexión en forma de D, se logra acumular y separar el aceite esencial de la mezcla condensada. En la Figura 14, se puede apreciar los dos tipos de conexiones que se pueden emplear; dependerá si el aceite esencial es más denso que el agua o cuando es menos denso. Las

ventajas de este equipo están relacionadas con su simplicidad y flexibilidad para trabajar con aceites de distintas densidades y naturaleza. (Rodríguez et al, 2012)

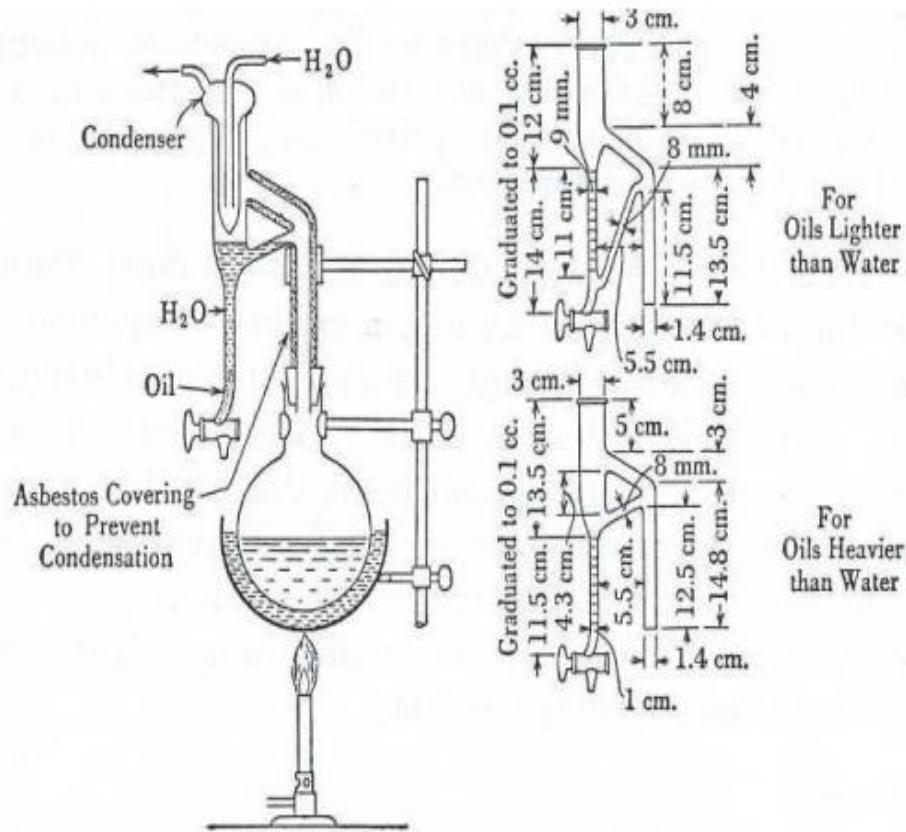


Figura 14. Equipo Clevenger en vidrio Pyrex (Günther, 1948)

- **Extracción por *cold press***

El sistema *cold press* está basado en el prensado de la materia prima de la cual se va extraer el aceite, a temperaturas que fluctúan entre los 10 °C– 20 °C. El equipo utilizado es conocido como *oil expeller*, consta básicamente en una prensa helicoidal que tritura la materia prima extrayendo de esta manera todo tipo de líquido contenido en esta, la mezcla de líquido sólido es dirigida a extracción *cold press* la cabeza de la prensa donde es filtrada de modo tal que solo el líquido fluye a través de los agujeros de salida situados a los lados de la prensa, mientras que los sólidos molidos son direccionados hacia la parte posterior de la cabeza de la prensa, pudiéndose extraer como una masa con poco contenido de líquidos.

El termino *cold*, se debe a la temperatura usada para este proceso, que es de 10 °C – 20 °C, esto es para evitar la evaporación de aceite, y obviamente la perdida de este. A temperaturas ambiente de 24 – 26°C la fricción de la prensa helicoidal puede hacer que la temperatura de los líquidos se eleve hasta 60 °C– 65 °C, a esta temperatura algunos componentes del aceite esencial podrían volatilizarse. La mayor desventaja de este método es que el líquido extraído es una mezcla trifásica, constituida por; jugo de naranja – aceite –sólidos, haciendo de esta manera, que el método de separación posterior sea relativamente más complejo, pues deberá incluir un sistema de filtrado, se esquematiza el equipo en la Figura 15.

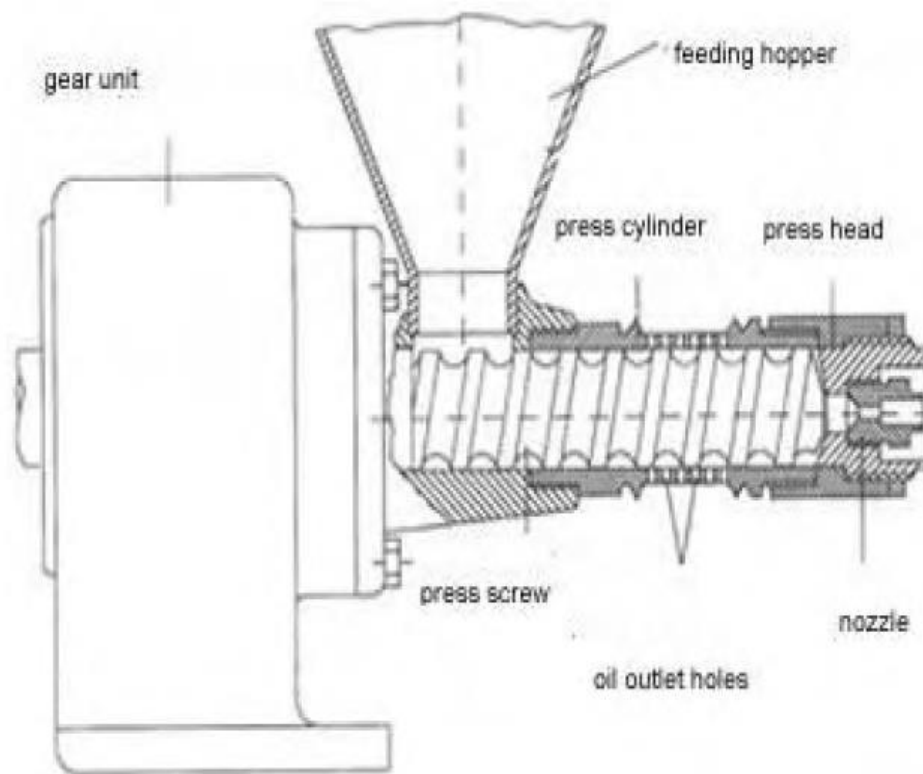


Figura 15. Equipo *cold press* (Ruiz y Saavedra, 2007)

- **Extracción por prensa cónica**

Este método también se basa en el prensado y es específico para la extracción del aceite de naranja. La extracción se hace a nivel unitario, y mediante el uso de equipo para el procesamiento continuo. Las naranjas son distribuidas en receptáculos semiesféricos soportados en una matriz giratoria, una vez que la naranja se deposita en los receptáculos se le inserta una cánula por la parte inferior, aproximadamente hasta llegar al centro de la naranja, una vez hecho esto el receptáculo se contrae y presiona la naranja haciendo que de esta manera el jugo fluya hacia el exterior a través de la cánula insertada, al mismo tiempo la presión ejercida por el

receptáculo provoca que el aceite sea expulsado de la cáscara, fluyendo a través de múltiples canales dispuestos en la base del receptáculo, de esta manera se obtiene una mezcla jugo de naranja – aceite con poco contenido de jugo de naranja, haciendo más fácil su separación. El inconveniente de este método es que debe hacerse una pre-selección de las naranjas a fin de trabajar con una distribución de tamaños bastante corta, se esquematiza el equipo en la Figura 16.

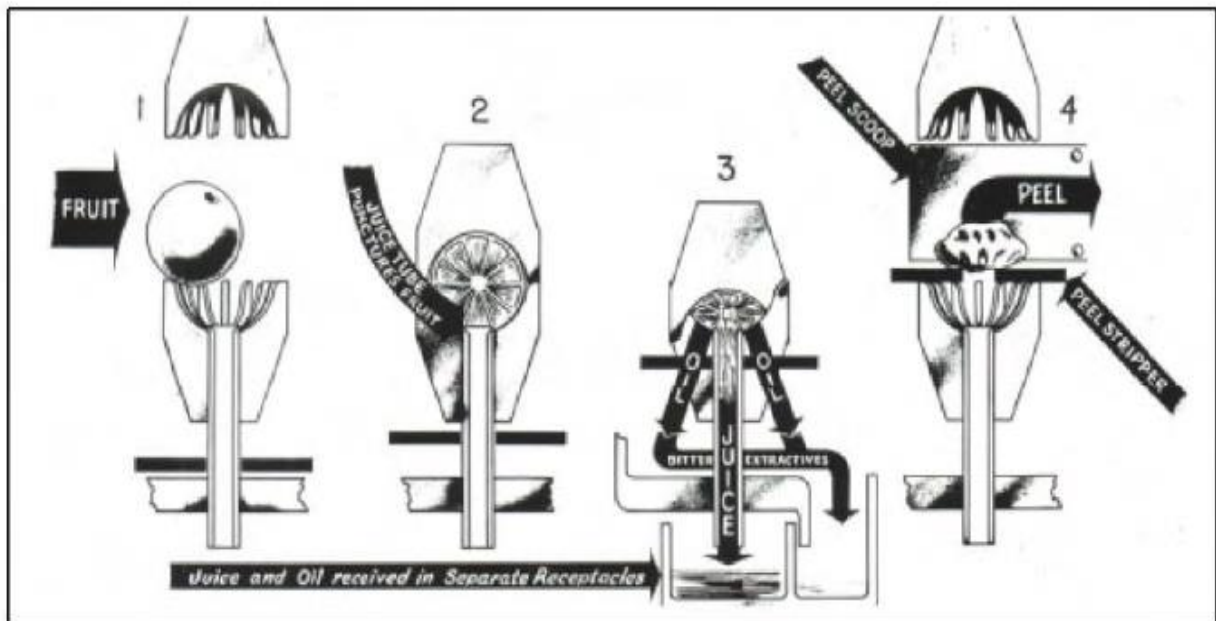


Figura 16. Equipo de extracción por prensa cónica (Ruiz y Saavedra, 2007)

- **Destilación por fluido supercrítico**

- ❖ **Definición de fluido supercrítico**

Ruiz Sala (1996) da la siguiente definición:

Se puede definir fluido supercrítico como aquel que está sometido a condiciones de presión y temperatura por encima del punto crítico, siendo éste el punto designado por una temperatura crítica (T_c) y una presión crítica (P_c), por encima del cual no puede haber una liquefacción al elevar la presión o vaporización al aumentar la temperatura (...) (p. 2).

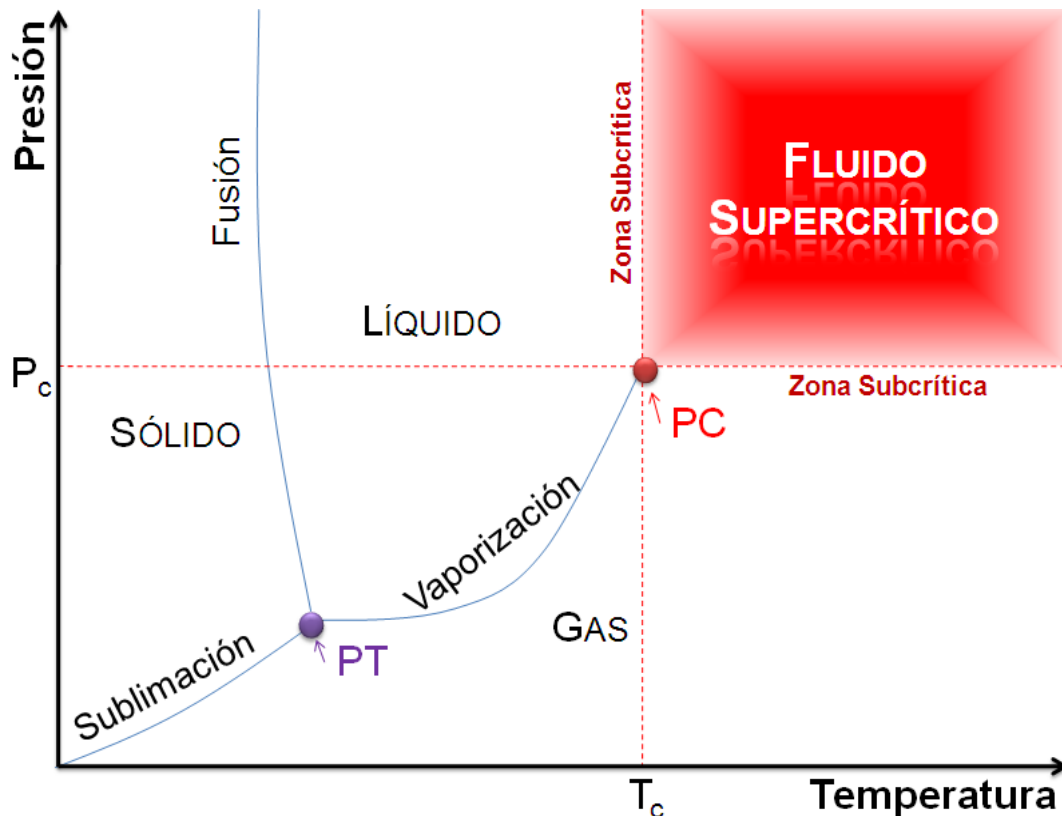


Figura 17. Diagrama de temperatura versus presión de una sustancia para conocer las condiciones de punto triple y punto crítico (Vásquez, 2008)

En la Figura 17 se aprecia también la relación existente entre los tres estados de agregación de la materia (sólido, líquido y gaseoso) en función de la temperatura y la presión. Se aprecia claramente que en el Punto Triple (PT) coexisten las tres fases. Por encima del Punto Crítico (PC) la sustancia no es ni un líquido ni un gas, sin embargo presenta propiedades de ambos: se comporta como un gas al ocupar y adoptar la forma de su contenedor y tiene la densidad de un líquido, además de su poder disolvente. (Silva Chandía, 2012, p. 3)

❖ Propiedades y aplicaciones de fluidos supercríticos

Domínguez y Parzanese. (2011). Mencionan que los FSC son conocidos desde mediados del siglo XIX., pero sus primeras aplicaciones a la industria se dieron alrededor de 1970, siendo el descafeinado del café el primer proceso industrial exitoso de extracción supercrítica.

Entre las principales aplicaciones a nivel industrial de los FSC se pueden señalar a la determinación de compuestos mediante cromatografía de FSC; el mejoramiento de los parámetros de calidad y conservación de productos, tales como desinfección, desinsectación,

inactivación enzimática; el diseño de partículas para recristalización, micronización de principios activos, encapsulación; las técnicas de impregnación de materiales, la eliminación de sustancias tóxicas en implantes biomédicos; la eliminación de aceites minerales de piezas industriales y materiales electrónicos; la producción de biodiesel; la aplicación que está tomando mayor protagonismo es la extracción, sobre todo en el campo de la industria alimentaria. (Domínguez. y Parzanese, 2011, p.1)

Los fluidos supercríticos más empleados son el dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O), monóxido de dinitrógeno (N_2O), etano (C_2H_6), propano (C_3H_8), pentano (C_5H_{12}), hexano (C_6H_{14}), amoníaco (NH_3), eteno (C_2H_4), xenón (Xe). (De los Ángeles Márquez, 2003, p. 46)

En las últimas dos décadas la utilización de FSC se ha desarrollado más, especialmente en los mecanismos de reacción de síntesis de compuestos orgánicos y organometálicos, en donde participan directamente, llegando a reemplazar a los solventes convencionales. Su empleo más frecuente es en las reacciones gas-líquido catalizadas por sólidos, ya que la operación en condiciones supercríticas da lugar a un fluido homogéneo, eliminando así la interface gas-líquido y con ello se reduce, en gran medida, la resistencia a la transferencia de masa. Con ello se logra un mejor control en la superficie catalítica de los reactivos, incrementando la selectividad, la velocidad y el rendimiento del proceso. Ejemplos palpables de este tipo aplicaciones de reacciones son la hidrogenación de aceites vegetales en la producción de margarinas, la transesterificación de aceites vegetales con metanol supercrítico, el desarrollo de la técnica de cromatografía de fluidos supercríticos; y el uso de los mismos como solventes en los procesos de extracción de aceites esenciales. (Domínguez y Parzanese, 2011, pp.1-2)

En la actualidad, se viene desarrollando muchas investigaciones para obtener, de una manera rápida, segura y con bajos costos, las sustancias contenidas en los alimentos funcionales, los cuales a su vez presentan un incremento considerable en su consumo. De forma general la extracción de dichos compuestos es mediante la aplicación de solventes orgánicos, los cuales son tóxicos, inflamables y su tratamiento posterior de demasiado laborioso. He ahí la oportunidad para el desarrollo de las investigaciones con FSC, siendo estos una muy buena alternativa ya que adicionalmente a su seguridad, tienen la capacidad de disolver o extraer un mayor número de componentes de los alimentos, con una mejor calidad y eficacia en el proceso. (Domínguez y Parzanese, 2011, p.3)

La industria química para su desarrollo sostenible necesita de solventes verdes, así mismo la preocupación por disminuir los riesgos en las plantas industriales, las emisiones a la atmósfera, pero esto no solo es preocupación de las industrias, sino también de las comunidades, gobiernos y demás organismos internacionales. Con la aplicación de la tecnología de FSC se daría respuesta a las demandas de producir sin dañar el medio ambiente, ya que en general los solventes utilizados no son contaminantes y esta tecnología es catalogada como amigable con el medio ambiente. El dióxido de carbono y el agua supercrítica son los dos solventes verdes de gran potencial, los cuales presentan un crecimiento en sus aplicaciones y su uso a nivel industrial. Ambos, al encontrarse en condiciones cuasicríticas presentan propiedades solventes atractivas y sobre todo que no presentan toxicidad, ni inflamabilidad, y tienen bajo costo. El agua supercrítica se emplea para la destrucción de sustancias tóxicas y como solvente en la transformación de biomasa en combustibles. (Domínguez y Parzanese, 2011, p.4)

❖ **El CO₂ supercrítico**

Pese a que el dióxido de carbono no es el fluido supercrítico que posea el mayor rendimiento, es el más empleado, desde el punto de vista comercial esto se debe a su bajo costo y abundancia, además que es un gas inerte, es decir no presenta toxicidad, no es corrosivo, ni inflamable. Así mismo, presenta una temperatura crítica de aproximadamente 31.2 °C, la cual es muy cercana a la temperatura ambiente (25 °C a 30 °C); otra ventaja que presenta el mencionado compuesto químico es que a condiciones supercríticas se evidencia la ausencia de degradación térmica, esto debido a su baja temperatura crítica, y con ello se obtiene altos niveles de pureza, lo cual reduce la contaminación posible del aceite esencial. Estas características lo convierten en el solvente apropiado para tratar sustancias que sean sensibles a los cambios violentos de temperatura, como es el caso de los aceites esenciales. (De los Ángeles Márquez, 2003, p. 46)

❖ **Proceso de extracción fluidos supercríticos**

Domínguez y Parzanese (2011) define al proceso de extracción de FSC de la siguiente manera:

(...) [Es] una técnica de separación de sustancias disueltas o incluidas dentro de una matriz, que se efectúa por encima del punto crítico del solvente, basada en la capacidad que tienen determinados fluidos en estado supercrítico de modificar su poder de disolución. Es posible variar en un amplio rango el poder disolvente de dichos fluidos, modificando su densidad con pequeños cambios de presión o

temperatura; de esta forma se lo puede ajustar para disolver selectivamente ciertas sustancias o separar aquellas ya disueltas en la etapa de purificación. (p. 6)

Es preciso señalar que existen dos tipos de extracción con FSC, la extracción continua y la discontinua.

La extracción continua es aplicada en procesos de extracción de fase liquido-liquido, tales como el fraccionamiento de la grasa láctea, el desalcoholizado de bebidas alcohólicas, o en la extracción del colesterol de lácteos. En la Figura 18 se esquematiza el proceso de la extracción en mención.

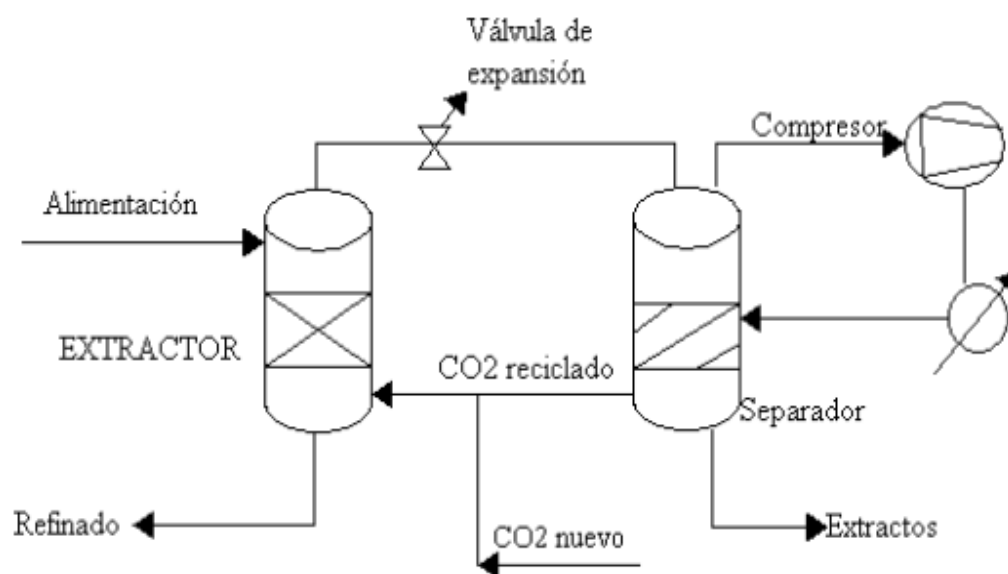


Figura 18. Esquema del proceso de extracción continua de FSC (Domínguez y Parzanese, 2011)

Por su parte, la extracción discontinua es aplicada para procesos de extracción en fase solido-liquido, tales como la extracción de lúpulos, aromas o sabores de especias, el descafeinado de café. Sin embargo la desventaja que presenta este tipo de extracción es que se necesita de compresión y descompresión continua. En la Figura 19 se esquematiza el proceso de la extracción en cuestión.

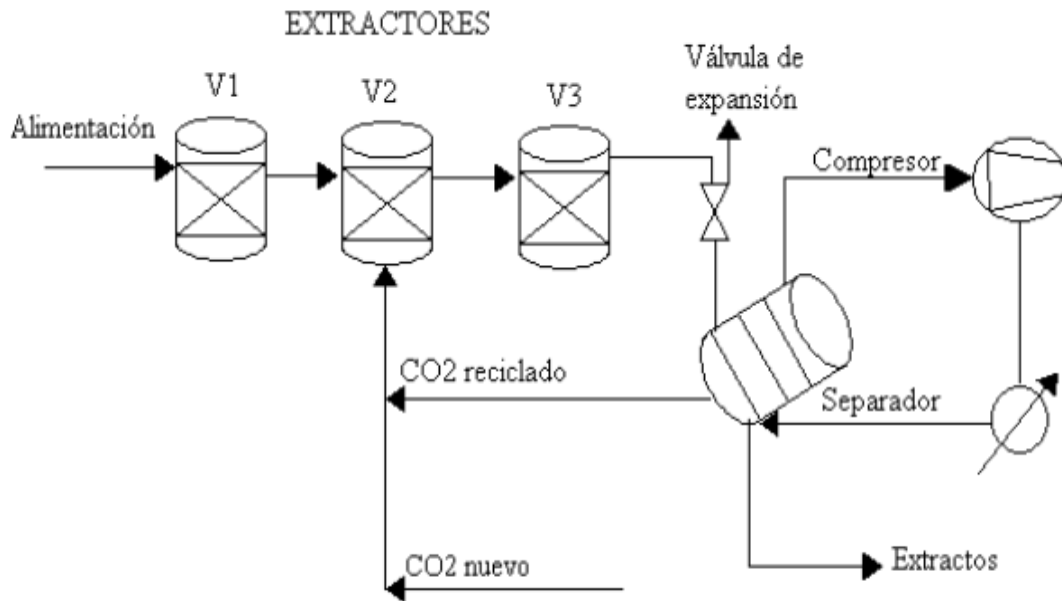


Figura 19. Esquema del proceso de extracción discontinua de FSC (Domínguez y Parzanese, 2011)

Asimismo, Domínguez y Parzanese (2011) mencionan las ventajas del empleo de esta tecnología, las cuales son:

- ✓ Se emplean temperaturas moderadas, lo que impide el deterioro de los componentes térmicamente frágiles del producto natural.
- ✓ La alta volatilidad que presentan estos fluidos facilita su eliminación y con ello se asegura bajos niveles de solvente residual en el producto final.
- ✓ Generalmente se emplean como FSC solventes no tóxicos, lo cual contribuye al desarrollo de procesos sustentables, favoreciendo al avance de la química verde.
- ✓ Se optimizan las propiedades de transporte, lo cual facilita el proceso de extracción.
- ✓ El proceso de extracción se efectúa sin cambios de fase.
- ✓ Ajustando la densidad del fluido se pueden extraer de manera diferencial compuestos volátiles y no volátiles, ajustando la densidad del fluido para variar su poder solvente.

Sin embargo, Domínguez y Parzanese (2011) también mencionan las limitaciones del empleo de esta tecnología, éstas son:

- ✓ Tanto los costos de operación, como el de mantenimiento del equipo son elevados, se necesita de una inversión inicial muy alta.

- ✓ Existe una baja disponibilidad de equipos y un reducido desarrollo de diseño de los mismos
- ✓ El equilibrio de fase entre solvente y el soluto puede resultar complicado.
- ✓ Si se necesitan emplear cosolventes para lograr alterar la polaridad del fluido, éstos pueden acoplarse en el extracto, lo cual conlleva una operación de separación posterior.
- ✓ Debido a las altas presiones se dificulta la adición continua de sólidos al extracto.

2.3. Contexto de la investigación

2.3.1. Identificación de los actores y canales de la cadena de valor

En la cadena de valor de los aceites esenciales se puede decir que participan una serie de actores, en mayor o menor medida, entre los cuáles se destacan los proveedores, productores, intermediarios y exportadores, esto se detalla a continuación y se esquematiza en la Figura 20

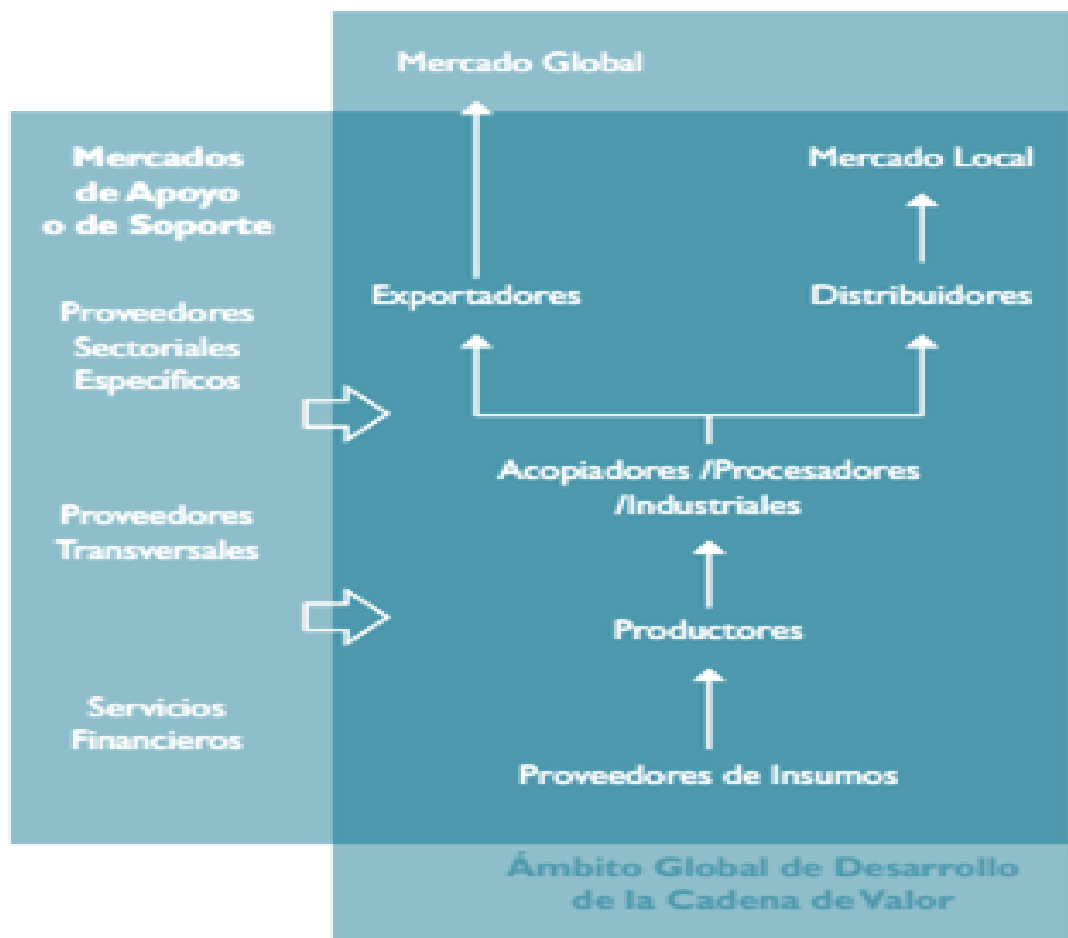


Figura 20. Cadena de valor (Fretes y Martínez, 2011)

- ✓ Proveedores de servicios: instituciones públicas y privadas que prestan diversos servicios, así como la asistencia técnica a los productores.
- ✓ Proveedores de insumos, maquinarias y equipos: empresas que proporcionan a los productores de equipos (envases, contenedores, reactivos etc.) para la producción primaria, así mismo a las empresas exportadoras les proveen de todo lo necesario para el proceso de desterpenados y la exportación en sí.
- ✓ Productor: generalmente son pequeños, en algunos casos son organizaciones o cooperativas que no trabajan el rubro y tienen trato directo con los centros de acopio de las empresas exportadoras, aunque se dan casos en que la venta se realiza con los intermediarios locales.
- ✓ Intermediarios locales: comerciantes que realizan el acopio la producción generada por los productores pequeños.
- ✓ Exportador: empresas, por lo general sociedades anónimas, cuya función principal radica en la adecuación de la producción a las exigencias legales de los mercados internacionales

La mayor parte de aceites esenciales empleados para la industria de cosméticos, alimenticia y farmacéutica, lo importan utilizando como canal a los agentes, los importadores, las industrias procesadoras y manufactureros. Para el caso de los manufactureros, estos no importan el producto directamente del productor, pues así minimizan el riesgo de adquirir productos en mal estado o de pésima calidad, por lo que lo delegan esta responsabilidad a los importadores. Los canales de distribución, pueden cambiar dependiendo de los mecanismos legales y comerciales que presente cada país, sin embargo alrededor del el 60% y 80% del comercio de los aceites esenciales se realiza directamente entre productores/exportadores con los importadores procesadores, y con las grandes casas de fragancias y multinacionales. Entre los más grandes productores de aceites esenciales se encuentran las compañías multinacionales L’Oreal, Beiersdorf , Wella, Unilever, y Sanofi Aventis, estas grandes compañía poseen un espectro grande de sectores, tales como cosméticos, industria farmacéutica, alimentos y otros. (Barreda, 2008)

Tomando en cuenta los elementos de la cadena de valor y los canales de comercialización de los aceites esenciales, y resaltando que éstos están dirigidos a una amplia gama usuarios, en la Figura 21 se esquematiza el sistema de comercialización de los mismos.

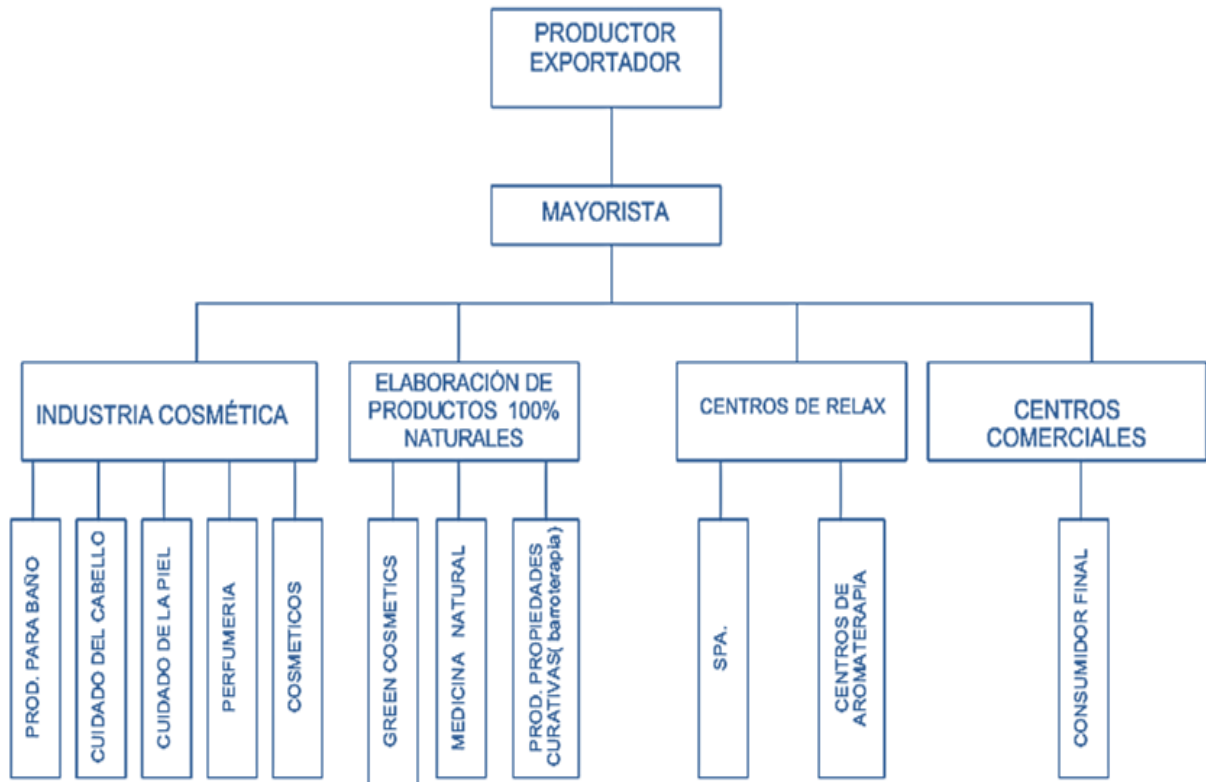


Figura 21. Sistema de comercialización de los aceites esenciales (Tapia Chugá, 2005)

Un punto especial es el procesamiento industrial de los cítricos, del cual se llega a obtener principalmente jugos y concentrados cítricos, de dicho proceso quedan gran cantidad de materia que puede ser empleada para generar subproductos. Dichos subproductos pueden ser los aceites esenciales, los cuales son muy valorados por la industria farmacéutica y alimenticia, ya que los usan como aromatizantes, saborizantes y demás aplicaciones.

En la Tabla 7 se muestra los principales aceites esenciales empleados según industria y segmentos en Europa, las industria de cosméticos emplea principalmente el aceite de limón y naranja. Por su parte la industria alimenticia elabora sus productos con aceites cítricos y en algunos casos aceites florales. Para la industria farmacéutica los aceites de citronela, naranja, pachuli, lavanda, entre otros, tienen una connotación de aromaterapia y homoterapia principalmente.

Tabla 7 Uso de los aceites esenciales en Europa según industria y segmento

Industria	Segmentos	Aceites Esenciales
Industria de cosméticos	Cuidado Personal Detergentes y jabones Cuidado Dental	Limón, menta, naranja, pachuli
Industria alimenticia	Bebidas Confitería Tabaco Alimento procesados y enlatados	Aceites cítricos, de especies, vainilla, saborizantes y aceites esenciales florales, menta
Industria farmacéutica	Homoterapia Productos de cuidados personales Aromaterapia	Naranja, citronela, cítricos, pachuli, lavanda, geranio

Adaptado de Barrera (2008). Ficha de producto de El Salvador hacia el mercado de la Unión Europea. (p. 5)

2.3.2. Comercio mundial

A continuación, se analizará el comercio de aceites esenciales, primeramente de forma general y posteriormente se centrará en el mercado del aceite esencial de naranja; dicho análisis corresponde al periodo 2004-2012. Es preciso señalar que tanto los principales importadores como exportadores, han mantenido una constante presencia en el comercio global.

- **Importaciones**

El mercado internacional de aceites esenciales (independientemente de su método de extracción y clasificación), al 2012, presenta una demanda total aproximada de USD 3,599,516 miles en valor FOB. Dentro de este grupo de países importadores de aceites esenciales, es Estados Unidos quien posee el mayor volumen de importaciones en toneladas y en unidades monetarias, obteniendo una participación del 18.8% del total del monto importado, según cifras

oficiales del 2012. En segundo lugar, con 8.3% de participación, se encuentra Francia y; posteriormente, Alemania con 7.7%; mientras que Perú mantiene una participación de 0.1%, como se describe en el Gráfico 1.

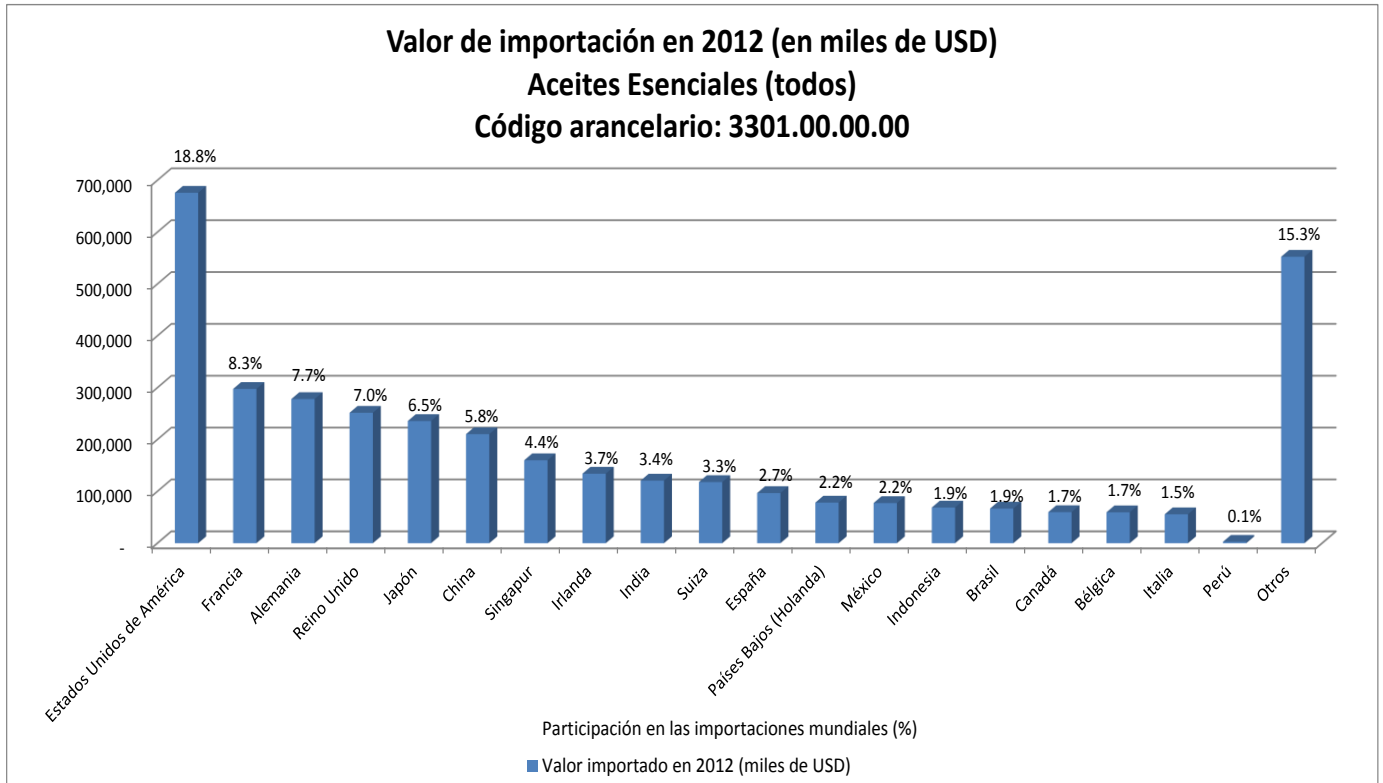


Gráfico 1 Valor de las importaciones de aceites esenciales en el 2012 (Fuente Trademap. Elaboración propia)

A lo largo de los últimos 10 años (2004-2012, no se considera año 2013 debido a que aún no se presentan cifras oficiales completas), se evidencia un crecimiento sostenido en el valor total de las importaciones, con únicas excepciones en los años 2008, donde se sufrió una estrepitosa caída a causa de la crisis financiera internacional y en el año 2012, a causa de la copiosa disminución de importaciones por parte de Francia y Suiza, quienes se encuentran entre los 10 más grandes importadores de esta materia prima, como se percibe en el Gráfico 2

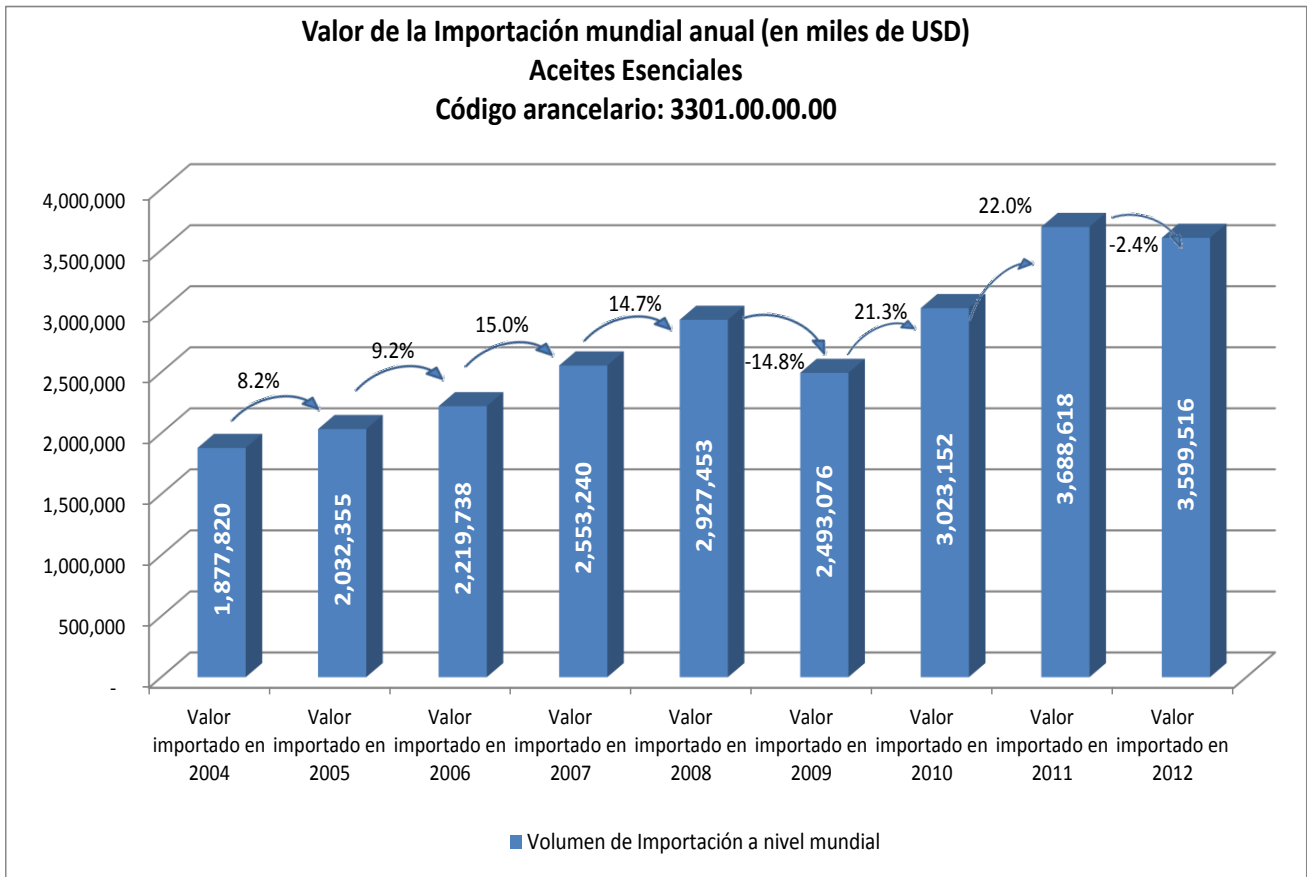


Gráfico 2 Valor de las importaciones anuales de aceites esenciales a nivel mundial en el periodo 2004-2012 (Fuente Trademap. Elaboración propia)

Cabe resaltar que EEUU, quien es el mayor importador de aceites esenciales, presenta un crecimiento constante, como se evidencia en el Gráfico 3.

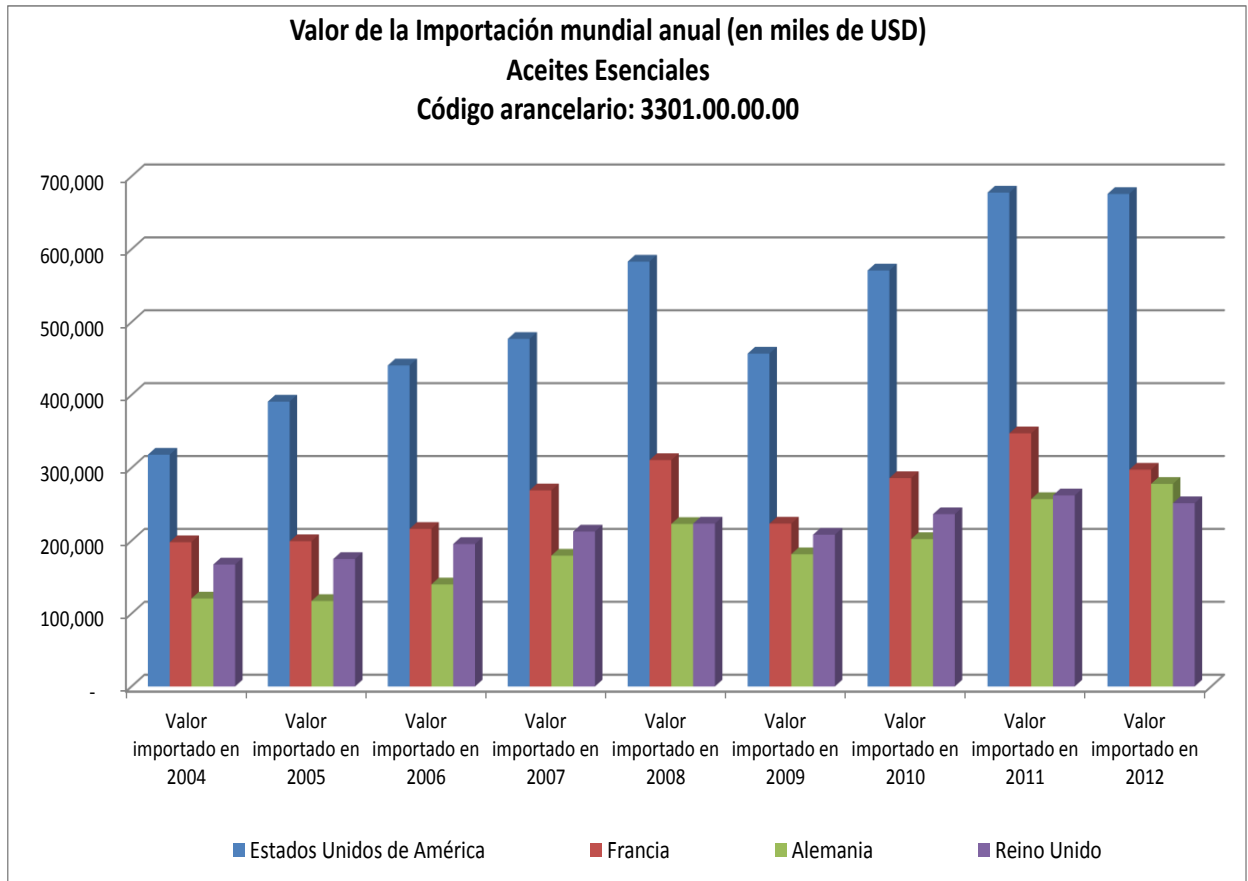


Gráfico 3 Valor de las importaciones mundiales de aceites esenciales de los cuatro principales países en el periodo 2004-2012 (Fuente Trademap. Elaboración propia)

Por otra parte, específicamente el mercado internacional de aceite esencial de naranja, al 2012, presenta una demanda total aproximada de USD 405,531 miles en valor FOB (representa un 11.27% de la partida arancelaria 3301.00.00.00, que describe a todos los tipos de aceites esenciales).

Dentro del grupo de países importadores de aceite esencial de naranja, se encuentra Japón liderando la lista (con un 18% de participación), superando a Estados Unidos por pocos puntos porcentuales, quien posee 17.6%. En tercer lugar, se encuentra Alemania, con una participación de 14.7%. Por su parte, Perú presenta un escaso nivel de participación del 0.2%, como se describe en el Gráfico 4, según cifras oficiales del 2012.



Gráfico 4 Valor de las importaciones de aceite esencial de naranja en el 2012 (Fuente Trademap. Elaboración propia)

Así como en el mercado de aceites esenciales total, el mercado de aceite esencial de naranja, presenta un crecimiento constante de las importaciones, como se aprecia en Gráfico 5.

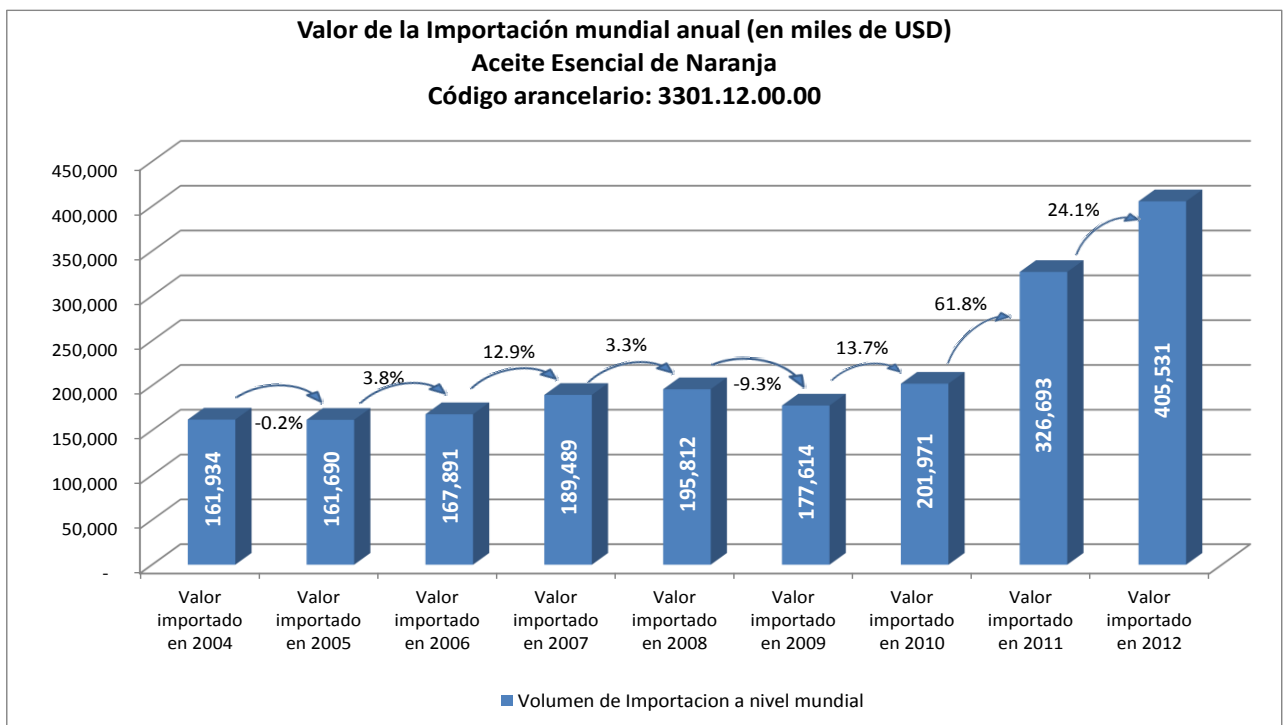


Gráfico 5 Valor de las importaciones anuales de aceite esencial de naranja a nivel mundial en el periodo 2004-2012 (Fuente Trademap. Elaboración propia)

En el Gráfico 6 se puede apreciar que al 2012, el país con mayor volumen de importación es Japón, a pesar de que años anteriores era Estados Unidos quien lideraba el volumen de importaciones. Como se muestra en el gráfico, los cuatro países con mayor representatividad en el volumen de importaciones presentan tendencia al crecimiento. Este mercado, a lo largo de los últimos 10 años, solo se registró una disminución significativa en el 2008, como consecuencia crisis financiera internacional. Por lo demás, siempre se ha registrado un crecimiento en la cantidad demandada de aceite esencial de naranja.

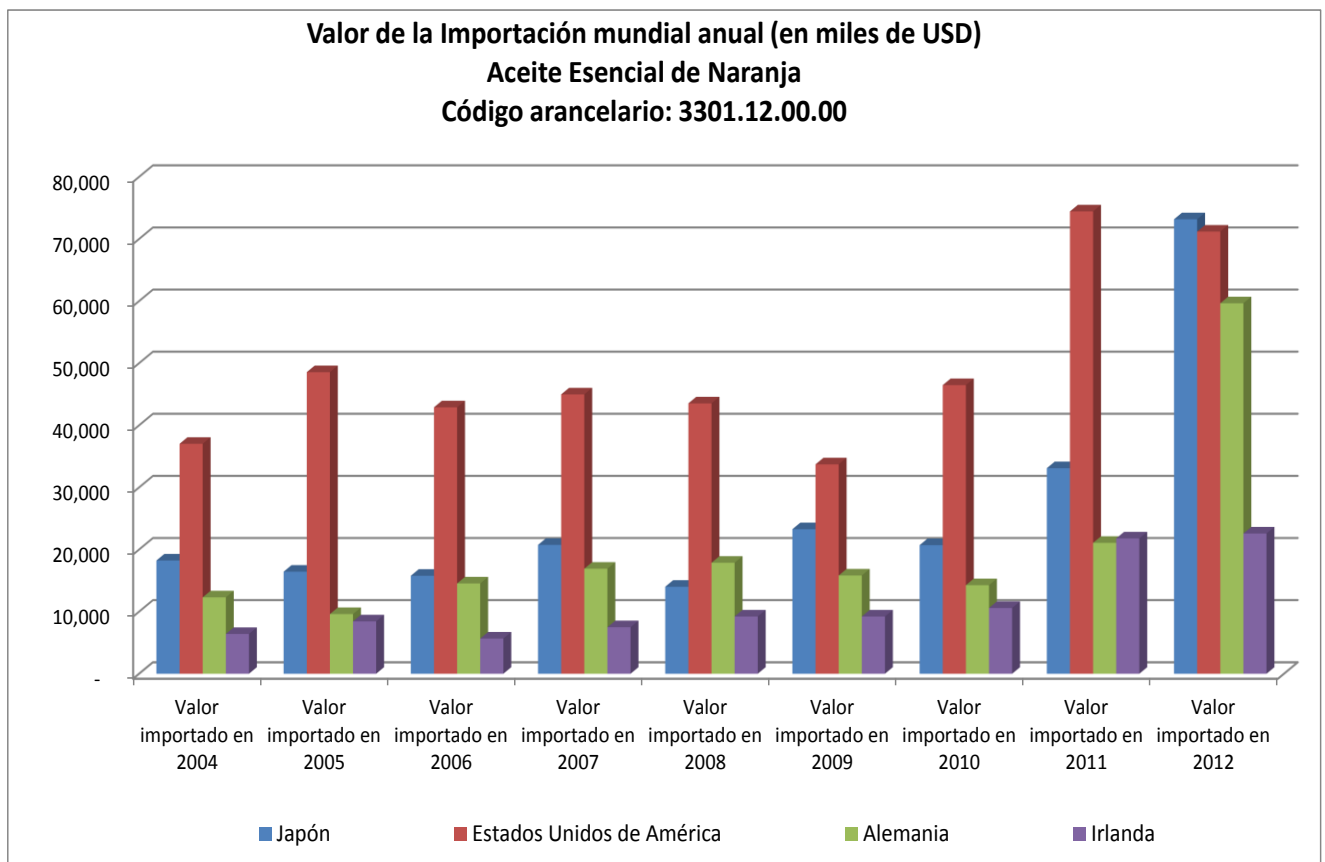


Gráfico 6 Valor de las importaciones mundiales de aceite esencial de naranja de los cuatro principales países en el periodo 2004-2012 (Fuente Trademap. Elaboración propia)

- **Exportaciones**

Al 2012, la exportación total registrada a nivel mundial de aceites esenciales es USD 3,640,638 miles; destacando así, como el país con mayor volumen de exportación, India, con un 19.9% de participación. En segundo lugar, se encuentra Estados Unidos, con un 13.5%; mientras

que Francia, posee un 7.5%. En este marco comparativo, se encuentra Perú, quien posee una participación de 0.3%, como se puede apreciar en el Gráfico 7.

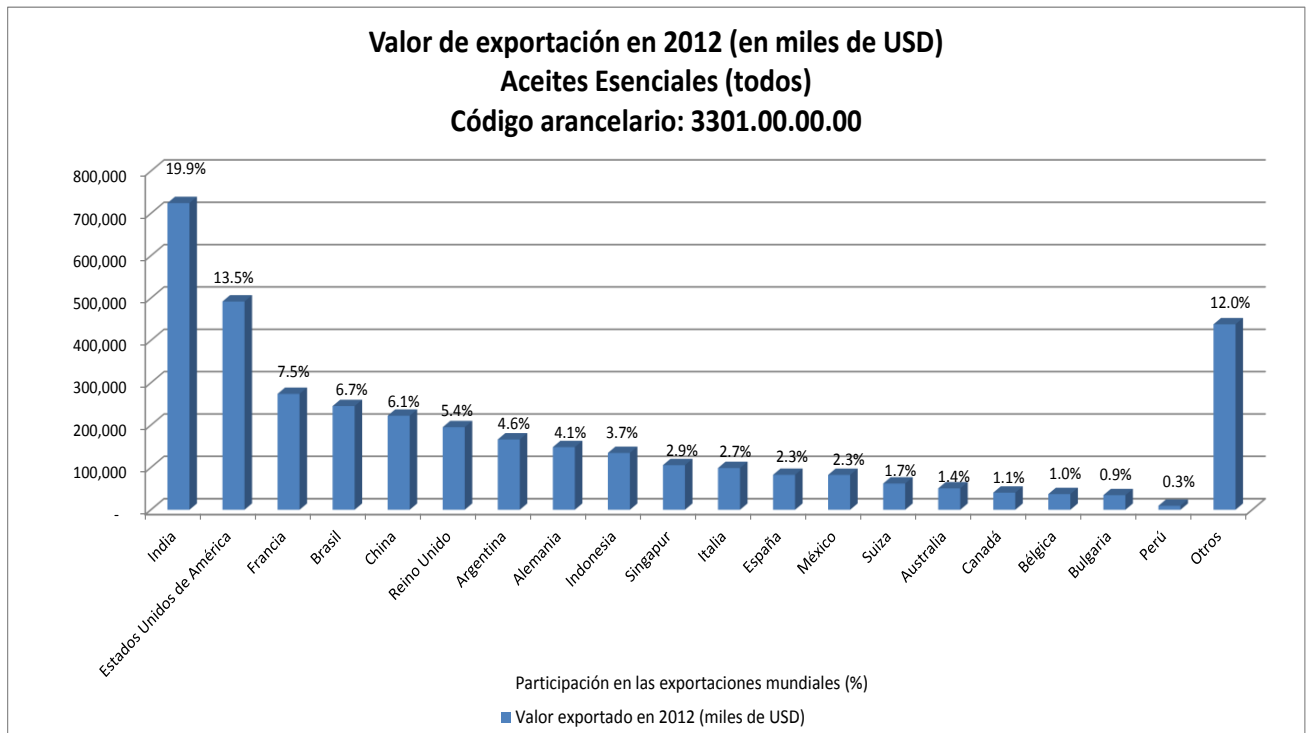


Gráfico 7 Valor de las exportaciones de aceites esenciales en el 2012 (Fuente Trademap. Elaboración propia)

En el Gráfico 8 se realiza un análisis por año, las exportaciones (2004-2012) han seguido un ritmo de crecimiento positivo; teniendo como única excepción el año 2008; nuevamente a causa de la crisis financiera internacional.

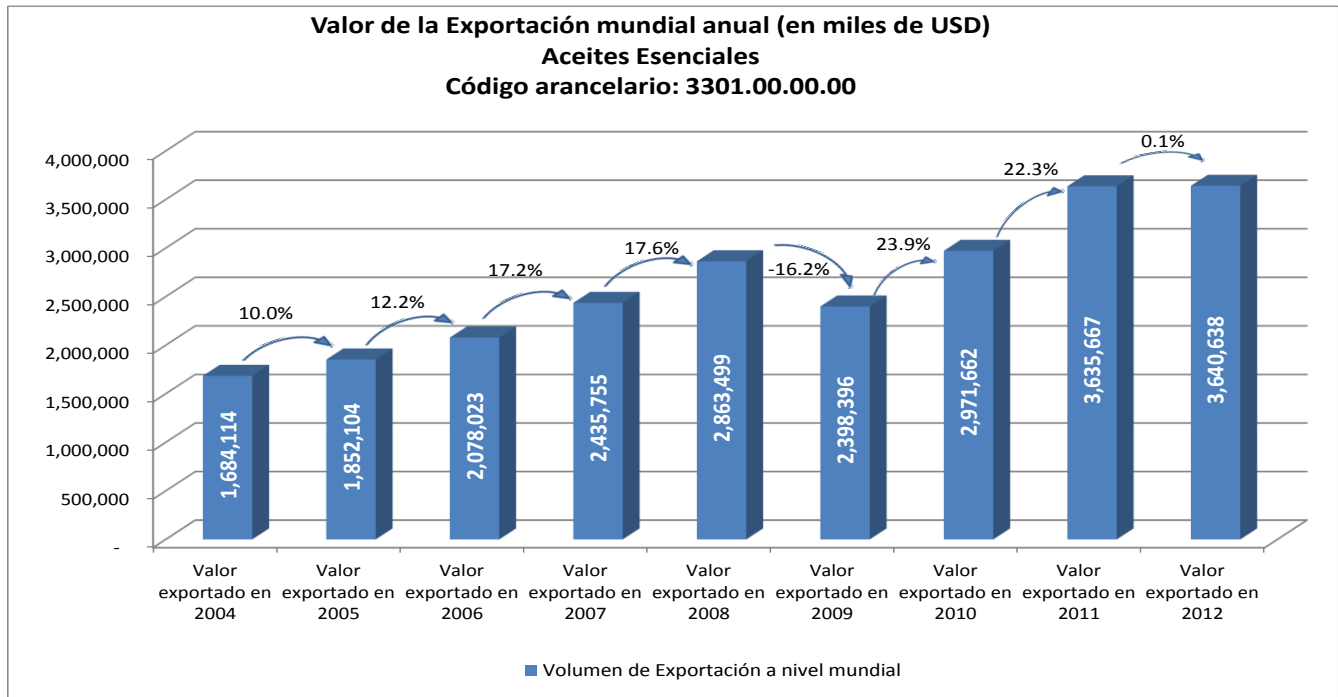


Gráfico 8 Valor de las exportaciones anuales de aceites esenciales a nivel mundial en el periodo 2004-2012 (Fuente Trademap. Elaboración propia)

Como se aprecia en el gráfico 9, los cuatro países con mayor volumen de cantidad exportada de aceites esenciales presentan tendencia positiva en su ritmo de crecimiento. India en los últimos años ha presentado un crecimiento en su nivel de exportaciones; mientras que Estados Unidos, quien es su principal competencia, presenta también crecimientos, pero a una menor tasa

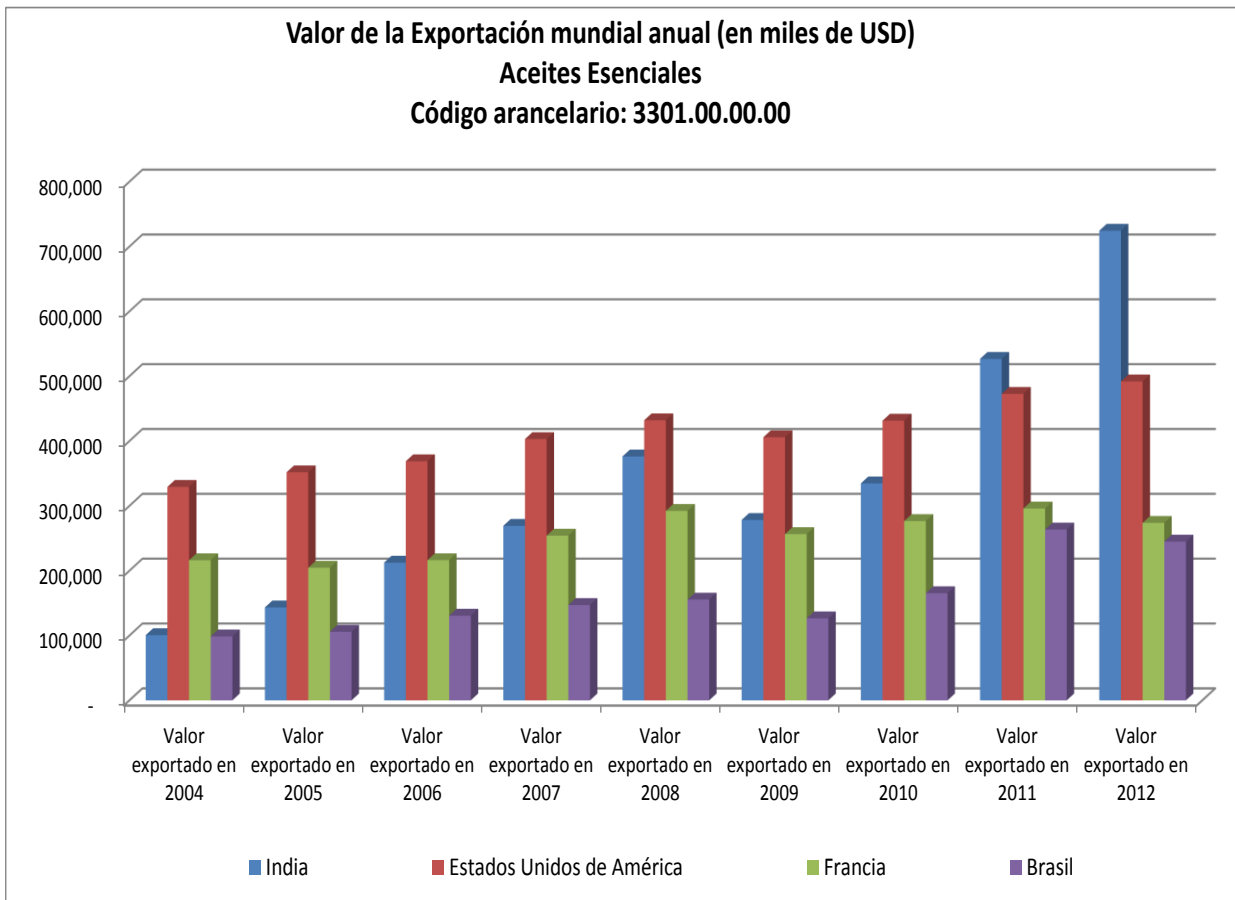


Gráfico 9 Valor de las exportaciones mundiales de aceites esenciales de los cuatro principales países en el periodo 2004-2012 (Fuente Trademap. Elaboración propia)

Al 2012, en el mercado internacional de aceite esencial de naranja, se registra una oferta total aproximada de USD 344,886 miles en valor FOB (representa un 9,47% de la partida arancelaria 3301.00.00.00, que describe a todos los tipos de aceites esenciales).

Dentro del grupo de países exportadores de aceite esencial de naranja, se encuentra Brasil, liderando la lista (con un 36% de participación), superando largamente a Estados Unidos y a Alemania, quienes poseen 28.2% y 7.5% respectivamente. Por su parte, Perú presenta un escaso nivel de participación del 0.0023%, como se describe en el Gráfico 10, según cifras oficiales del 2012.

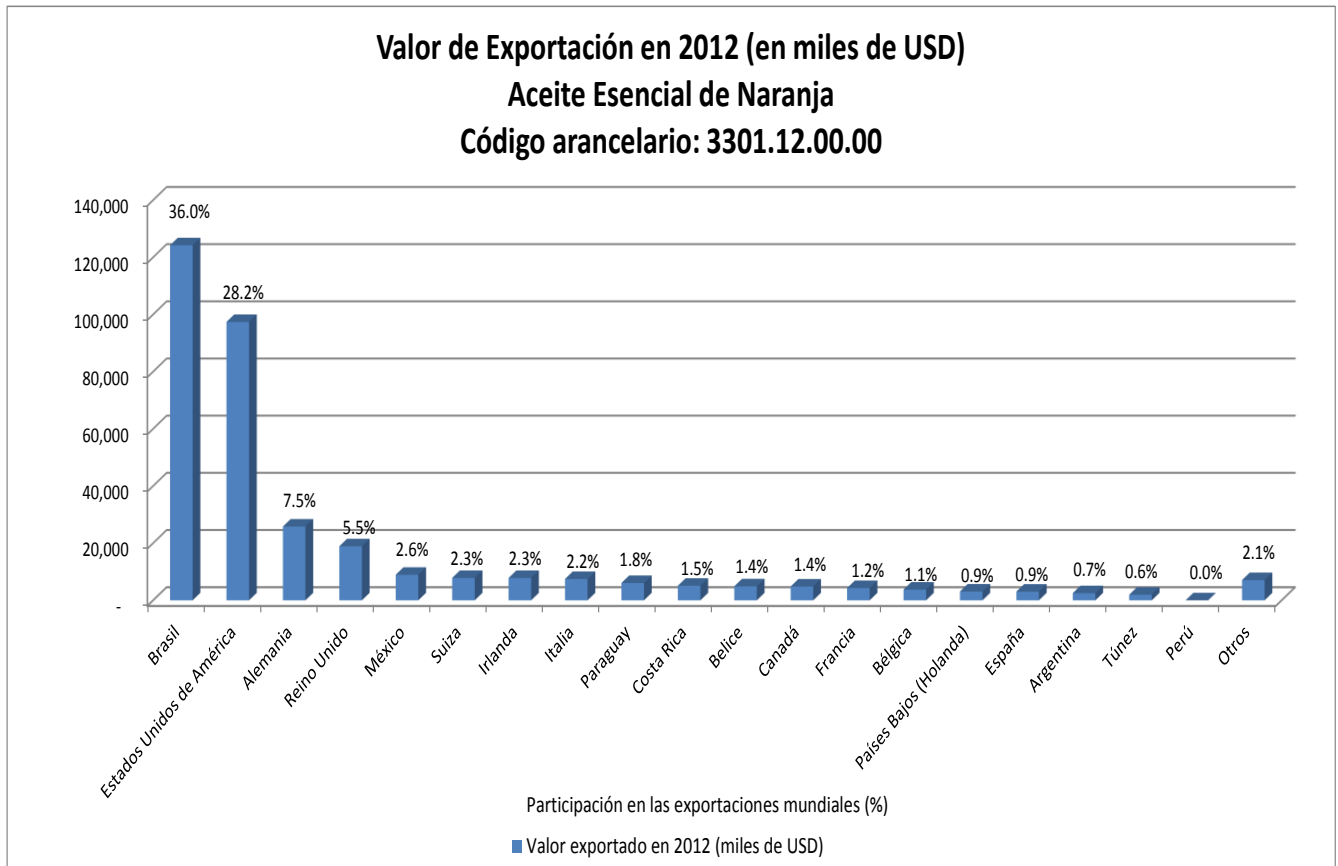


Gráfico 10 Valor de las exportaciones de aceite esencial de naranja en el 2012 (Fuente Trademap. Elaboración propia)

Así como en el mercado de aceites esenciales total, el mercado de aceite esencial de naranja también presenta un crecimiento constante de las exportaciones, teniendo como única disminución, el año 2008, como se aprecia en el Gráfico 11

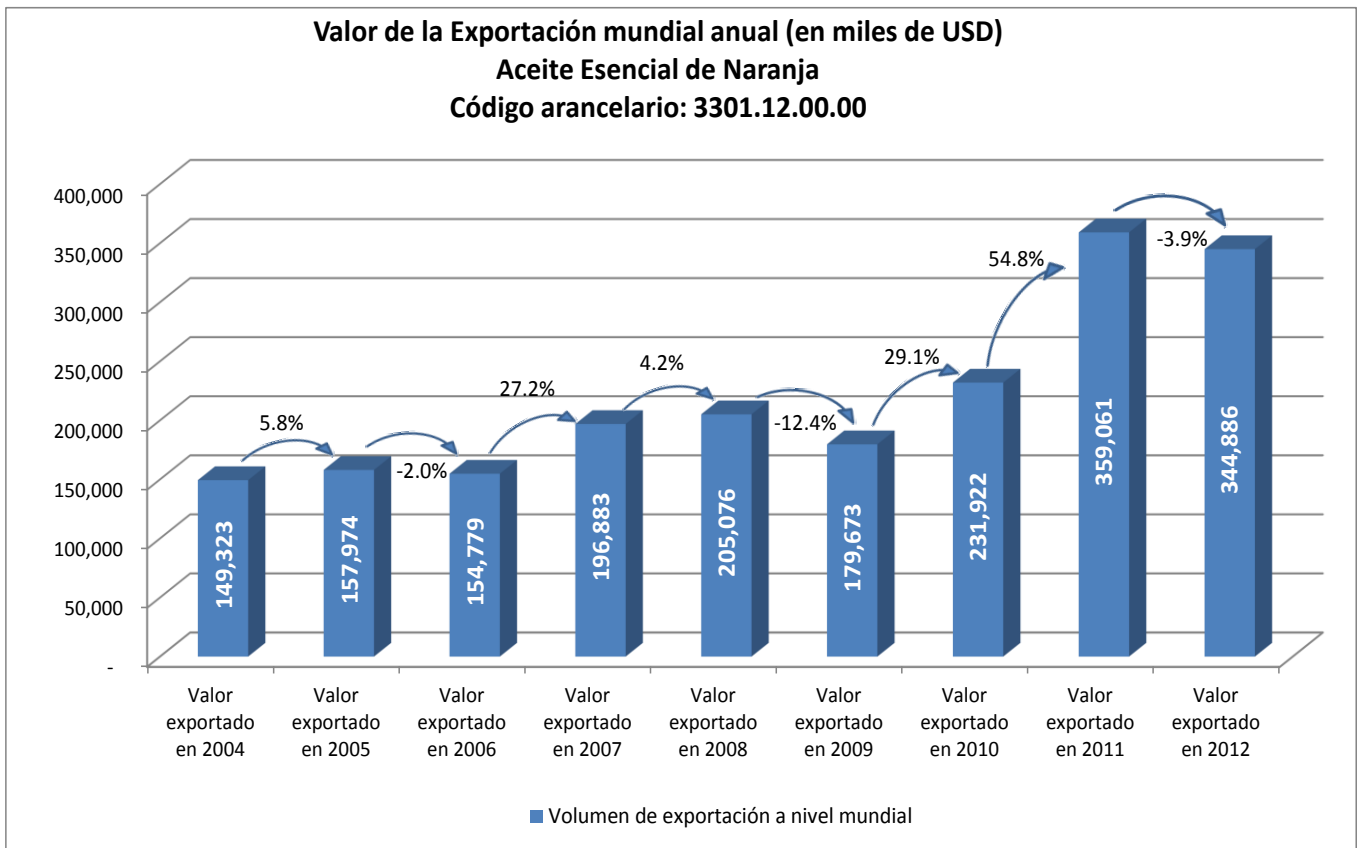


Gráfico 11 Valor de las exportaciones anuales de aceite esencial de naranja a nivel mundial en el periodo 2004-2012 (Fuente Trademap. Elaboración propia)

Cabe mencionar que, hacia el 2011, el crecimiento fue de más del 50%. Al 2012, el país con mayor volumen de exportación es Brasil y es quien ha sido el mayor exportador de este insumo, a lo largo de la última década. Como se muestra en el Gráfico 12, los cuatro países con mayor volumen de cantidad exportada presentan tendencia positiva en su ritmo de crecimiento. Brasil ha presentado siempre crecimiento en su nivel de exportaciones; mientras que Estados Unidos, quien es su principal competencia, presenta también crecimientos, pero a una menor tasa.

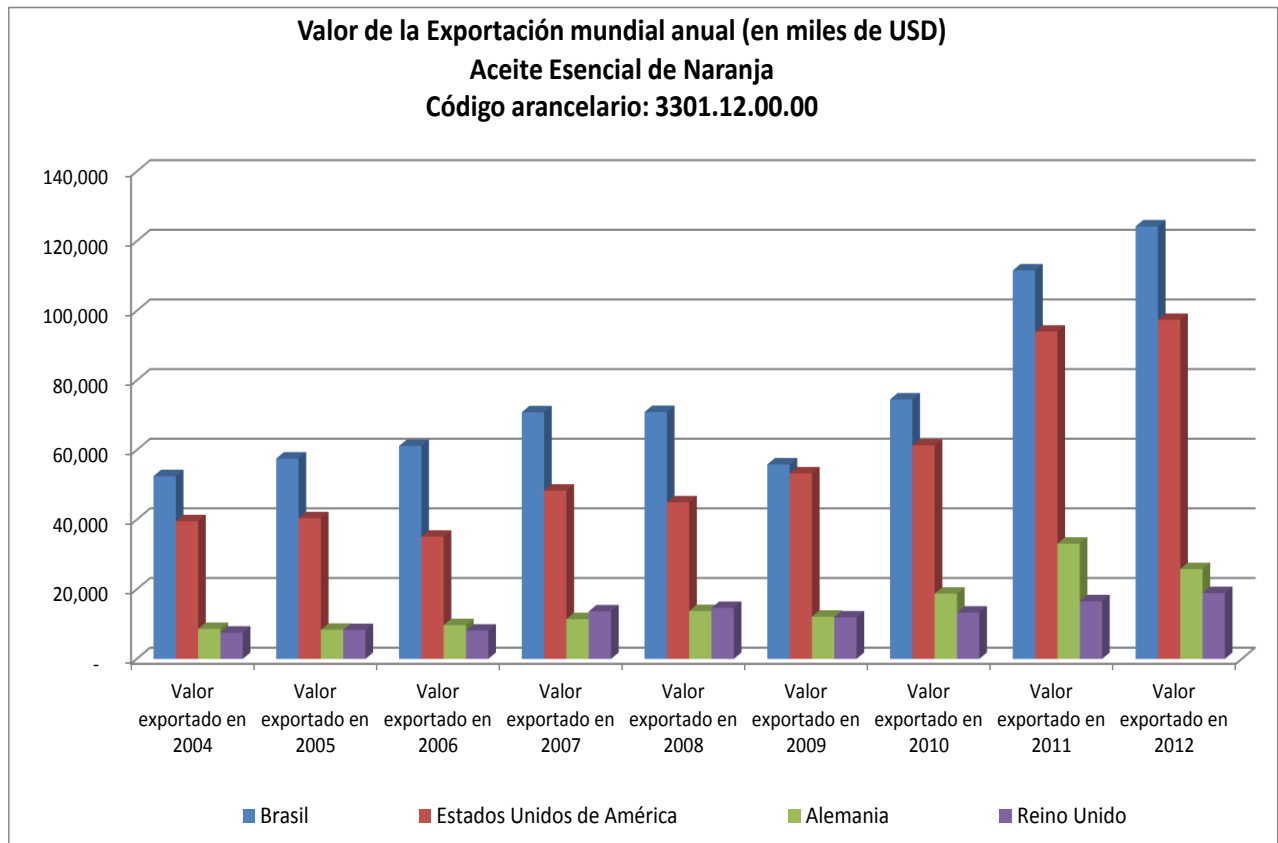


Gráfico 12 Valor de las exportaciones mundiales de aceite esencial de naranja de los cuatro principales países en el periodo 2004-2012 (Fuente Trademap. Elaboración propia)

Por otro lado, no existe información sobre la exportación o importación del aceite esencial de mandarina y tangelo, tanto a nivel nacional como mundial, además que es poca o nula la investigación que se hace sobre la extracción del mencionado aceite en el país.

2.3.3. Producción nacional de naranja, mandarina y tangelo

A continuación, se analizará la producción nacional de naranja, mandarina y tangelo; dicho análisis corresponde al periodo 2002-2013. Es preciso señalar que para el caso del tangelo la información es exigua, sin embargo se ha logrado obtener algunos datos relacionados con su producción.

- **Naranja**

La producción nacional de naranjas para el año 2013 fue de 441,125 toneladas, superando de esta manera en 2.89% a la producción del año 2012. En el Gráfico 13 se puede apreciar que la producción ha venido creciendo aunque no de una manera ininterrumpida, ya que en los años

2007 y 2009 se presentaron ligeras caídas en el nivel de producción del 2.71% y 0.63% respectivamente.

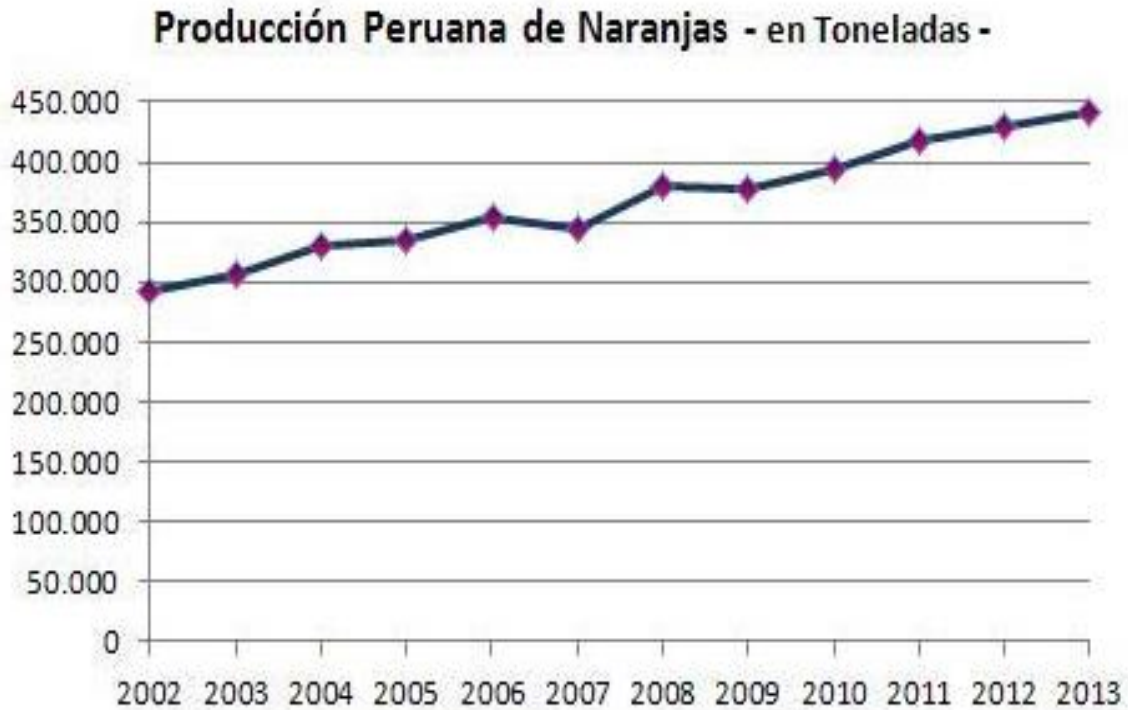


Gráfico 13 Producción peruana de naranjas en toneladas en el periodo 2002-2013 (Fuente MINAG. Elaboración propia)

Tradicionalmente la región Junín ha sido la principal productora de naranjas en el Perú, y como se puede apreciar en el Gráfico 14, el año 2013 presentó una producción de 245,099 toneladas que equivale al 55.6% de la producción, con, 5.45% superior a lo producido el año 2012. En la región Lima la producción fue de 45,118 toneladas, con lo cual se aumentó la producción de la región en 3.99%, llegando a constituir en el año 2013 el 10.2% de la producción nacional. La tercera región de importancia en cuanto a la producción de naranja es la región San Martín, para el año 2013 presentó una caída de su producción en 1.84%; en la región Ica la producción se incrementó en 9.32% y en Cuzco la producción descendió 11.63%; la producción en Puno tuvo un ligero incremento del 0,40%

Participación en la Producción de Naranjas por Regiones - 2013 -

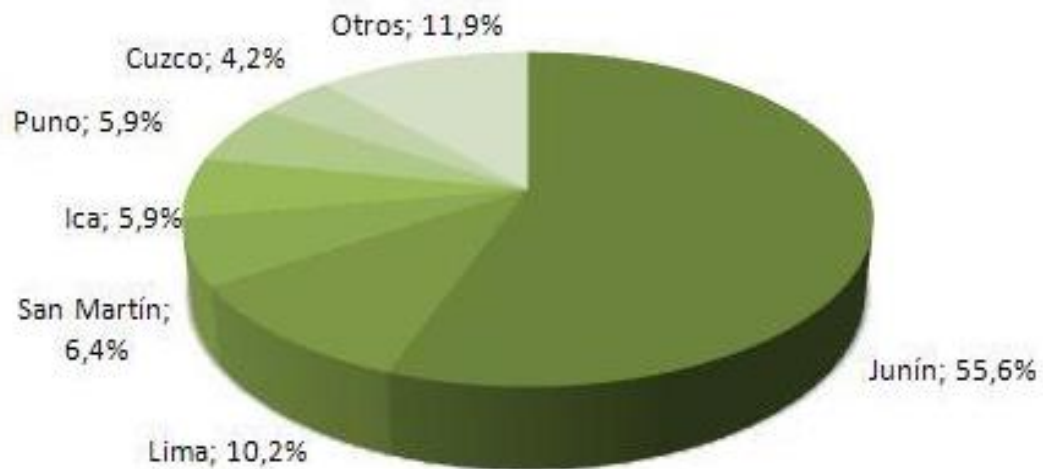


Gráfico 14 Participación en la producción de naranja por regiones en el año 2013 (Fuente MINAG. Elaboración propia)

Superficie Cosechada a Nivel Nacional - Hectáreas -

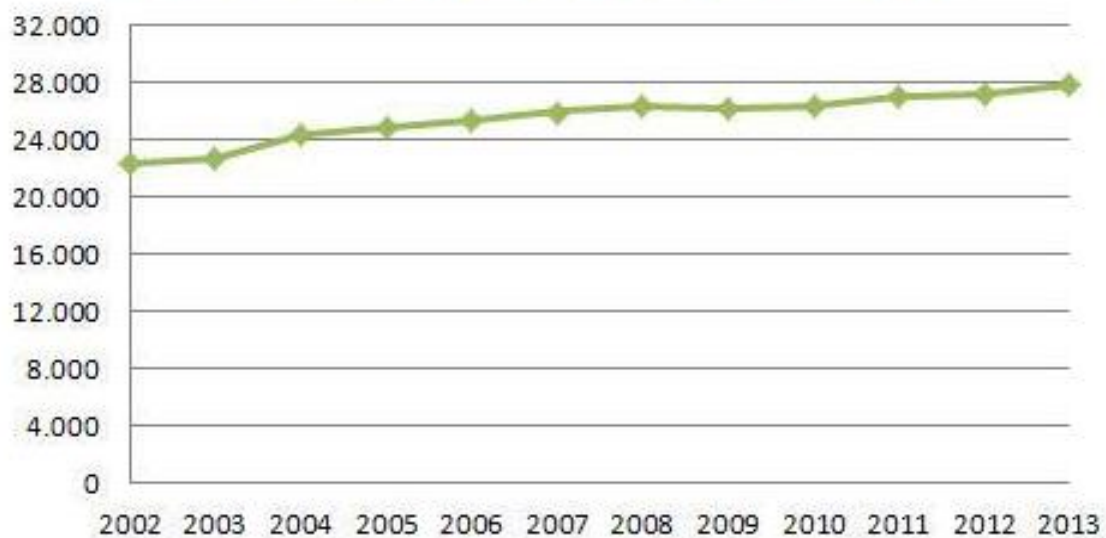


Gráfico 15 Superficie cosechada de naranja en hectáreas en el periodo 2002-2013 (Fuente MINAG. Elaboración propia)

La superficie cosechada de naranja en el Perú para el año 2013 fue de 27,847 hectáreas, con lo cual el crecimiento en la superficie cosechada fue del 2,17% respecto al año 2012, tal y como se puede apreciar en el Gráfico 15. Es preciso resaltar que Junín es la región con la mayor superficie cosechada, aglomera el 45,05% del total, luego le siguen las regiones Puno con

9.31%, San Martín con 7,76%, Cuzco con 6,80%, Lima tiene 4,63% e Ica presenta el 3,36%. En cuanto a incrementos en la superficie cosechadas por regiones, las variaciones en la superficie cosechada el año 2013 respecto a la del 2012 fueron para Junín 4.06%, en el caso de Lima 4.80%, para San Martín 4.04%, en el caso de Puno 0.78%, Ica tuvo 1,30% y Cuzco presentó - 0.42%.

En el año 2013 el rendimiento nacional por hectárea de naranjas fue de 15,841 kilos/ha, un 0.71% superior respecto al año 2012, tal y como lo muestra el Gráfico 16. La región Lima obtuvo un rendimiento de 35,002 kilos/ha con lo cual consiguió 120.96% por encima del promedio nacional; en relación al año 2012 el rendimiento alcanzado en la región Lima el año 2013 fue superior en 1.35%. Otra región con rendimiento muy por encima del promedio nacional es la región Ica, cuyo rendimiento el año 2013 fue de 27,603 kilos/ha, 74.25% más que el promedio nacional. Para la región Junín, la principal región productora logró 19536 kilos/ha, siendo 23,33% superior al promedio nacional. En el caso de la región San Martín se produjo 13,125 kilos/ha y en Puno la producción fue de 9,956 kilos/ha.



Gráfico 16 Rendimiento nacional de producción de naranja en kilogramos por hectárea en el periodo 2002-2013 (Fuente MINAG. Elaboración propia)

En el año 2013 el precio promedio en chacra por kilogramo de la naranja fue de S/. 0.54, siendo éste un 3.57% menor respecto al año 2012, como se puede apreciar en el Gráfico 17. Es

preciso señalar que los mayores precios por kilo de naranja en chacra el año 2013 se dieron en las regiones Lima e Ica con S/. 1.20 y S/. 1.17 por kilo respectivamente. Para la región Junín el precio en chacra fue de S/. 0.37 por kilo, siendo éste 31.48% menos que el promedio nacional; con relación a la región de Cuzco el precio fue de S/. 0,55, en Puno S/. 0,50 y San Martín S/ 0.37



Gráfico 17 Precio en chacra de la naranja en nuevos soles por kilogramo en el periodo 2002-2013 (Fuente MINAG. Elaboración propia)

En el Gráfico 18 se puede apreciar que las exportaciones de naranja en el año 2011 ascendió en 5,064,846 millones de dólares americanos, dando lugar a un crecimiento del 25.53% respecto al valor de las exportaciones del año 2010. Así mismo se puede apreciar que el pico del valor de las exportaciones peruanas se alcanzó el año 2008. Si se expresara en kilogramos, se tiene que la exportación de naranja en el año 2011 fue de 11,318,088 kilogramos, cantidad que es 44.16% mayor que los kilos de naranjas exportadas el año 2010. En el año pico de las exportaciones, el 2008, el peso de las naranjas exportadas ascendió a 14,580,404 kilogramos.

Exportaciones Peruanas de Naranjas, frescas o secas

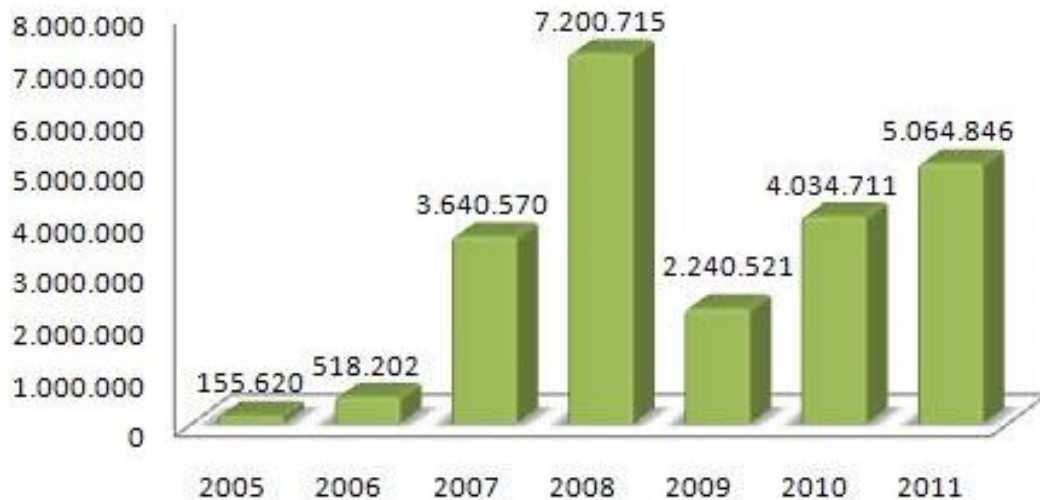


Gráfico 18 Exportaciones peruanas de naranja en dólares americanos en el periodo 2005-2011 (Fuente SUNAT. Elaboración propia)

Para el año 2011 las naranjas peruanas se exportaron a 17 países, siendo el principal destino Holanda, como se puede apreciar en el Gráfico 19, con 1,426,729 millones de dólares americanos, seguido por Reino Unido con 1,327,495 millones de dólares americanos, y dentro de la región se ha exportado 336,482 millones de dólares americanos al mercado Colombiano.

Principales Destinos de las Exportaciones Peruanas de Naranjas Frescas o Secas -2011-

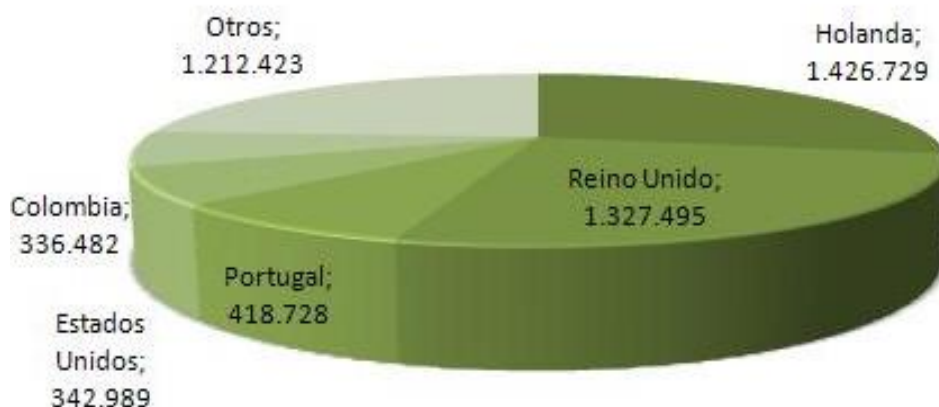


Gráfico 19 Principales destinos de las exportaciones peruanas de naranjas frescas o secas en el año 2011 (Fuente SUNAT. Elaboración propia)

- **Mandarina**

La producción nacional de mandarinas en el año 2013 fue de 313,797 toneladas, cantidad que supera en 11,65% a la producción del año 2012. En el gráfico 20 se puede apreciar que la producción de mandarinas ha crecido significativamente desde el nivel de 133,198 toneladas producidas en el año 2002. Para los años 2008 y 2009 se presentaron caídas de -1.70% y -11.27% respectivamente, pero posteriormente le han seguido incrementos de la producción del 33,27%, 6,76% y del 18,95% para los años 2010, 2011 y 2012 en ese orden correspondientemente.

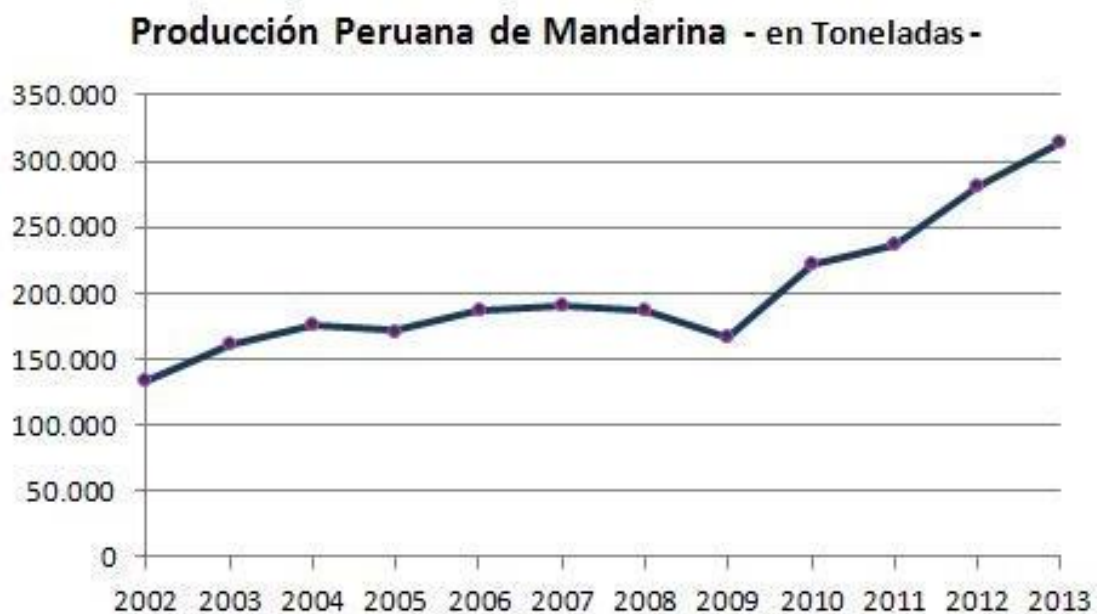


Gráfico 20 Producción peruana de mandarina en toneladas en el periodo 2002-2013 (Fuente MINAG. Elaboración propia)

La principal productora de mandarina en el Perú por tradición es la región Lima, y como se puede apreciar en el Gráfico 21, en el año 2013 agrupo el 57.0% de la producción, que equivale a 178.784 toneladas con lo que supera en 9.56% al nivel de producción del año 2012. La producción en Ica, que es la segunda región productora de mandarinas, en el año 2013 obtuvo un crecimiento alrededor del 22.97% respecto al 2012, con lo cual llegó a obtener el 21.8% del total de la producción nacional. Para el caso de la región Junín se presentó un crecimiento de 6.35% con el cual representó el 14.6% de la producción nacional. En la región Puno el año 2013 la también hubo un aumento del 3.20% y en el caso en Ucayali se presentó una caída cayó del -13.31%.

Participación en la Producción de Mandarinas por Regiones - 2013 -

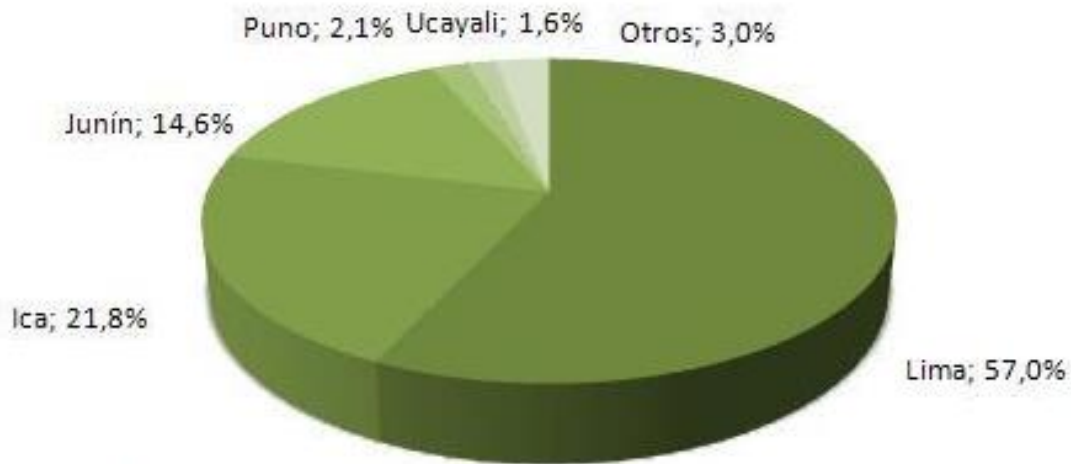


Gráfico 21 Participación en la producción de mandarina por regiones en el año 2013 (Fuente MINAG. Elaboración propia)

Superficie Cosechada a Nivel Nacional - Hectáreas -

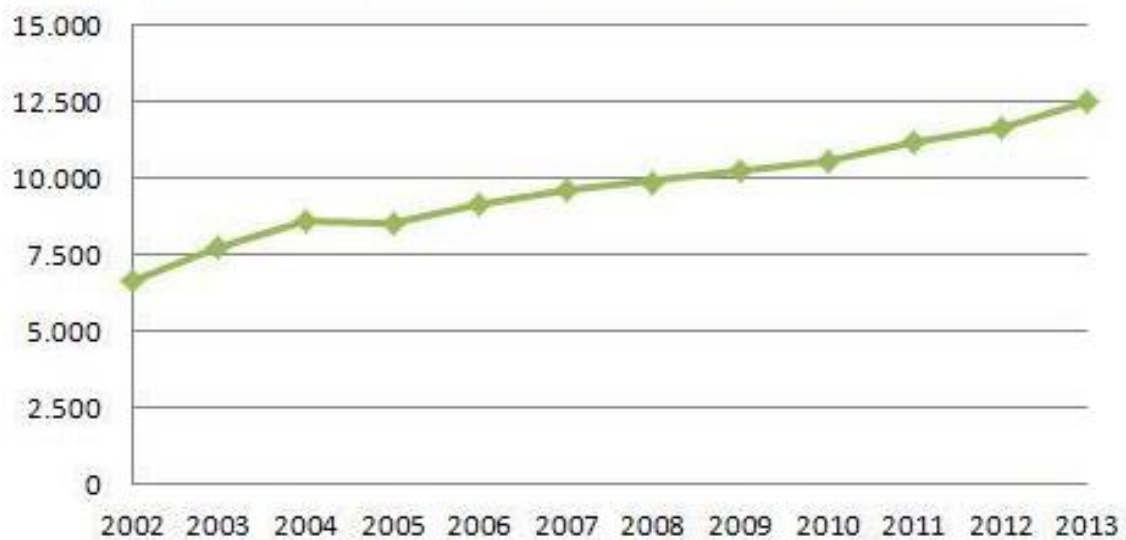


Gráfico 22 Superficie cosechada de mandarina en hectáreas en el periodo 2002-2013 (Fuente MINAG. Elaboración propia)

La superficie cosechada de mandarinas para el año 2013 fue de 12,544 hectáreas, con lo cual el crecimiento en la superficie cosechada fue del 7.30% respecto al año anterior. Lima fue la región con la mayor superficie cosechada, agrupando el 36.74% de la producción nacional el año

2013, luego le siguen las regiones de Junín con 29.92% e Ica con 13.31%, tal y como se puede apreciar en el Gráfico 22. Para el año 2013 las regiones Lima, Ica y Junín incrementaron su superficie cosechada de mandarinas en 5.69%, 22.86% y 1.60% respectivamente, en relación a la superficie del año 2012.

En el año 2013 el rendimiento nacional por hectárea de mandarina fue de 25,016 kilos/ha, un 4,05% superior respecto al año 2012, tal y como lo muestra el Gráfico 23. La región Ica obtuvo el mayor rendimiento con 41,058 kilos/ha con lo cual estuvo 120,96% por encima del promedio nacional; por su parte la región Lima también logró un rendimiento muy superior al promedio nacional con 38,790 kilos/ha, siendo éste 55.06% más que el promedio nacional. Sin embargo, en gran medida la región Junín fue la que contribuyó en bajar el rendimiento nacional, el rendimiento de la mencionada región el año 2013 fue de 12,207 kilos/ha, es decir 51.20% menos que el promedio nacional. Cabe resaltar que en estas tres regiones en el año el 2013 presentaron un rendimiento superior respecto al año 2012.

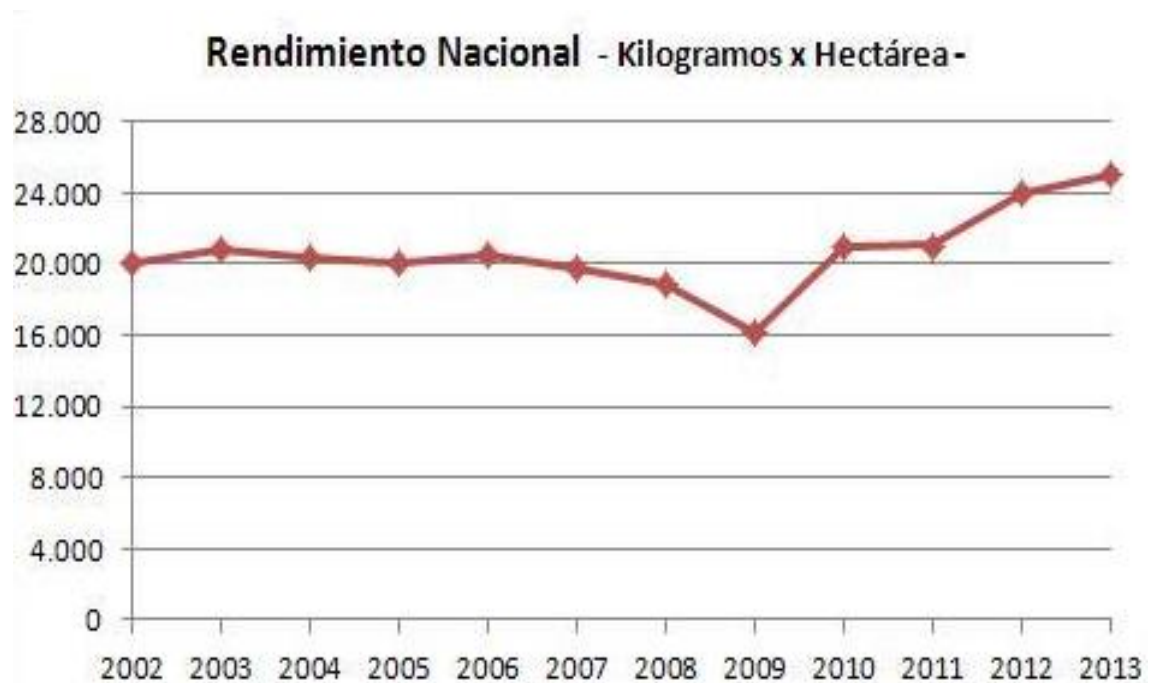


Gráfico 23 Rendimiento nacional de producción de mandarina en kilogramos por hectárea en el periodo 2002-2013 (Fuente MINAG. Elaboración propia)

En el año 2013 el precio promedio en chacra por kilogramo de la mandarina fue de S/. 1.04, siendo éste un 7.22% superior respecto al año 2012, como se puede apreciar en el Gráfico 24. Es preciso señalar que los mayores precios por kilo de mandarina en chacra el año 2013 se

dieron en las regiones Lima e Ica con S/. 1.20 y S/. 1.16 por kilo respectivamente. Para la región Junín el precio en chacra fue de S/. 0.47 por kilo, siendo éste 54.81% menos que el promedio nacional.

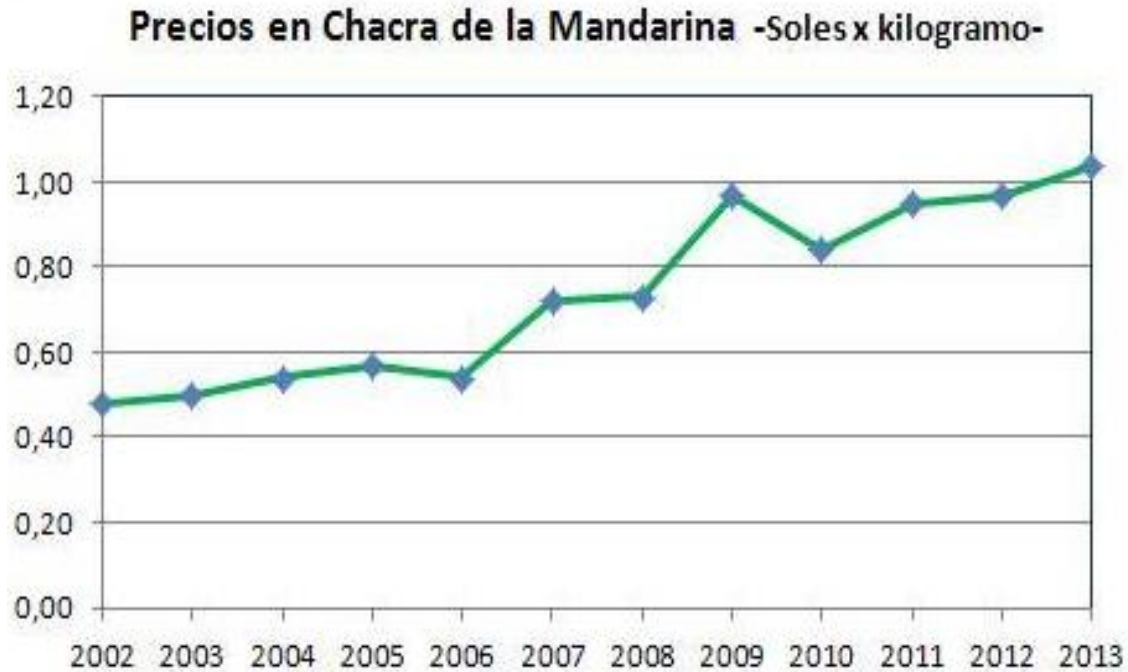


Gráfico 24 Precio en chacra de la mandarina en nuevos soles por kilogramo en el periodo 2002-2013 (Fuente MINAG. Elaboración propia)

En el Gráfico 25 se puede ver, salvo en el año 2009, que las exportaciones de mandarina han venido en aumento, y en el año 2011 ascendieron en 40,401,145 millones de dólares americanos, dando lugar a un crecimiento del 14.60% respecto al valor de las exportaciones del año 2010. Si se expresara en kilogramos, se tiene que la exportación de mandarina en el año 2011 fue de un peso de 39,760,297 kilogramos, cantidad que es 8.14% mayor que los kilos de mandarinas exportadas el año 2010.

Exportaciones Peruanas de Mandarinas, frescas o secas, incluidas las Tangerinas y Satsumas

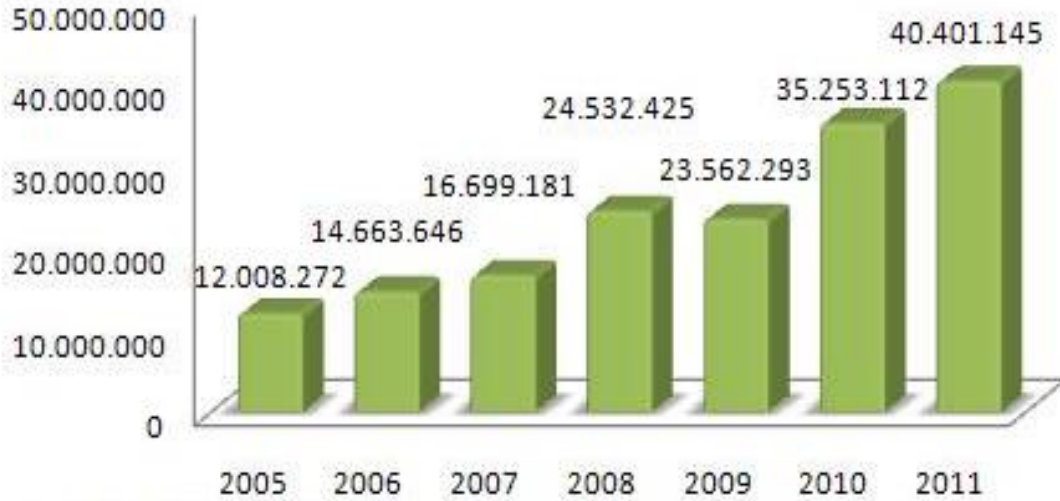


Gráfico 25 Exportaciones peruanas de mandarina en dólares americanos en el periodo 2005-2011 (Fuente SUNAT. Elaboración propia)

Principales Destinos de las Exportaciones Peruanas de Mandarinas - 2011 -

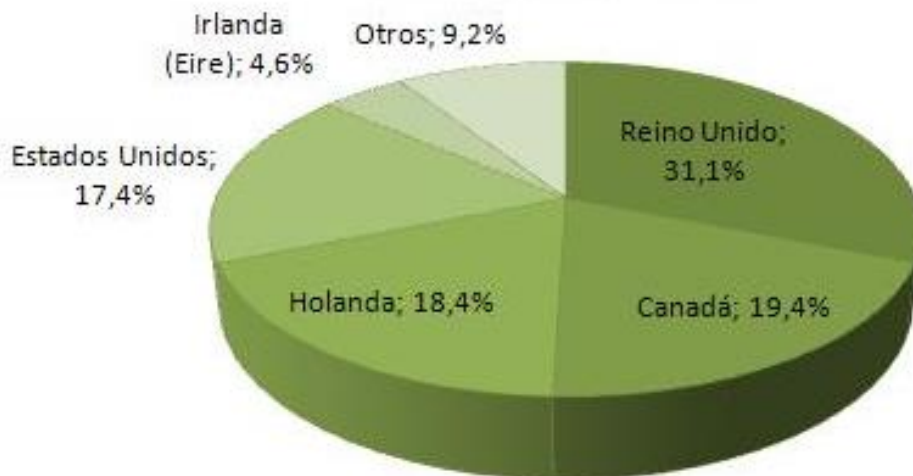


Gráfico 26 Principales destinos de las exportaciones peruanas de mandarina en el año 2011 (Fuente SUNAT. Elaboración propia)

Para el año 2011 las mandarinas peruanas se exportaron a 28 países, siendo el principal destino Reino Unido, como se puede apreciar en el Gráfico 26, con 21,567,208 millones de dólares americanos, dicho valor representa el 31.1% del total exportado de mandarinas en el 2011, el segundo y tercer destino lo tienen Canadá y Holanda con 19.4% y 18.4% del total de las exportaciones del mencionado cítrico. Cabe señalar que los cinco principales destinos de la mandarina peruana agrupan el 90.8% del valor total de las exportaciones de mandarina.

- **Tangelo**

Como se mencionó anteriormente, la información relacionada al tangelo es muy poca, pero sí se evidencia que existe la exportación de dicho cítrico, razón por la cual de alguna manera el Perú lo produce de manera significativa. En el Gráfico 27 se puede apreciar que las exportaciones de tangelo han venido en creciendo, y en el año 2011 fueron de 19,659,912 millones de dólares americanos, dando lugar a un crecimiento del 23.24% respecto al valor de las exportaciones del año 2010, el valor exportado en el año 2011 es superior al conseguido en los últimos cinco años.



Gráfico 27 Exportaciones peruanas de tangelo en dólares americanos en el periodo 2007-2011 (Fuente SUNAT. Elaboración propia)

Los tres principales destinos de las exportaciones peruanas de tangelo son Holanda, Estados Unidos y Reino Unido, estos tres destinos agruparon en el año 2011 el 79.1% del valor de lo exportado, dicho porcentaje acumulado está dividido en 36.9% de Holanda, 27.2% de Estados Unidos y 15.1% de Reino Unido, tal y como se puede apreciar en el Gráfico 26.



Gráfico 28 Principales destinos de las exportaciones peruanas de tangelo en el año 2011 (Fuente SUNAT. Elaboración propia)

2.3.4. Biocomercio y desarrollo sostenible

Gil Bravo (2012) conceptualiza al Biocomercio como el conjunto de actividades vinculadas a la recolección, producción, transformación y comercialización, tanto de bienes como de servicios, derivados de la biodiversidad, siendo estos acordes con los criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica.

Naciones Unidas (2007) sostiene que El Biocomercio se sostiene a partir de Principios y Criterios; siendo los Principios las reglas básicas para cumplir con el Biocomercio, y los Criterios llegan a ser las medidas que ayudan a evaluar si un principio se cumple o no. A continuación, se enumeran los principios y sus respectivos criterios.

Principio 1: Conservación de la biodiversidad

Criterios:

- 1.1 Mantenimiento de las características de los ecosistemas y hábitats naturales de las especies aprovechadas.
- 1.2 Mantenimiento de variabilidad genética de flora, fauna y microorganismos (para uso y conservación).
- 1.3 Mantenimiento de variabilidad genética de flora, fauna y microorganismos (para uso y conservación).
- 1.4 Las actividades deben enmarcarse en planes de manejo, sean en áreas protegidas o no, en coordinación con las autoridades competentes y actores involucrados.

Principio 2: Uso sostenible de la biodiversidad

Criterios:

- 2.1 La utilización de la biodiversidad debería basarse en un documento de gestión sostenible, que incluya elementos como una tasa de aprovechamiento menor a la tasa de regeneración, sistemas de monitoreo (estado poblacional) e índices de rendimiento.
- 2.2 El aprovechamiento de la agrobiodiversidad debería incluir prácticas agrícolas que contribuyan a la conservación de la biodiversidad.
- 2.3 Cumplimiento de estándares técnicos para el desarrollo de iniciativas de servicios ambientales.
- 2.4 Generación de información y documentación de las experiencias de la organización como aporte al conocimiento sobre la biodiversidad.

Principio 3: Distribución justa y equitativa de beneficios derivados del uso de la biodiversidad.

Criterios:

- 3.1 Interacción e inclusión en el marco de las actividades de Biocomercio de la mayor cantidad posible de los actores de la cadena de valor.
- 3.2 La generación de valor debe tener lugar a lo largo de la cadena, bajo condiciones de transparencia, aportando así todos los actores al posicionamiento de productos de valor agregado en los mercados.
- 3.3 Información y conocimiento de los mercados.

Principio 4: Sostenibilidad socio-económica (de gestión, productiva, financiera y de mercado)

Criterios:

- 4.1 Existencia de potencial de mercado
- 4.2 Rentabilidad financiera.
- 4.3 Generación de empleo y mejora de calidad de vida.
- 4.4 Prevención de eventuales impactos negativos sobre prácticas productivas y culturales locales que puedan, por ejemplo afectar la diversificación y la seguridad alimentaria.
- 4.5 Capacidad organizativa y de gestión

Principio 5: Cumplimiento de la legislación nacional e internacional.

Criterios:

- 5.1 Conocimiento y cumplimiento de la legislación nacional y local aplicable para el uso de la biodiversidad y el comercio de sus productos y servicios derivados (manejo de vida silvestre, legislación laboral, fitosanitaria, comercial, estudio de impacto ambiental, etc.)
- 5.2 Conocimiento y cumplimiento de legislación internacional aplicable para el uso de la biodiversidad y el comercio de sus productos y servicios derivados

Principio 6: Respeto de los derechos de los actores involucrados en el Biocomercio.

Criterios:

- 6.1 Respeto a los derechos humanos, generacionales y de género.
- 6.2 Respeto a los derechos de propiedad intelectual.
- 6.3 Respeto a los derechos de comunidades locales y pueblos indígenas (territorio, cultura, conocimiento, prácticas).
- 6.4 Mantenimiento y rescate de conocimientos y prácticas tradicionales.
- 6.5 Seguridad laboral y adecuadas condiciones de trabajo.

Principio 7: Claridad sobre la tenencia de la tierra, el uso y acceso a los recursos naturales y a los conocimientos.

Criterios:

- 7.1 Tenencia de la tierra de acuerdo con la normativa correspondiente.

- 7.2 El acceso a los recursos biológicos y genéticos para su uso sostenible con consentimiento informado previo y con base a condiciones mutuamente acordadas.
- 7.3 El acceso al conocimiento tradicional se realiza con consentimiento informado previo.

El sistema económico fundamentado en el consumismo, la máxima producción, la explotación de recursos y el beneficio como únicos criterios del buen avance económico es insostenible. Este planeta limitado no puede suministrar indefinidamente los recursos que demanda esta explotación. Por ello, se viene gestando la idea de que hay que ir tomando conciencia de un desarrollo real, el cual permita mejorar las condiciones de vida, sin dejar de lado el cuidado medio ambiental, esto ha sido llamado desarrollo sostenible. (Hernández, 2008)

El concepto desarrollo sostenible se aplica al desarrollo socio-económico y se formalizó por primera vez por la Comisión Mundial Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas en 1987, mediante el documento conocido como Informe Brundtland. Posteriormente, esta definición fue asumida en el Principio 3° de la Declaración de Río (1999): “satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades”.

El término de sostenibilidad o desarrollo sostenible puede ser abordado desde diversas disciplinas, las cuales pueden aportar significativamente para alcanzar un objetivo en común. Bajo este enfoque es que ha surgido la Química Verde, la cual se orientada al empleo de los conceptos y herramientas de esta ciencia pura para prevenir, mitigar o remediar la contaminación, sin dejar de lado la innovación de tecnologías que permitan reducir o eliminar el empleo o generación de sustancias tóxicas, mejoras en el diseño, la manufactura y procesos. (Hernández, 2008)

2.4. Proposición de la tesis

2.4.1. Argumentación

La presente investigación realizará una serie de pruebas experimentales con el fin de establecer los parámetros óptimos para en la extracción de los aceites esenciales a partir de las cáscaras de naranja, mandarina y tangelo, mediante el empleo de dos tecnologías limpias, arrastre de vapor por metodología clásica y metodología Clevenger, buscando un mejor aprovechamiento industrial de los cítricos en mención. Cabe resaltar, que esta investigación fue motivada por el incremento de la demanda de aceites esenciales cítricos, tanto a nivel nacional como a nivel mundial, y a la vez por la exigua investigación efectuada en el país respecto a este tema. En virtud a ello, es que el presente estudio busca proporcionar pautas claras y tangibles en relación a los dos métodos de extracción mencionados, y asimismo determinar cuál de ellos tiene mayor rendimiento, no solo en volumen de extracción, sino también en tiempo, consumo de energía y calidad de aceite. De manera que a futuro sirva como guía para el desarrollo e investigación sobre nuevos métodos amigables con el medio ambiente, y que a su vez permitan estimular e innovar en el desarrollo de nuestro país.

2.4.2. Enunciado de proposición

Extracción y caracterización de los aceites esenciales de naranja, mandarina y tangelo obtenidos mediante arrastre de vapor bajo las metodologías clásica y Clevenger, evaluando los rendimientos en volumen de extracción, consumo de energía, tiempo y calidad del aceite, con el propósito de lograr un máximo aprovechamiento industrial de esta materia prima. A través, de los resultados de la investigación se plantea el diseño de un equipo de destilación a escala piloto, que incluye las características y descripción del equipo, los procedimientos básicos para la extracción, el *layout*, con lo cual se podría dar inicio a la creación de una planta de extracción de aceites esenciales ubicada preferentemente cerca a alguna de las zonas de producción de los cítricos en cuestión.

Capítulo III: Metodología

3.1. Fases de desarrollo del proyecto

Para poder cumplir con los objetivos de esta investigación, se llevarán a cabo una serie de pruebas experimentales y también se consultará a expertos, de manera que el proceso cuente con el respaldo necesario y aporte valor a la investigación, sin dejar de lado el tema de tiempo y costo.

3.1.1. Determinar instrumentos de recolección de datos

En este punto, se buscará obtener información histórica, proyecciones y los resultados de las pruebas experimentales llevadas a cabo en laboratorio. Entre la información se obtendrá el rendimiento de las extracciones de aceite esencial por cada tipo de muestra, el tiempo involucrado en la extracción, los costos de la misma, la factibilidad de replicabilidad del proceso experimental, el porcentaje de ahorro de energía, etc. Para este propósito, se recurrirá a analizar los registros de laboratorio, guías de observación en laboratorio, guía de entrevista a expertos y cuestionario. Por motivo de disponibilidad, solo se realizarán 12 corridas experimentales por cada tipo de presentación de la muestra (húmeda, seca, pulverizada), que hacen en total 108 pruebas de laboratorio. Además, de seis entrevistas a expertos, dos de ellos brindarán el soporte desde la perspectiva científica y los otros dos desde la perspectiva del mercado de aceites esenciales, con la finalidad de que describan el proceso y desde una apreciación más amplia de la problemática actual y generen valor a la investigación.

3.1.2. Validación de instrumentos

En esta instancia, se establecerá a quienes se les realizará la entrevista, es decir a quienes irá dirigida la guía de entrevista y el cuestionario. Con tal motivo, se buscará tener información ya procesada de las pruebas a nivel laboratorio para que el experto correspondiente pueda dar apreciaciones, comentarios o alguna sugerencia para de esta forma ajustar las pruebas. De igual manera se tendrá en cuenta la data histórica del mercado de aceites esenciales para contrarrestarla con la opinión del experto de dicho campo y así poder ver las proyecciones u observaciones del mismo. El propósito es tener la mayor información posible para poder analizarla, pero también es sabido que no siempre se puede conseguir toda la información necesaria y de que este trabajo de investigación experimental está sujeto a las condiciones en las cuales se realizan las sesiones experimentales, por ello es que la información detallada del

proceso experimental permitirá extrapolar los datos y así tener opiniones pertinentes, según sea el caso, desde un punto de vista general a uno más específico.

3.1.3. Administración de guía de entrevista y cuestionario

En esta instancia, se determinará el contenido de la guía de entrevista, así como el cuestionario para la misma, bajo qué medio se registrarán y cuándo y dónde se llevarán a cabo. Respecto al contenido, se deberá definir clara y objetivamente qué es lo que queremos obtener de cada uno de los involucrados, para de esta manera poder establecer las preguntas adecuadas y pertinentes. El tiempo estimado para la formulación y elaboración de las mismas es de aproximadamente 2 días, ya que es preciso abarcar todos los puntos posibles y con diversas perspectivas, principalmente la del mercado y la científica. El contacto con los entrevistados se coordinará con anticipación, a razón de su disponibilidad.

3.1.4. Recopilación de resultados

Para el caso de los datos obtenidos experimentalmente en laboratorio se requerirá de los servicios del Laboratorio de la Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C para el análisis de caracterización de los aceites esenciales de los cítricos en cuestión. Los resultados de este análisis se obtendrán en un plazo máximo de 5 días y se plasmarán en formato de registro de la caracterización de cada uno de los aceites (Figura 22). Adicionalmente, el tratamiento de los datos relacionados con el rendimiento, volumen de aceite obtenido por tipo de muestra y tipo de extracción, el costo, ahorro de energía, entre otros, se obtienen inmediatamente al finalizar el proceso de extracción, el cual dura en promedio noventa minutos y para ello se emplearan los siguientes formatos:

Propiedades	Tipo de Aceite Esencial		
	Naranja	Mandarina	Tangelo
Apariencia			
Color			
Densidad (g/mL)			
Índice de refracción			
Solubilidad en agua			
Solubilidad en alcohol			
Solubilidad en cloroformo			
Solubilidad en éter etílico			

Figura 22. Formato de registro la caracterización de los aceites esenciales
(Elaboración propia)

Es preciso señalar que el índice de refracción es adimensional, es decir no presenta unidades y que se toma como base a la refracción de la luz en el aire la cual es 1. Respecto a la solubilidad el reporte indicará si el aceite esencial es soluble o no en las sustancias analizadas.

Extracción de aceite esencial por arrastre de vapor - Metodología Clásica					
Responsable de la Extracción					
Número de Prueba Experimental		Seleccione el tipo de cítrico a analizar			
		<i>Naranja</i>		<i>Mandarina</i>	<i>Tangelo</i>
Fecha de la Prueba Experimental (DD/MM/AA)		Seleccione el tipo estado físico de la muestra			
		<i>Húmeda</i>		<i>Semiseca</i>	
Masa de la muestra (g)		Volumen de aceite (mL)		Rendimiento (%)	
Hora de inicio (HH:MM)		Temperatura de entrada del agua (°C)		Temperatura de salida del agua(°C)	
Hora de fin (HH:MM)		Temperatura de extracción(°C)		Temperatura de salida del destilado(°C)	
Hora de aparición del primer destilado (HH:MM)		Volumen de agua destilada (mL)		Volumen de agua potable(L)	
Observaciones:					

Figura 23. Formato de registro de la extracción por arrastre a vapor – metodología clásica
(Elaboración propia)

Extracción de aceite esencial por arrastre de vapor - Metodología Clevenger					
Responsable de la Extracción					
Número de Prueba Experimental		Seleccione el tipo de cítrico a analizar			
		<i>Naranja</i>	<i>Mandarina</i>	<i>Tangelo</i>	
Fecha de la Prueba Experimental (DD/MM/AA)					
Masa de la muestra (g)		Volumen de aceite (mL)		Rendimiento (%)	
Hora de inicio (HH:MM)		Temperatura de entrada del agua (°C)		Temperatura de salida del agua(°C)	
Hora de fin (HH:MM)		Temperatura de extracción(°C)		Temperatura de salida del destilado(°C)	
Hora de aparición del primer destilado (HH:MM)		Volumen de agua destilada (mL)		Volumen de agua potable(L)	
Observaciones:					

Figura 24. Formato de registro de la extracción por arrastre a vapor – metodología Clevenger (Elaboración propia)

Resultados de la extracción de aceite esencial de naranja - metodología clásica (muestra húmeda)				
N° de prueba	Masa de la muestra (g)	Tiempo de obtención (min)	Volumen (mL)	Rendimiento (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
PROMEDIO				

Figura 25. Formato de registro de los resultados de la extracción de aceite esencial de naranja por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Resultados de la extracción de aceite esencial de naranja - metodología clásica (muestra semiseca)				
N° de prueba	Masa de la muestra (g)	Tiempo de obtención (min)	Volumen (mL)	Rendimiento (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
PROMEDIO				

Figura 26. Formato de registro de los resultados la de extracción de aceite esencial de naranja por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Resultados de la extracción de aceite esencial de naranja - metodología Clevenger				
N° de prueba	Masa de la muestra (g)	Tiempo de obtención (min)	Volumen (mL)	Rendimiento (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
PROMEDIO				

Figura 27. Formato de registro de los resultados de la extracción de aceite esencial de naranja por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

Resultados de la extracción de aceite esencial de mandarina - metodología clásica (muestra húmeda)				
N° de prueba	Masa de la muestra (g)	Tiempo de obtención (min)	Volumen (mL)	Rendimiento (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
PROMEDIO				

Figura 28. Formato de registro de los resultados de la extracción de aceite esencial de mandarina por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

Resultados de la extracción de aceite esencial de mandarina - metodología clásica (muestra semiseca)				
N° de prueba	Masa de la muestra (g)	Tiempo de obtención (min)	Volumen (mL)	Rendimiento (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
PROMEDIO				

Figura 29. Formato de registro de los resultados de la extracción de aceite esencial de mandarina por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Resultados de la extracción de aceite esencial de mandarina - metodología Clevenger				
N° de prueba	Masa de la muestra (g)	Tiempo de obtención (min)	Volumen (mL)	Rendimiento (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
PROMEDIO				

Figura 30. Formato de registro de los resultados de la extracción de aceite esencial de mandarina por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

Resultados de la extracción de aceite esencial de tangelo - metodología clásica (muestra húmeda)				
N° de prueba	Masa de la muestra (g)	Tiempo de obtención (min)	Volumen (mL)	Rendimiento (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
PROMEDIO				

Figura 31. Formato de registro de los resultados de la extracción de aceite esencial de tangelo por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

Resultados de la extracción de aceite esencial de tangelo - metodología clásica (muestra semiseca)				
N° de prueba	Masa de la muestra (g)	Tiempo de obtención (min)	Volumen (mL)	Rendimiento (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
PROMEDIO				

Figura 32. Formato de registro de los resultados de la extracción de aceite esencial de tangelo por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Resultados de la extracción de aceite esencial de tangelo - metodología Clevenger				
N° de prueba	Masa de la muestra (g)	Tiempo de obtención (min)	Volumen (mL)	Rendimiento (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
PROMEDIO				

Figura 33. Formato de registro de los resultados de la extracción de aceite esencial de tangelo por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

En el caso de la entrevista a los expertos, la obtención de resultados será de manera inmediata, pero se debe tomar en cuenta la fecha en la que se lleve a cabo la entrevista, adicionalmente el tiempo de edición de la grabación de la misma; se estima que será alrededor de siete días. Por otro lado, se debe considerar una holgura de uno a dos días por cuestiones técnicas, de esta manera se tendrá un análisis más completo y el registro del mismo.

3.1.5. Análisis de los resultados

Luego de recabar la información, tanto de la entrevista, como de las pruebas experimentales, se procederá a analizarla con el fin de generar valor a este trabajo de investigación y para posteriores investigaciones relacionadas.

El primer análisis se centrará en los resultados y opiniones emitidas por los expertos, y si estos están alineados con la postura de este trabajo de investigación, las observaciones y recomendaciones para el desarrollo del trabajo de investigación. También, se realizará la comparación las posturas de los mismos, en qué puntos coinciden, en cuáles puedan diferir y buscar la explicación tentativa del porqué de las discrepancias. Esto se evidenciará citando las

frases de los expertos entrevistados, y haciendo los comentarios pertinentes para la interpretación de los mismos.

El segundo análisis estará en función de los resultados experimentales, para ellos se contrastará los rendimientos, el tipo de extracción, el tiempo de extracción, la influencia del tipo de muestra de las cáscaras, los costos vinculados a la extracción, el análisis organoléptico y la caracterización de los aceites, buscando de manera tentativa explicar la razón de las diferencias que puedan suscitarse. Por tal motivo se recurrirá al empleo de tablas, diagramas y gráficos estadísticos, los cuales estarán debidamente comentados y detallados, a fin de poder brindar información relevante para las futuras conclusiones del trabajo de investigación.

3.1.6. Conclusiones del análisis

Contando con los resultados del análisis de los resultados de los datos experimentales se procederá a la elaboración de las conclusiones, las cuales deben estar ligadas a los objetivos y lineamientos de este trabajo de investigación. Se empleará como herramienta de comparación dos modelos de matrices.

El primero modelo será la Matriz de Comparación de Aceites Esenciales según el tipo de metodología de arrastre por vapor, en la cual se examinan las variables de costo, tiempo de extracción, rendimiento, volumen de aceite extraído, resultados de la caracterización e información organoléptica por cada tipo de cítrico.

Finalmente se plasmarán las conclusiones relacionadas con las opiniones de los expertos entrevistados, enmarcándolas en los temas vinculados a las expectativas y potencialidad del mercado, niveles de importación y exportación, posibles amenazas, nuevas tendencias, uso racional de recursos, desarrollo sostenible, química verde y tecnologías emergentes.

3.1.7. Revisión final y ajustes

Finalmente, se hará una revisión tanto de la información obtenida a lo largo de las pruebas experimentales, así como la obtenida por parte de los expertos entrevistados, de tal manera que no se presenten inconsistencias u omisiones, llegando a que el resultado de la investigación sea óptimo para la posible implementación. De suscitarse algún problema o eventualidad, se buscará realizar los reajustes adecuados y las mejores prácticas.

3.2. Método de recolección de datos

3.2.1. Pruebas experimentales

Las pruebas experimentales cumplen criterios de rigurosidad científica, es decir están alineados al método científico. Por tal motivo se detallará el procedimiento del proceso de extracción de aceites esenciales para cada tipo de cítrico analizado y según el método de extracción empleado.

- **Universo de trabajo**

Tres especies del género *Citrus*: naranja, mandarina y tangelo.

- **Muestra**

Las especies analizadas que han servido como materia prima son las cáscaras de naranja, mandarina y tangelo. A continuación, en la Tabla 8 se detalla información de las mismas.

Tabla 8 Materia prima analizada

Nombre Comercial	Nombre Científico	Zonas de Producción
Naranja	<i>Citrus sinensis</i> Linn Osbeck	La Libertad, Huánuco, Ucayali, Junín e Ica
Mandarina	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Lima e Ica
Tangelo	<i>Citrus reticulata x citrus paradisi</i>	Lima e Ica

Fuente: Sistema Integrado de Información Comercio Exterior.

Elaboración propia

- **Localización**

La parte experimental de la investigación se desarrolla en el Laboratorio de Física – Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad ESAN, el cual brinda las herramientas e instalaciones necesarias para realizar los ensayos experimentales, tanto en la metodología de arrastre de vapor clásico, como en el método Clevenger.

La caracterización de los aceites esenciales y el reporte técnico estará a cargo de los del Laboratorio de la Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C

- **Talento humano**

El talento humano vinculado a esta investigación está conformado por:

- ✓ Ing. Mónica Patricia Chávez Rojas, asesora metodológica del trabajo de investigación.
- ✓ Ing. Clara Gabina Figueroa Armas, asesora técnica del trabajo de investigación.
- ✓ Técnico de Laboratorio. Nazario Morote Miranda, asistente y colaborador en las pruebas.
- ✓ César Jhonnatan Paseli Horna Saldaña, autor del trabajo de investigación.

- **Recursos a nivel laboratorio**

Para la realización de las pruebas experimentales y el desarrollo de la investigación se contó con los siguientes materiales y equipos:

- ✓ Equipo para extracción de aceites esenciales por arrastre con vapor clásico (Figuras 34)
- ✓ Equipo para extracción de aceites esenciales por arrastre con vapor Clevenger (Figura 35)
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Plancha de Calentamiento
- ✓ Un embudo
- ✓ Varilla de agitación
- ✓ Mangueras de caucho
- ✓ Soportes universales
- ✓ Pinzas (adaptables a los soportes y el equipo de vidrio)
- ✓ Espátulas
- ✓ Estufa
- ✓ Termómetro
- ✓ Pizeta
- ✓ Cronómetro
- ✓ Elevadores
- ✓ Peras de separación
- ✓ Vasos de precipitado de 80 mL, 200 mL y 800 mL



Figura 34. Equipo para extracción de aceites esenciales por arrastre con vapor clásico
(Elaboración propia)



Figura 35. Equipo para extracción de aceites esenciales por arrastre con vapor Clevenger
(Elaboración propia)

- **Procedimiento experimental**

Al tratarse de dos tipos de metodologías para la extracción (arrastre de vapor clásico y Clevenger), en las Figura 36 se esquematiza el proceso de extracción vinculado a cada uno de los métodos mencionados. Así mismo, para cada una de las metodologías se emplearán diferentes tipos de muestra (las cáscaras de lo naranja, mandarina y tangelo) con un tratamiento y presentación detallado en la Tabla 9.

Tabla 9 Tipo de muestra según método de extracción

Tipo de Equipo de arrastre por vapor	Naranja	Mandarina	Tangelo
Método clásico	Muestra húmeda	Muestra húmeda	Muestra húmeda
	Muestra semiseca	Muestra semiseca	Muestra semiseca
Método Clevenger	Muestra molida	Muestra molida	Muestra molida

Elaboración propia



Figura 36. Esquema del proceso experimental para la extracción de aceites esenciales de naranja, mandarina y tangelo mediante arrastre de vapor clásico y Clevenger (Elaboración propia)

3.2.2. Entrevista

La entrevista se realizará a los expertos, debido a que son las personas que tienen una visión amplia, dicho sea de paso, es preciso resaltar que se trata de especialistas independientes y reputados en sus campos, y emitirán su juicio imparcial. La duración de las entrevistas, será aproximadamente de una hora y se realizará en el campus de la Universidad ESAN o en las instalaciones designadas por los entrevistados. Las preguntas que se formularán, se referirán básicamente al proceso de extracción, las tecnologías involucradas, el rendimiento, los factores involucrados, los posibles errores que puedan existir, el impacto ambiental, la potencialidad del mercado, la situación comercial a corto, mediano y largo plazo, los niveles de producción, de exportación, el impacto de las variables económicas, sociales y productivas, los costos involucrados, las amenazas que podrían presentarse y finalmente sus apreciaciones, observaciones y sugerencias al trabajo de investigación.

Como se mencionó anteriormente, se realizará seis entrevistas, los entrevistados de carácter científico serán el Químico-Farmacéutico, Jaime Daniel Gonzales Zuñiga Rodriguez; la Bióloga Georgette Callirgos Sáez, quien a su vez es gerente de Investigación y Desarrollo de Essential Oils Perú (EOP) y la Magister en Química, Cecilia Alegría Arnedo, su participación permitirá obtener una apreciación más detallada del proceso de extracción de aceites esenciales, la repercusión en el uso de tecnologías amigables con el ambiente, y la contribución al desarrollo de temas de investigación. Por otro lado, para el análisis y repercusión de esta investigación en el mercado de aceites esenciales se contará con el apoyo del Gerente Comercial de la empresa Essential Oils Perú S.A.C, el Ingeniero Armando Noriega Mangini y también nuevamente se entrevistará al Químico-Farmacéutico, Jaime Daniel Gonzales Zuñiga Rodriguez, ya que él es el gerente de la empresa Perfumería Artesanal S.A.C.

Asimismo, se contará con las opiniones expertas del Doctor en Biología y Ex-ministro del Ambiente, Antonio Brack Egg y del Magister en Administración de Negocios, Mario Vildosola Basay, los cuales brindarán el soporte, comentarios y relevancia informativa para el análisis y potencialidad del mercado de aceites esenciales de los cítricos y lo relacionado al aspecto científico del tema en cuestión.

3.2.3. Cuestionarios

El cuestionario que se aplicará a los expertos, está en función a los parámetros y lineamientos de la guía de entrevista, es decir que no implique más de una hora para su realización, y sobre todo, que las preguntas sean de preferentemente abiertas y enfocadas en las expectativas y potencialidades del mercado, los niveles de exportación e importación de los aceites esenciales, los niveles y riesgos de la producción, las metodologías para la extracción, el desarrollo sostenible, química verde y nuevas tendencias tecnológicas.

3.3. Métodos de análisis de datos

3.3.1. Análisis de costos

En este punto se determinarán todos los costos vinculados al proceso de extracción de los aceites esenciales de los cítricos en cuestión, para luego poder hacer una comparación con las posibles propuestas, de manera que se mida el grado de efectividad y viabilidad. Los formatos empleados para este análisis son los siguientes:

Costo del Agua para la extracción del aceite esencial de naranja - método clásico (muestra húmeda)				
N° de prueba	Flujo de Agua (mL/min)	Tiempo de Extracción (min)	Precio del agua (S./mL)	Costo (S./.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
			TOTAL	

Figura 37. Formato de registro del costo del agua relacionado a la extracción del aceite esencial de naranja por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

Costo del Agua para la extracción del aceite esencial de naranja - método clásico (muestra semiseca)				
N° de prueba	Flujo de Agua (mL/min)	Tiempo de Extracción (min)	Precio del agua (S./mL)	Costo (S/.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
			TOTAL	

Figura 38. Formato de registro del costo del agua relacionado a la extracción del aceite esencial de naranja por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Costo del Agua para la extracción del aceite esencial de naranja - método Clevenger				
N° de prueba	Flujo de Agua (mL/min)	Tiempo de Extracción (min)	Precio del agua (S./mL)	Costo (S/.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
			TOTAL	

Figura 39. Formato de registro del costo del agua relacionado a la extracción del aceite esencial de naranja por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

Costo del Agua para la extracción del aceite esencial de mandarina - método clásico (muestra húmeda)				
N° de prueba	Flujo de Agua (mL/min)	Tiempo de Extracción (min)	Precio del agua (S./mL)	Costo (S/.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
			TOTAL	

Figura 40. Formato de registro del costo del agua relacionado a la extracción del aceite esencial de mandarina por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

Costo del Agua para la extracción del aceite esencial de mandarina - método clásico (muestra semiseca)				
N° de prueba	Flujo de Agua (mL/min)	Tiempo de Extracción (min)	Precio del agua (S./mL)	Costo (S/.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
			TOTAL	

Figura 41. Formato de registro del costo del agua relacionado a la extracción del aceite esencial de mandarina por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Costo del Agua para la extracción del aceite esencial de mandarina - método Clevenger				
N° de prueba	Flujo de Agua (mL/min)	Tiempo de Extracción (min)	Precio del agua (S./mL)	Costo (S/.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
			TOTAL	

Figura 42. Formato de registro del costo del agua relacionado a la extracción del aceite esencial de mandarina por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

Costo del Agua para la extracción del aceite esencial de tangelo - método clásico (muestra húmeda)				
N° de prueba	Flujo de Agua (mL/min)	Tiempo de Extracción (min)	Precio del agua (S./mL)	Costo (S/.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
			TOTAL	

Figura 43. Formato de registro del costo del agua relacionado a la extracción del aceite esencial de tangelo por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

Costo del Agua para la extracción del aceite esencial de tangelo - método clásico (muestra semiseca)				
N° de prueba	Flujo de Agua (mL/min)	Tiempo de Extracción (min)	Precio del agua (S./mL)	Costo (S./.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
			TOTAL	

Figura 44. Formato de registro del costo del agua relacionado a la extracción del aceite esencial de tangelo por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Costo del Agua para la extracción del aceite esencial de tangelo - método Clevenger				
N° de prueba	Flujo de Agua (mL/min)	Tiempo de Extracción (min)	Precio del agua (S./mL)	Costo (S./.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
			TOTAL	

Figura 45. Formato de registro del costo del agua relacionado a la extracción del aceite esencial de tangelo por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

Costo de Energía Eléctrica para la extracción del aceite esencial de naranja - método clásico (muestra húmeda)				
N° de prueba	Potencia de la plancha eléctrica(kW)	Tiempo de Extracción (min)	Precio de la electricidad (S./kWh)	Costo (S/.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
			TOTAL	

Figura 46. Formato de registro del costo de la energía eléctrica relacionado a la extracción del aceite esencial de naranja por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

Costo de Energía Eléctrica para la extracción del aceite esencial de naranja - método clásico (muestra semiseca)				
N° de prueba	Potencia de la plancha eléctrica(kW)	Tiempo de Extracción (min)	Precio de la electricidad (S./kWh)	Costo (S/.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
			TOTAL	

Figura 47. Formato de registro del costo de la energía eléctrica relacionado a la extracción del aceite esencial de naranja por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Costo de Energía Eléctrica para la extracción del aceite esencial de naranja - método Clevenger				
N° de prueba	Potencia de la plancha eléctrica(kW)	Tiempo de Extracción (min)	Precio de la electricidad (S./kWh)	Costo (S/.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
			TOTAL	

Figura 48. Formato de registro del costo de la energía eléctrica relacionado a la extracción del aceite esencial de naranja por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

Costo de Energía Eléctrica para la extracción del aceite esencial de mandarina - método clásico (muestra húmeda)				
N° de prueba	Potencia de la plancha eléctrica(kW)	Tiempo de Extracción (min)	Precio de la electricidad (S./kWh)	Costo (S/.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
			TOTAL	

Figura 49. Formato de registro del costo de la energía eléctrica relacionado a la extracción del aceite esencial de mandarina por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

Costo de Energía Eléctrica para la extracción del aceite esencial de mandarina - método clásico (muestra semiseca)				
N° de prueba	Potencia de la plancha eléctrica(kW)	Tiempo de Extracción (min)	Precio de la electricidad (S./kWh)	Costo (S/.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
			TOTAL	

Figura 50. Formato de registro del costo de la energía eléctrica relacionado a la extracción del aceite esencial de mandarina por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Costo de Energía Eléctrica para la extracción del aceite esencial de mandarina - método Clevenger				
N° de prueba	Potencia de la plancha eléctrica(kW)	Tiempo de Extracción (min)	Precio de la electricidad (S./kWh)	Costo (S/.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
			TOTAL	

Figura 51. Formato de registro del costo de la energía eléctrica relacionado a la extracción del aceite esencial de mandarina por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

Costo de Energía Eléctrica para la extracción del aceite esencial de tangelo - método clásico (muestra húmeda)				
N° de prueba	Potencia de la plancha eléctrica(kW)	Tiempo de Extracción (min)	Precio de la electricidad (S./kWh)	Costo (S/.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
			TOTAL	

Figura 52. Formato de registro del costo de la energía eléctrica relacionado a la extracción del aceite esencial de tangelo por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

Costo de Energía Eléctrica para la extracción del aceite esencial de tangelo - método clásico (muestra semiseca)				
N° de prueba	Potencia de la plancha eléctrica(kW)	Tiempo de Extracción (min)	Precio de la electricidad (S./kWh)	Costo (S/.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
			TOTAL	

Figura 53. Formato de registro del costo de la energía eléctrica relacionado a la extracción del aceite esencial de mandarina por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Costo de Energía Eléctrica para la extracción del aceite esencial de tangelo - método Clevenger				
N° de prueba	Potencia de la plancha eléctrica(kW)	Tiempo de Extracción (min)	Precio de la electricidad (S./kWh)	Costo (S/.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
			TOTAL	

Figura 54. Formato de registro del costo de la energía eléctrica relacionado a la extracción del aceite esencial de tangelo por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

Costos totales relacionados a la extracción para cada tipo de cítrico - metodología clásica (muestra húmeda)			
Concepto	Naranja	Mandarina	Tangelo
Recolección (S/.)			
Transporte (S/.)			
Agua (S/.)			
Energía Eléctrica (S/.)			
Caracterización (S/.)			
Total (S/.)			

Figura 55. Formato de registro de los costos totales relacionados a la extracción del aceite esencial para cada tipo de cítrico por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

Costos totales relacionados a la extracción para cada tipo de cítrico - metodología clásica (muestra semiseca)			
Concepto	Naranja	Mandarina	Tangelo
Recolección (S/.)			
Transporte (S/.)			
Agua (S/.)			
Energía Eléctrica (S/.)			
Caracterización (S/.)			
Total (S/.)			

Figura 56. Formato de registro de los costos totales relacionados a la extracción del aceite esencial para cada tipo de cítrico por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Costos totales relacionados a la extracción para cada tipo de cítrico - metodología Clevenger			
Concepto	Naranja	Mandarina	Tangelo
Recolección (S/.)			
Transporte (S/.)			
Agua (S/.)			
Energía Eléctrica (S/.)			
Caracterización (S/.)			
Total (S/.)			

Figura 57. Formato de registro de los costos totales relacionados a la extracción del aceite esencial para cada tipo de cítrico por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

3.3.2. Análisis comparativo

En esta instancia, procederá con el análisis de la información plasmada en la Matriz de Comparación de Aceites Esenciales según el tipo de métodos de extracción por cada tipo de cítrico analizado, tomando en cuenta que las variables que se analizan son el costo de la extracción, tiempo de extracción, rendimiento, volumen de aceite extraído, resultados de la caracterización e información organoléptica por cada tipo de cítrico. El formato de la matriz mencionada es el siguiente:

Matriz de Comparación de Aceites Esenciales según el Tipo de Metodología de Arrastre por Vapor									
Variable	Arrastre por vapor clásico (muestra húmeda)			Arrastre por vapor clásico (muestra semi seca)			Arrastre por vapor Clevenger (muestra molida)		
	Naranja	Mandarina	Tangelo	Naranja	Mandarina	Tangelo	Naranja	Mandarina	Tangelo
Volumen (mL)									
Tiempo de obtención (min)									
Rendimiento (%)									
Costos (S/.)									
Densidad (g/mL)									
Índice de refracción									
Observaciones									

Figura 58. Formato de Matriz de comparación de aceites esenciales cítricos según el tipo de metodología empleada (Elaboración propia)

3.4. Guía de entrevista con expertos

En este punto, se procederá a elaborar la temática para la elaboración del cuestionario que se aplicará a los expertos según sea el caso. El cuestionario consta de una serie de preguntas que se realizarán a los expertos previamente clasificados según (científico o comercial), para recabar información con la finalidad de aportar valor al trabajo de investigación.

Guía de Entrevista para el Experto (científico)		
Realizado por:	Fecha:	Lugar:
El propósito es proveer el marco para recabar información relativa a las técnicas, metodologías, implicancias y observaciones relacionadas a la extracción de aceites esenciales.		
Nombre del entrevistado:		
Nombre del entrevistado:		
Formación Académica:		
Aportes científicos y afines:		
Temática		
<i>Técnicas de extracción de aceites esenciales, metodologías de tratamiento de datos y resultados, uso y tipo de solventes</i>		
<i>Características de los aceites esenciales, análisis de caracterización, pruebas organolépticas</i>		
<i>Conceptos biológicos y químicos relacionados con los aceites esenciales cítricos</i>		
<i>Empleo racional de recursos, desarrollo sostenible, química verde, valor agregado</i>		
<i>Tecnologías amigables con el ambiente, subproductos de la extracción, econegocios</i>		
Observaciones		

Figura 59. Formato de guía de entrevista a experto-científico (Elaboración propia)

Cuestionario para el Experto (científico)		
Realizado por:	Fecha:	Lugar:
El propósito de las preguntas del presente cuestionario es proveer información relativa a las técnicas, metodologías, implicancias y observaciones relacionadas a la extracción de aceites esenciales.		
Preguntas		
1	<i>¿Qué técnicas de extracción de aceites esenciales son las más empleadas? ¿Qué factores hacen que se empleen unas técnicas de extracción más que otras?</i>	
2	<i>¿Qué tipos de solventes son lo más usados en las extracciones de aceites esenciales y qué implicancias tiene su empleo?</i>	
3	<i>Respecto al tratamiento y análisis de los datos qué metodología recomienda emplear.</i>	
4	<i>¿Cuáles cree usted que deben ser las características fundamentales que debe presentar un aceite esencial de calidad? ¿Por qué?</i>	
5	<i>¿Qué tipo de análisis recomienda usted para la caracterización de los aceites esenciales? ¿Por qué?</i>	
6	<i>¿Cuáles son los fundamentos biológicos y químicos relacionados con aceites esenciales presentes en los cítricos naranja, mandarina y tangelo?</i>	
7	<i>Respecto al desarrollo sostenible, cree usted que la extracción de aceites esenciales repercute de manera positiva</i>	
8	<i>¿Cómo cree que se vinculan los conceptos de química verde y valor agregado en relación a la extracción de aceites esenciales cítricos?</i>	
9	<i>¿En qué radica la diferencia de emplear la metodología clásica de extracción por arrastre a vapor clásica, frente a la metodología Clevenger? ¿Por qué?</i>	
10	<i>¿Cree usted que exista diferencias al extraer aceites esenciales a partir de cáscaras húmedas, semisecas y molidas? ¿Por qué?</i>	
11	<i>¿Cree usted que el material sobrante luego de la extracción pueda tener algún uso adicional?</i>	
12	<i>¿Cree usted que estas metodologías de extracción van relacionadas con los econogocios? ¿Por qué?</i>	
13	<i>¿Cuáles son las nuevas tendencias y metodologías amigables con el ambiente para la extracción de aceites esenciales?</i>	

Figura 60. Formato del cuestionario para la entrevista a experto-científico (Elaboración propia)

Guía de Entrevista para el Experto (comercial)		
Realizado por:	Fecha:	Lugar:
El propósito es proveer el marco para recabar información relativa al mercado nacional e internacional de aceites esenciales, los niveles de producción, exportaciones e importaciones con el fin analizar las posibilidades comerciales de los aceites esenciales cítricos.		
Nombre del entrevistado:		
Formación Académica:		
Cargo empresarial o aporte al campo comercial:		
Temática		
<i>Oportunidades, demanda, exportaciones, volúmenes, países, tipo de productos demandados, barreras de exportación, requisitos, precios y amenazas a nivel internacional</i>		
<i>Situación actual del mercado, demanda interna, precios y competencia a nivel nacional</i>		
<i>Requerimientos de la industria, infraestructura, procesos, equipamiento, tecnología, personas capacitadas</i>		
<i>Características de su producción, volumen, procesos empleados, materias primas, procedencia, dificultades, consumo de recursos</i>		
<i>Características del producto terminado, análisis que realizan</i>		
Observaciones		

Figura 61. Formato de guía de entrevista a experto-comercial (Elaboración propia)

Cuestionario para el Experto (comercial)		
Realizado por:	Fecha:	Lugar:
El propósito de las preguntas del presente cuestionario es proveer información relativa al mercado nacional e internacional de aceites esenciales, los niveles de producción, exportaciones e importaciones.		
Preguntas		
1	<i>¿A nivel internacional cómo percibe usted el mercado de aceites esenciales?</i>	
2	<i>¿Cuál es su apreciación respecto a la demanda de aceites esenciales y las oportunidades del mercado internacional?</i>	
3	<i>¿Cuáles son los países que más exportan y que tipo de aceite esencial?</i>	
4	<i>¿Cuáles son los países que más importan y que tipo de aceites esenciales son los más demandados?</i>	
5	<i>¿Qué barreras y requisitos de para la exportación de aceites esenciales se presentan en el mercado?</i>	
6	<i>¿Cómo es el tema de precios y las amenazas a nivel internacional en relación a los aceites esenciales?</i>	
7	<i>¿A nivel nacional cómo percibe usted el mercado de aceites esenciales?</i>	
8	<i>¿Cómo se comporta la demanda interna y cómo ésta se relaciona con los precios y la competencia?</i>	
9	<i>¿Cuáles son los requerimientos de la industria en relación a la extracción de aceites esenciales?</i>	
10	<i>¿Qué procesos, equipamientos, infraestructura, tecnologías y talento humano están implicados en la producción de aceites esenciales?</i>	
11	<i>¿Cuáles son sus niveles de producción de aceites esenciales y cómo comercializan sus productos?</i>	
12	<i>¿Qué materias primas emplean, cual es su procedencia y que tipo de extracción se les realizan?</i>	
13	<i>¿Cuáles son las características de su producto terminado? ¿Le realizan algún análisis físico-químico?</i>	

Figura 62. Formato del cuestionario para la entrevista a experto-comercial (Elaboración propia)

3.5. Validación

Los formatos empleados para la recolección de los datos experimentales y las pruebas realizadas en el laboratorio han sido validadas por la Magister en Química Cecilia Alegría Arnedo, es preciso resaltar que también la Ing. Clara Figueroa Cornejo validó los formatos empleados y además dio el visto bueno y validación de la guía de entrevista para el experto científico, así como el cuestionario vinculado a dicha entrevista.

Por otro lado, el Magister Estuardo Lu Chang-Say, contribuyó con la validación de las guías de entrevista, tanto para el experto comercial, como para el experto científico, además hizo las observaciones y sugerencias para mejorar las preguntas vinculadas a las entrevistas en cuestión, dando lugar a la versión final de las preguntas para los expertos. (Figuras 81 y 82)

Cuestionario para el Experto (científico)		
Realizado por:	Fecha:	Lugar:
El propósito de las preguntas del presente cuestionario es proveer información relativa a las técnicas, metodologías, implicancias y observaciones relacionadas a la extracción de aceites esenciales.		
Preguntas		
1	<i>¿Qué técnicas de extracción de aceites esenciales son las más empleadas? ¿Qué factores hacen que se empleen unas técnicas de extracción más que otras?</i>	
2	<i>¿Qué tipos de solventes son lo más usados en las extracciones de aceites esenciales y qué implicancias tiene su empleo?</i>	
3	<i>Respecto al tratamiento y análisis de los datos qué metodología recomienda emplear.</i>	
4	<i>¿Cuáles cree usted que deben ser las características fundamentales que debe presentar un aceite esencial de calidad? ¿Por qué?</i>	
5	<i>¿Qué tipo de análisis recomienda usted para la caracterización de los aceites esenciales? ¿Por qué?</i>	
6	<i>¿Cuáles son los fundamentos biológicos y químicos relacionados con aceites esenciales presentes en los cítricos naranja, mandarina y tangelo?</i>	
7	<i>Respecto al desarrollo sostenible, cree usted que la extracción de aceites esenciales repercute de manera positiva</i>	
8	<i>¿Cómo cree que se vinculan los conceptos de química verde y valor agregado en relación a la extracción de aceites esenciales cítricos?</i>	
9	<i>¿En qué radica la diferencia (ventajas y desventajas) de emplear la metodología clásica de extracción por arrastre a vapor clásica, frente a la metodología Clevenger? ¿Por qué?</i>	
10	<i>¿Cree usted que exista diferencias al extraer aceites esenciales a partir de cáscaras húmedas, semisecas y molidas? ¿Por qué?</i>	
11	<i>¿Cree usted que el material sobrante luego de la extracción pueda tener algún uso adicional?</i>	
12	<i>¿Cree usted que estas metodologías de extracción van relacionadas con los negocios? ¿Por qué?</i>	
13	<i>¿Cuáles son las nuevas tendencias y metodologías amigables con el ambiente para la extracción de aceites esenciales?</i>	
14	<i>¿Existe alguna certificación que permita diferenciar la calidad de los aceites esenciales?</i>	
15	<i>¿Para que se usan los aceites esenciales y en que otros usos podrían tener?</i>	

Figura 63. Formato del cuestionario validado para la entrevista a experto-científico

(Elaboración propia)

Cuestionario para el Experto (comercial)		
Realizado por:	Fecha:	Lugar:
El propósito es proveer el marco para recabar información relativa al mercado nacional e internacional de aceites esenciales, los niveles de producción, exportaciones e importaciones con el fin analizar las posibilidades comerciales de los aceites esenciales cítricos.		
Preguntas		
1	<i>¿A nivel internacional cómo percibe usted el mercado de aceites esenciales?</i>	
2	<i>¿Cuál es su apreciación respecto a la demanda de aceites esenciales, las oportunidades del mercado y la tendencia internacional?</i>	
3	<i>¿Cuáles son los países que más exportan y que tipo de aceite esencial?</i>	
4	<i>¿Cuáles son los países que más importan y que tipo de aceites esenciales son los más demandados?</i>	
5	<i>¿Qué barreras y requisitos para la exportación de aceites esenciales se presentan en el mercado?</i>	
6	<i>¿Cómo es el tema de precios (compra y venta) y las amenazas a nivel internacional en relación a los aceites esenciales?</i>	
7	<i>¿A nivel nacional cómo percibe usted el mercado de aceites esenciales?</i>	
8	<i>¿Cómo se comporta la demanda interna y cómo ésta se relaciona con los precios (compra y venta) y la competencia (principales competidores)?</i>	
9	<i>¿Cuáles son los requerimientos de la industria en relación a la extracción de aceites esenciales? ¿El mercado valorará más el empleo de tecnologías limpias?</i>	
10	<i>¿Qué procesos, equipamientos, infraestructura, tecnologías y talento humano están implicados en la producción de aceites esenciales?</i>	
11	<i>¿Cuáles son sus niveles de producción de aceites esenciales y cómo comercializan sus productos?</i>	
12	<i>¿Qué materias primas emplean, cual es su procedencia y que tipo de extracción se les realizan?</i>	
13	<i>¿Cuáles son las características de su producto terminado, es acorde a la demanda del mercado? ¿Le realizan algún análisis físico-químico?</i>	
14	<i>¿Cuáles son las características del empaquetado (recipiente contenedor) y el sistema de distribución de sus aceites esenciales?</i>	
15	<i>¿En que se usan sus aceites esenciales y en que otros usos podrían tener?</i>	

Figura 64. Formato del cuestionario validado para la entrevista a experto-comercial

(Elaboración propia)

Capítulo IV: Desarrollo de la solución

4.1. Fases del desarrollo

4.1.1. Modelado del proceso

- **Extracción de aceite esencial de naranja, método arrastre de vapor clásico**
 - ✓ Se recolecta la cáscara de naranja en tiras, ya sea esta muestra húmeda o semiseca.
 - ✓ Pesar aproximadamente 200 g de cáscara de naranja (húmeda o semiseca) en la balanza analítica, y registrar el peso exacto en el formato de registro de la prueba.
 - ✓ Colocar los 200 g de cáscara de naranja (húmeda o semiseca) en la columna de vidrio que forma parte del equipo de destilación.
 - ✓ Agregar aproximadamente 2000 mL de agua destilada en el balón de fondo plano que forma parte del equipo de destilación.
 - ✓ Proceder a armar el equipo de destilación de aceites esenciales, cuidando que las juntas coincidan y no haya fugas.
 - ✓ Conectar las mangueras al refrigerante y al caño.
 - ✓ Abrir el caño, de tal manera que circule el agua a través del enfriamiento del refrigerante.
 - ✓ Encender la plancha de calentamiento y destilar a temperatura constante durante 90 minutos.
 - ✓ Recolectar el aceite de naranja obtenido en las peras de separación.
 - ✓ Lavar el equipo completamente para evitar cualquier contaminación cruzada en la siguiente corrida.
 - ✓ Luego de 24 horas aproximadamente, proceder a recolectar el aceite en los goteros, los cuales previamente han sido esterilizados y rotulados.
 - ✓ Determinar el porcentaje de rendimiento a partir del volumen.
 - ✓ Completar el formato del registro de la experiencia, hacer anotaciones u observaciones.

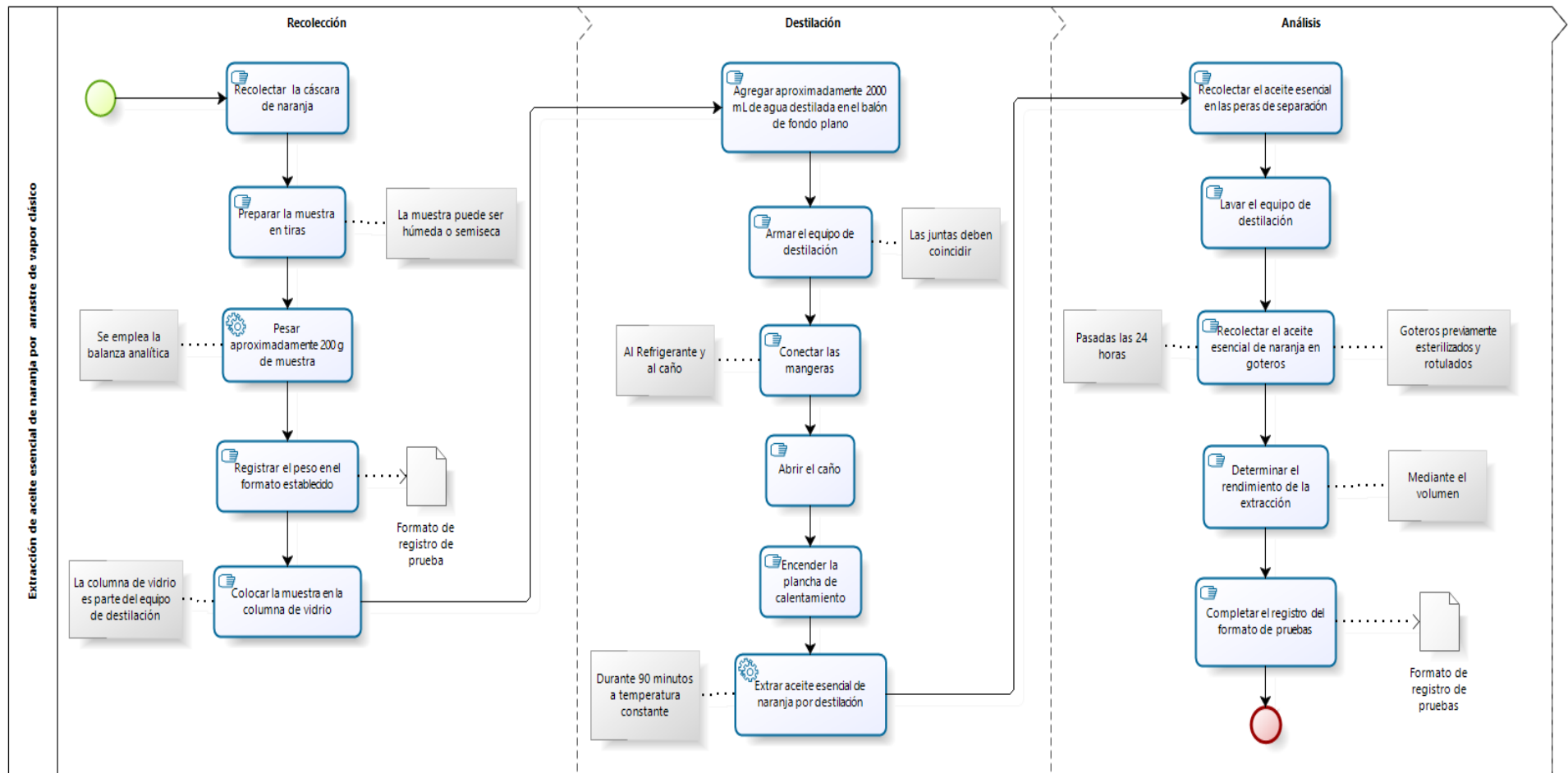


Figura 65. Diagrama del proceso de extracción de aceite esencial de naranja método clásico (Elaboración propia)

- **Extracción de aceite esencial de naranja, método Clevenger**
 - ✓ La cáscara de naranja se procede a secar en la estufa, para luego ser molida.
 - ✓ Pesar aproximadamente 50 g del material pulverizado en la balanza analítica, y registrar el peso exacto en el formato de registro de la prueba.
 - ✓ Colocar los 50 g de cáscara de naranja pulverizada en el balón de fondo plano de capacidad 1000 mL.
 - ✓ Agregar aproximadamente 500 mL de agua destilada en el balón que contiene la muestra pulverizada de cáscara de naranja.
 - ✓ Proceder a armar el equipo de destilación de aceites esenciales.
 - ✓ Conectar las mangueras al refrigerante y al caño.
 - ✓ Abrir el caño, de tal manera que circule el agua a través del enfriamiento del refrigerante.
 - ✓ Encender la plancha de calentamiento y destilar a temperatura constante durante 90 minutos.
 - ✓ Recolectar el aceite de naranja obtenido en goteros previamente esterilizados y rotulados.
 - ✓ Determinar el porcentaje de rendimiento a partir del volumen.
 - ✓ Lavar el equipo completamente para evitar cualquier contaminación cruzada en la siguiente corrida.
 - ✓ Completar el formato del registro de la experiencia, hacer anotaciones u observaciones.

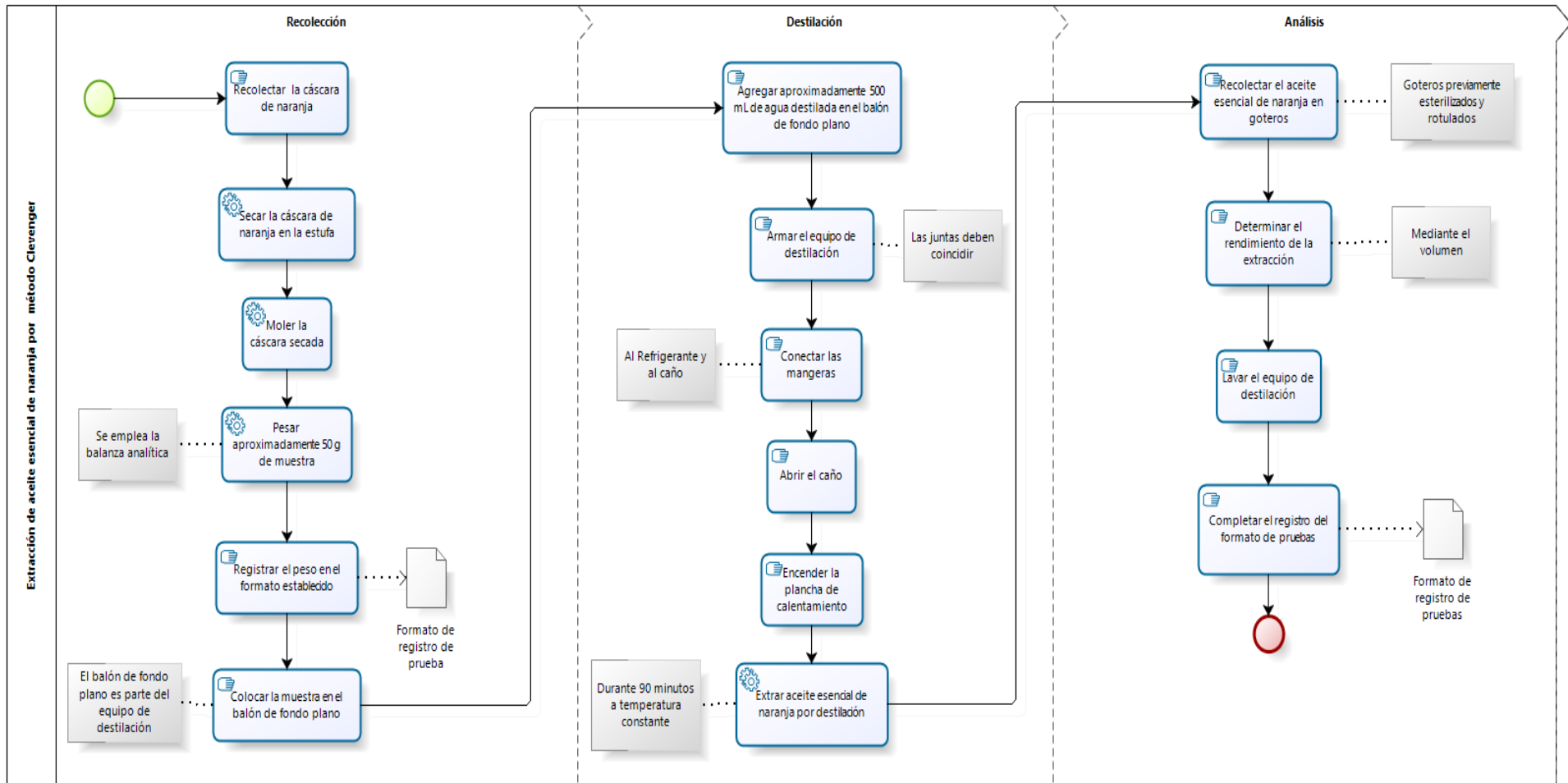


Figura 66. Diagrama del proceso de extracción de aceite esencial de naranja método Clevenger (Elaboración propia)

- **Extracción de aceite esencial de mandarina, método arrastre de vapor clásico**
 - ✓ Se recolecta la cáscara de mandarina, ya sea esta muestra húmeda o semiseca.
 - ✓ Pesar aproximadamente 200 g de cáscara de mandarina (húmeda o semiseca) en la balanza analítica, y registrar el peso exacto en el formato de registro de la prueba.
 - ✓ Colocar los 200 g de cáscara de mandarina (húmeda o semiseca) en la columna de vidrio que forma parte del equipo de destilación.
 - ✓ Agregar aproximadamente 2000 mL de agua destilada en el balón de fondo plano que forma parte del equipo de destilación.
 - ✓ Proceder a armar el equipo de destilación de aceites esenciales, cuidando que las juntas coincidan y no haya fugas.
 - ✓ Conectar las mangueras al refrigerante y al caño.
 - ✓ Abrir el caño, de tal manera que circule el agua a través del enfriamiento del refrigerante.
 - ✓ Encender la plancha de calentamiento y destilar a temperatura constante durante 90 minutos.
 - ✓ Recolectar el aceite de mandarina obtenido en las peras de separación.
 - ✓ Lavar el equipo completamente para evitar cualquier contaminación cruzada en la siguiente corrida.
 - ✓ Luego de 24 horas aproximadamente, proceder a recolectar el aceite en los goteros, los cuales previamente han sido esterilizados y rotulados.
 - ✓ Determinar el porcentaje de rendimiento a partir del volumen.
 - ✓ Completar el formato del registro de la experiencia, hacer anotaciones u observaciones.

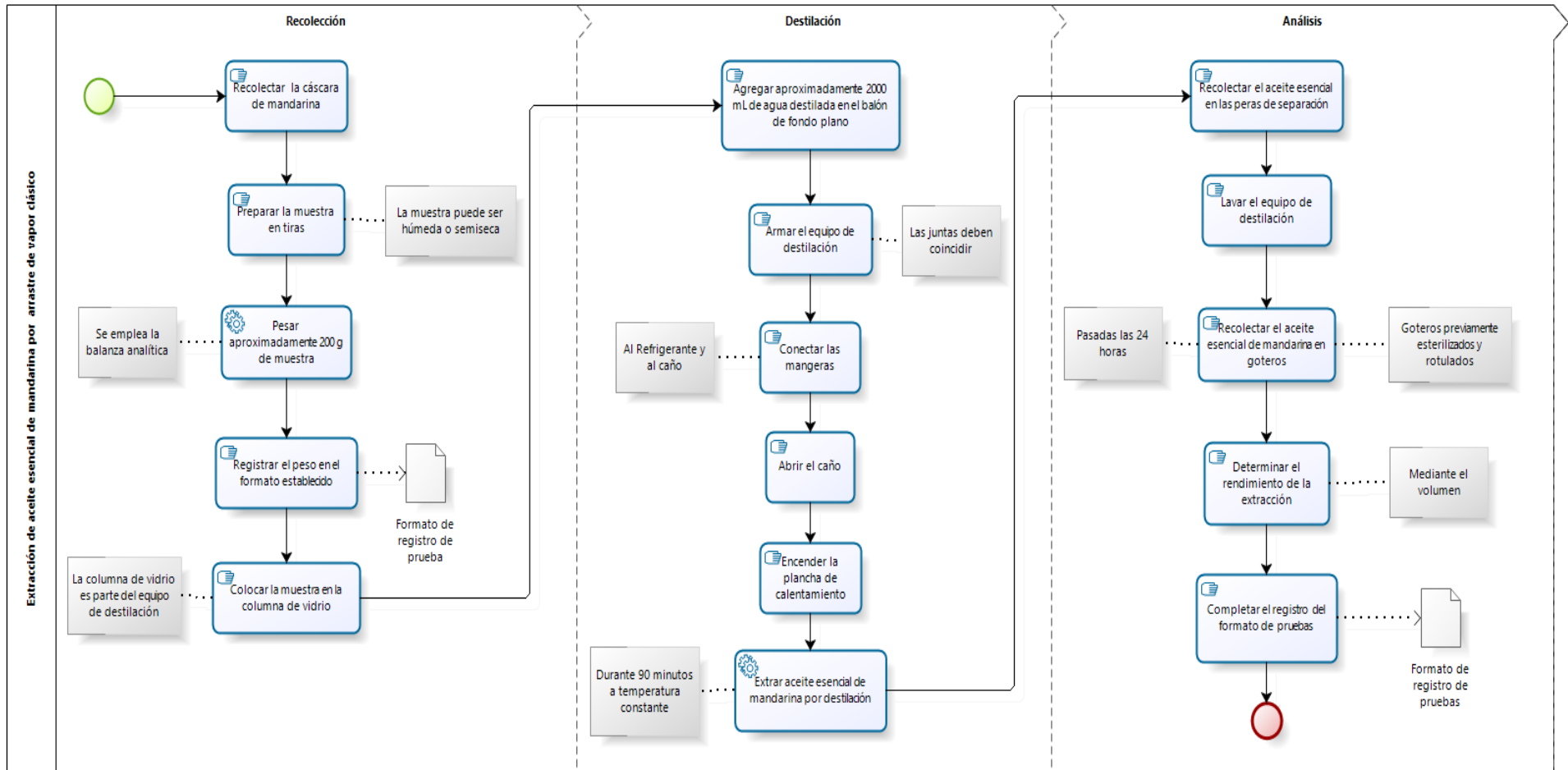


Figura 67. Diagrama del proceso de extracción de aceite esencial de mandarina método clásico (Elaboración propia)

- **Extracción de aceite esencial de mandarina, método Clevenger**

- ✓ La cáscara de mandarina se procede a secar en la estufa, para luego ser molida.
- ✓ Pesar aproximadamente 50 g del material pulverizado en la balanza analítica, y registrar el peso exacto en el formato de registro de la prueba.
- ✓ Colocar los 50 g de cáscara de mandarina pulverizada en el balón de fondo plano de capacidad 1000 mL.
- ✓ Agregar aproximadamente 500 mL de agua destilada en el balón que contiene la muestra pulverizada de cáscara de mandarina.
- ✓ Proceder a armar el equipo de destilación de aceites esenciales.
- ✓ Conectar las mangueras al refrigerante y al caño.
- ✓ Abrir el caño, de tal manera que circule el agua a través del enfriamiento del refrigerante.
- ✓ Encender la plancha de calentamiento y destilar a temperatura constante durante 90 minutos.
- ✓ Recolectar el aceite de mandarina obtenido en goteros previamente esterilizados y rotulados.
- ✓ Determinar el porcentaje de rendimiento a partir del volumen.
- ✓ Lavar el equipo completamente para evitar cualquier contaminación cruzada en la siguiente corrida.
- ✓ Completar el formato del registro de la experiencia, hacer anotaciones u observaciones.

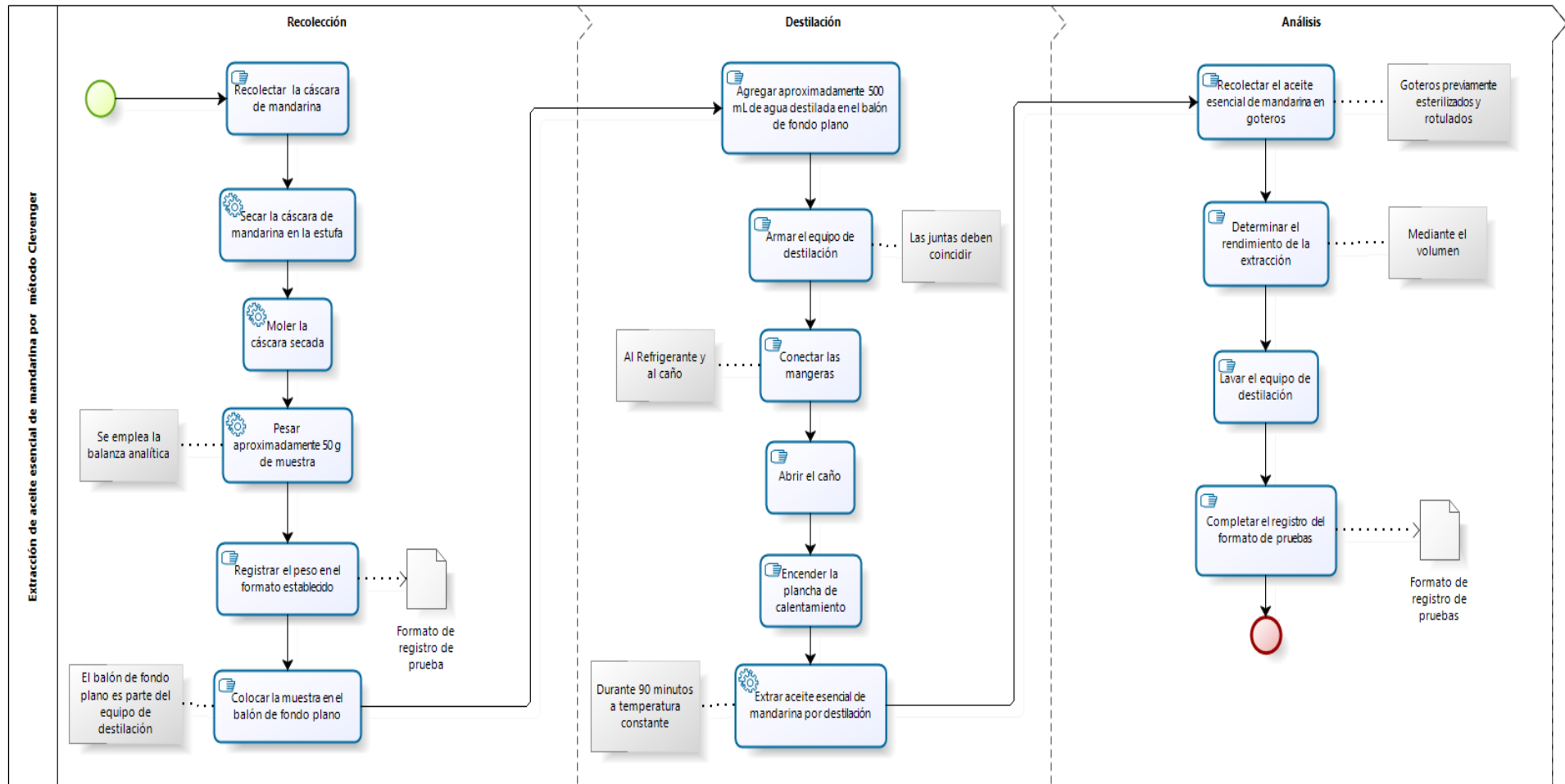


Figura 68. Diagrama del proceso de extracción de aceite esencial de mandarina método Clevenger (Elaboración propia)

- **Extracción de aceite esencial de tangelo, método arrastre de vapor clásico**
 - ✓ Se recolecta la cáscara de tangelo en tiras, ya sea esta muestra húmeda o semiseca.
 - ✓ Pesar aproximadamente 200 g de cáscara de tangelo (húmeda o semiseca) en la balanza analítica, y registrar el peso exacto en el formato de registro de la prueba.
 - ✓ Colocar los 200 g de cáscara de tangelo (húmeda o semiseca) en la columna de vidrio que forma parte del equipo de destilación.
 - ✓ Agregar aproximadamente 2000 mL de agua destilada en el balón de fondo plano que forma parte del equipo de destilación.
 - ✓ Proceder a armar el equipo de destilación de aceites esenciales, cuidando que las juntas coincidan y no haya fugas.
 - ✓ Conectar las mangueras al refrigerante y al caño.
 - ✓ Abrir el caño, de tal manera que circule el agua a través del enfriamiento del refrigerante.
 - ✓ Encender la plancha de calentamiento y destilar a temperatura constante durante 90 minutos.
 - ✓ Recolectar el aceite de tangelo obtenido en las peras de separación.
 - ✓ Lavar el equipo completamente para evitar cualquier contaminación cruzada en la siguiente corrida.
 - ✓ Luego de 24 horas aproximadamente, proceder a recolectar el aceite en los goteros, los cuales previamente han sido esterilizados y rotulados.
 - ✓ Determinar el porcentaje de rendimiento a partir del volumen.
 - ✓ Completar el formato del registro de la experiencia, hacer anotaciones u observaciones.

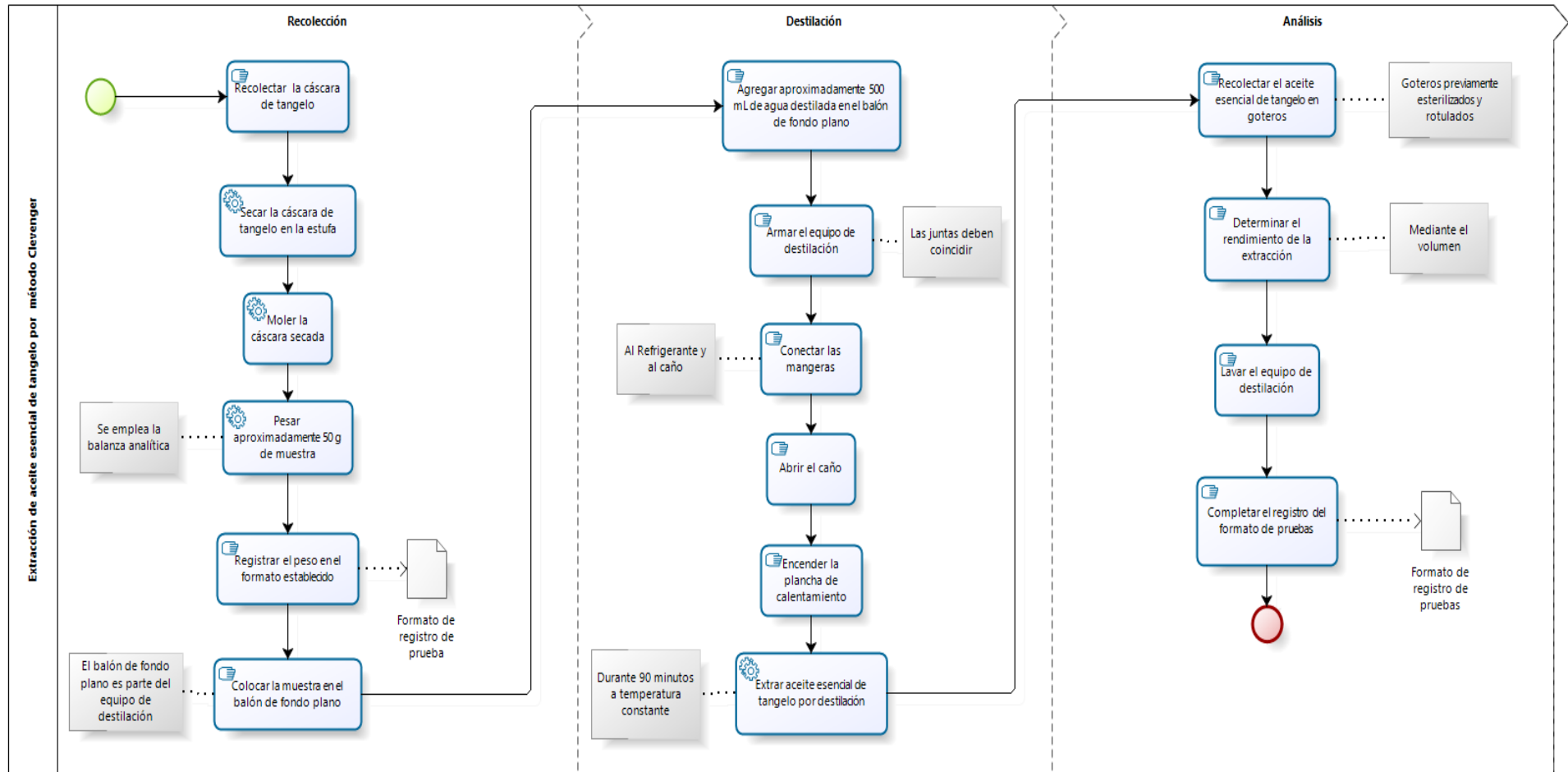


Figura 69. Diagrama del proceso de extracción de aceite esencial de tangelo método clásico (Elaboración propia)

- **Extracción de aceite esencial de tangelo, método Clevenger**
 - ✓ La cáscara de tangelo se procede a secar en la estufa, para luego ser molida.
 - ✓ Pesar aproximadamente 50 g del material pulverizado en la balanza analítica, y registrar el peso exacto en el formato de registro de la prueba.
 - ✓ Colocar los 50 g de cáscara de tangelo pulverizada en el balón de fondo plano de capacidad 1000 mL.
 - ✓ Agregar aproximadamente 500 mL de agua destilada en el balón que contiene la muestra pulverizada de cáscara de mandarina.
 - ✓ Proceder a armar el equipo de destilación de aceites esenciales.
 - ✓ Conectar las mangueras al refrigerante y al caño.
 - ✓ Abrir el caño, de tal manera que circule el agua a través del enfriamiento del refrigerante.
 - ✓ Encender la plancha de calentamiento y destilar a temperatura constante durante 90 minutos.
 - ✓ Recolectar el aceite de tangelo obtenido en goteros previamente esterilizados y rotulados.
 - ✓ Determinar el porcentaje de rendimiento a partir del volumen.
 - ✓ Lavar el equipo completamente para evitar cualquier contaminación cruzada en la siguiente corrida.
 - ✓ Completar el formato del registro de la experiencia, hacer anotaciones u observaciones.

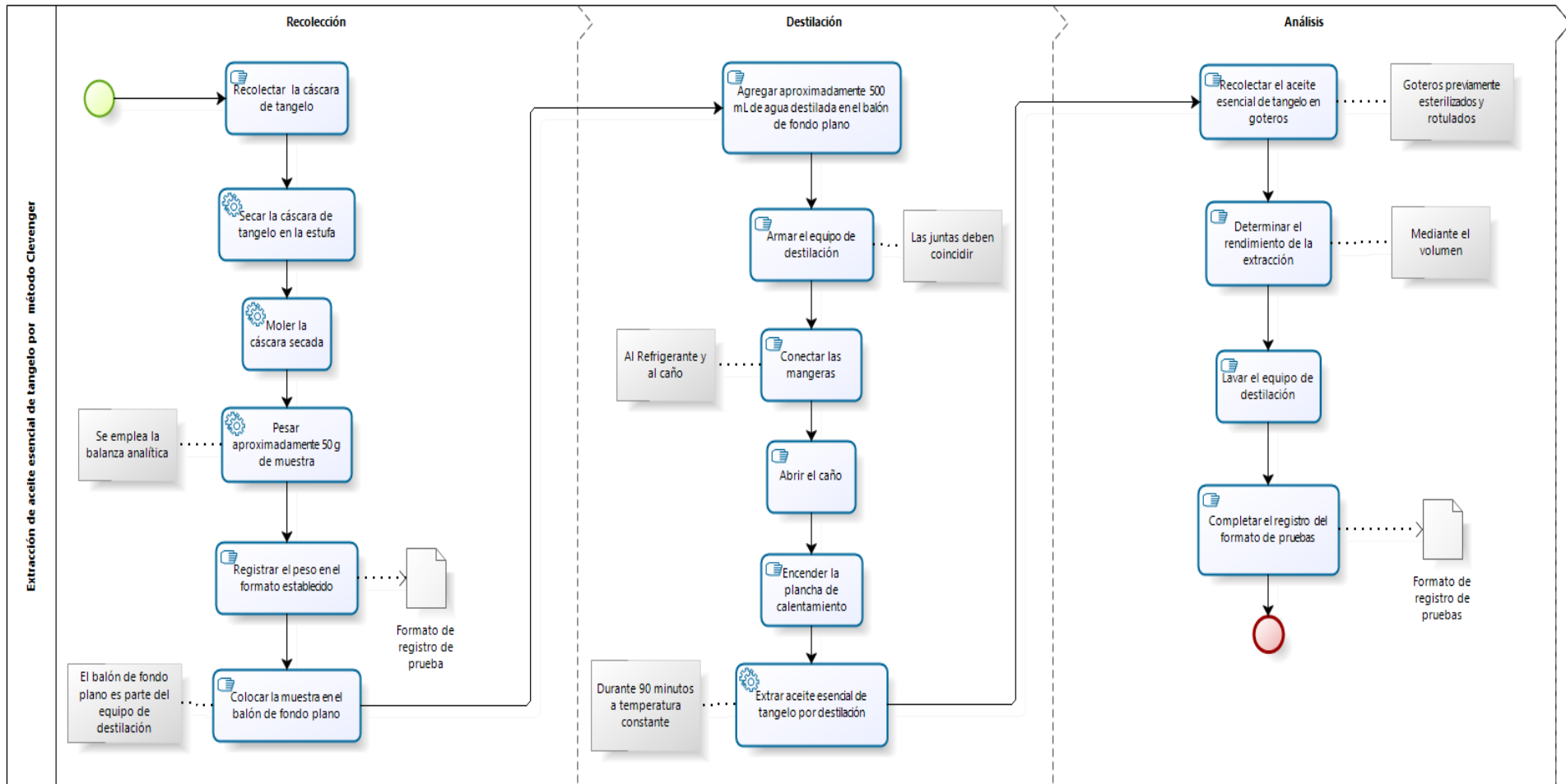


Figura 70. Diagrama del proceso de extracción de aceite esencial de tangelo método Clevenger (Elaboración propia)

4.1.2. Ingeniería de requerimientos

Tomando en cuenta el contexto y el planteamiento de la investigación se procede a describir de manera general en qué servicios y procesos de elaboración o producción de los sectores industriales o de servicios se emplean los aceites esenciales. Ya que los aceites esenciales no son un bien de consumo directo, son materias primas o insumos industriales, por ello se procede a clasificar de la siguiente manera:

- ✓ Aceites esenciales para la industria de las fragancias.
- ✓ Aceites esenciales para la industria de aromas o sabores.
- ✓ Aceites esenciales para la industria de farmacológica.
- ✓ Aceites esenciales para otras actividades (petroquímica, terapéutica, entre otros).

Partiendo de esta clasificación se puede agrupar los siguientes sectores económicos:

- ✓ Industrias que requieren aceites esenciales para fragancia.
- ✓ Industrias que requieren aceites esenciales para aromas o sabores.
- ✓ Industrias que requieren aceites esenciales para actividades químicas y terapéuticas.

Con el agrupamiento anterior se procede a detallar y esbozar con un gráfico de casos de usos cada uno de ellos a fin de poder entender el requerimiento ligado a la necesidad.

- **Industrias que requieren aceites esenciales para fragancia**

La industria productora de perfumes requiere los aceites esenciales para acentuar la fragancia de perfumes, la elaboración de aguas de perfume, aguas de tocador, aguas de colonia, aguas frescas y aguas de baño. Para la industria que produce implementos de aseo y limpieza usan los aceites para otorgar fragancia a productos de limpieza personal, limpieza para el piso, aromatizantes ambientales, limpieza de baños, cocinas, entre otros. En el caso de los productores de cosméticos los aceites esenciales son empleados para hacer más agradable, atractivo o impartir identidad a un producto cosmético, tales como jabones, champús,

desodorantes, labiales, cremas, ungüentos, pastas dentales. Los productores de plásticos enmascarar el mal olor que tienen algunos cauchos y plásticos empleando aceites esenciales. Por su parte la los productores de textiles usan los aceites esenciales como enmascaradores de olores antes y después del teñido. La industria productora de pinturas también los emplea como enmascaradores de olores de las pinturas y barnices. Y la industria papelería impregna de fragancias a cuadernos, esquelas, tarjetas, papel higiénico, toallas faciales con el uso de los aceites esenciales.



Figura 71. Diagrama de caso de uso para las industrias que requieren aceites esenciales para fragancia (Elaboración propia)

- **Industrias que requieren aceites esenciales para aromas o sabores**

La industria productora de alimentos emplea en gran medida los aceites esenciales en la elaboración de confitería con sabores cítricos, de snacks, galletería, condimentos, saborizantes para bebidas. En el caso de la industria médica emplea los aceites esenciales para producir saborizantes de sus medicamentos y por su parte la industria tabacalera y cigarrera los emplea para producir aromatizantes de los cigarrillos.

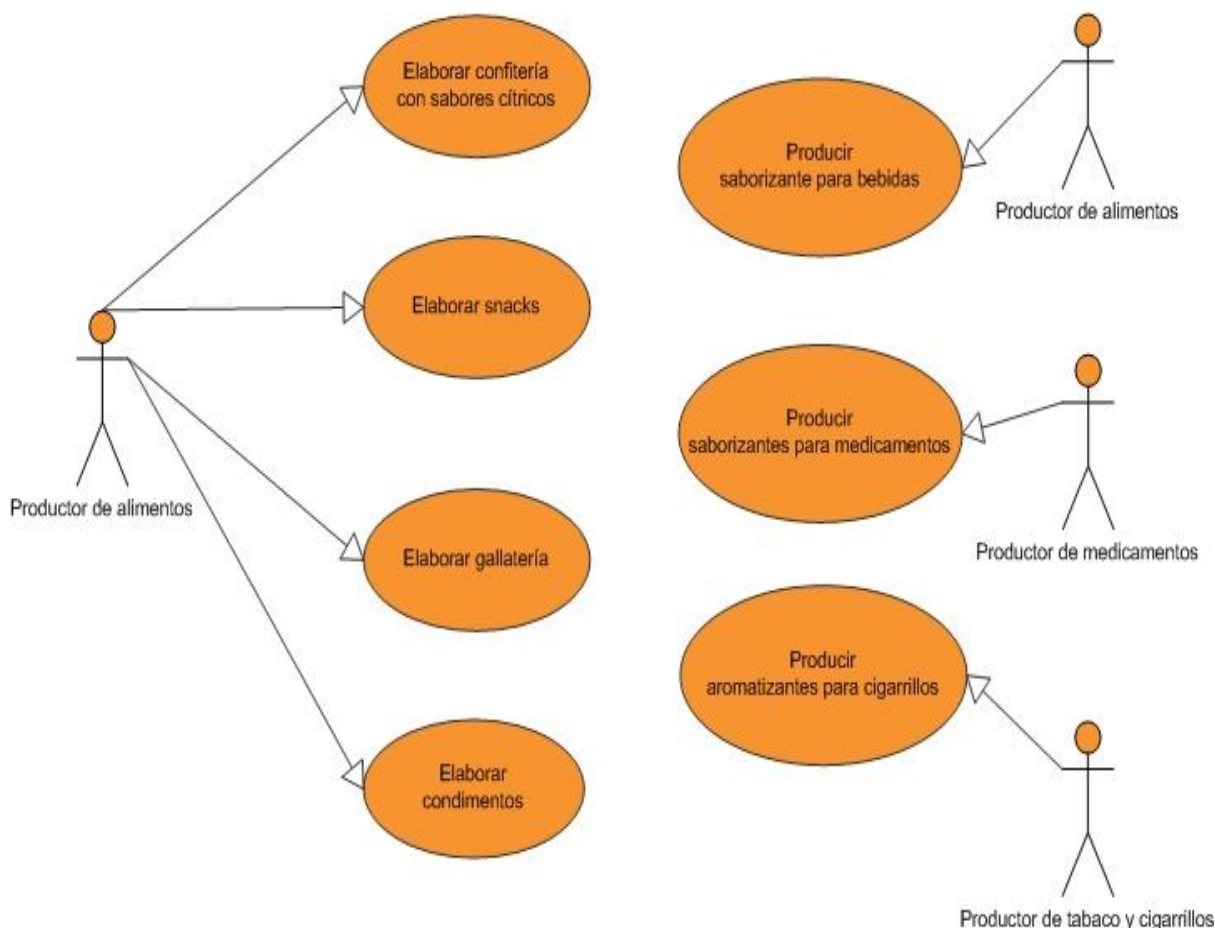


Figura 72. Diagrama de caso de uso para las industrias que requieren aceites esenciales para aromas o sabores (Elaboración propia)

- **Industrias que requieren aceites esenciales para actividades químicas y de terapéuticas**

La industria farmacéutica emplea en gran medida los aceites esenciales en la elaboración de productos de tipo broncorespiratorios, digestivos, urinarios y antiinflamatorios. En el caso de los productores de disolventes emplean los aceites para producir disolventes

biodegradables. La industria petroquímica los emplea para desarrollar el proceso de flotación. Por su parte los productores de biocidas con los aceites esenciales elaboran bactericidas e insecticidas. Y finalmente, el nuevo rubro que emplea los aceites esenciales son los centros de relajación, en los cuales se desarrollan sesiones de aromaterapia y temas vinculados con spas.



Figura 73. Diagrama de caso de uso para las industrias que requieren aceites esenciales para actividades químicas y terapéuticas (Elaboración propia)

4.1.3. Diseño e implementación de la solución

Siguiendo el modelado de los procesos para cada uno de los tipos de extracción y tomando en cuenta que se desea determinar su rendimiento, se empleará la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Volumen del aceite (mL)}}{\text{Masa de la muestra (g)}} \times 100$$

Respecto a los costos de la extracción de aceites esenciales de los cítricos naranja, mandarina y tangelo primero se desglosará uno por uno, tomando en cuenta solo los costos relacionados a consumo de agua y energía eléctrica.

Para determinar el costo relacionado al consumo de agua en cada prueba de extracción se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Costo (S/.)} = \text{Flujo de Agua} \left(\frac{\text{mL}}{\text{min}} \right) \times \text{Tiempo de extracción (min)} \times \text{Precio del agua} \left(\frac{\text{S/.}}{\text{mL}} \right)$$

El flujo de agua se determinó calculando el tiempo que demoraba en llenarse una probeta de 100 mL y luego se procedía a determinar cuántos mililitros son empleados en un minuto. Para el factor relacionado al precio del agua se tomó como referencia el precio de un metro cúbico de agua, el cual asciende a S/. 0.915, es decir mil litros cuestan menos de un nuevo sol; luego se calculó la equivalencia para el precio en nuevos soles de un mililitro de agua, también se tuvo en cuenta el manejo y empleo de conversión de unidades.

Para determinar el costo relacionado al consumo de energía eléctrica en cada prueba de extracción se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Costo (S/.)} = \text{Potencia de la plancha eléctrica (kW)} \times \text{Tiempo de extracción (min)} \\ \times \text{Precio de la electricidad ((S/.) / kWh)}$$

La potencia de la plancha eléctrica que se empleó para todas las pruebas es de 2.00 kilo Watts (kW) y el precio del kilo Watt-hora (kWh) es de S/. 0.3915; también se tuvo en cuenta el manejo y empleo de conversión de unidades.

Posteriormente, se detallarán los costos de recolección, transporte y caracterización de los aceites, para luego ser sumados a estos los costos de agua y energía eléctrica según el tipo de metodología empleada respecto a cada uno de los cítricos en cuestión.

- **Resultados de la extracción de aceite esencial de naranja**

Se realizaron 36 pruebas experimentales vinculadas a la naranja, de las cuales 12 fueron con cáscara húmeda (fruto recién pelado) y por metodología de arrastre por vapor clásico, 12 fueron con cáscara semiseca (expuesta al sol por dos días) y por metodología de arrastre por vapor clásico y las otras 12 fueron con cáscara molida (colocada en la estufa a 64 °C por dos días y posteriormente molida) empleando el método Clevenger.

Para el caso de la extracción por la metodología clásica con muestra semiseca, se observó que luego de dejarla secando al sol la masa se reducía en un 30%. Mientras que para el caso de la extracción por el método Clevenger la masa de la muestra al ser secada en la estufa se reducía aproximadamente en 70% y luego al ser pulverizada la masa de la muestra era aproximadamente de 73% menos que la masa húmeda inicial.



Figura 74. Extracción de aceite esencial de naranja método clásico (Elaboración propia)



Figura 75. Extracción de aceite esencial de naranja método clásico (Elaboración propia)



Figura 76. Extracción de aceite esencial de naranja método clásico (Elaboración propia)



Figura 77. Extracción de aceite esencial de naranja método Clevenger (Elaboración propia)



Figura 78. Extracción de aceite esencial de naranja método Clevenger (Elaboración propia)

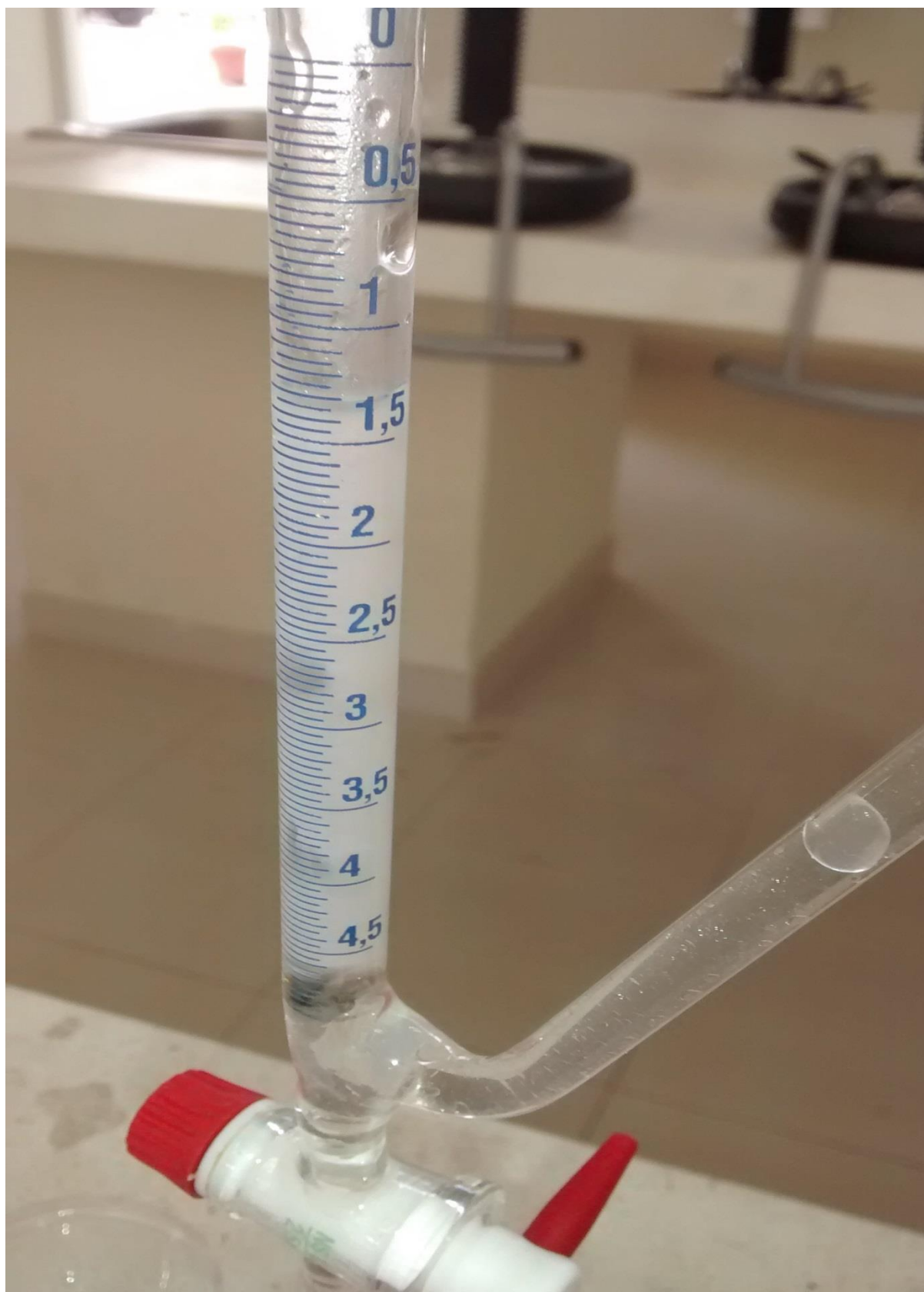


Figura 79. Extracción de aceite esencial de naranja método Clevenger (Elaboración propia)

Resultados de la extracción de aceite esencial de naranja - metodología clásica (muestra húmeda)				
N° de prueba	Masa de la muestra (g)	Tiempo de obtención (min)	Volumen (mL)	Rendimiento (%)
1	215.9945	35	0.50	0.23%
2	210.1100	40	0.50	0.24%
3	212.4533	43	0.60	0.28%
4	214.7743	42	0.50	0.23%
5	211.1245	41	0.50	0.24%
6	214.2828	41	0.60	0.28%
7	210.9576	40	0.50	0.24%
8	213.0077	39	0.50	0.23%
9	208.1146	40	0.40	0.19%
10	216.1122	39	0.50	0.23%
11	214.9050	40	0.50	0.23%
12	216.0042	44	0.50	0.23%
PROMEDIO	213.1534	40.33	0.51	0.24%

Figura 80. Resultados de la extracción de aceite esencial de naranja por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

Resultados de la extracción de aceite esencial de naranja - metodología clásica (muestra semiseca)				
N° de prueba	Masa de la muestra (g)	Tiempo de obtención (min)	Volumen (mL)	Rendimiento (%)
1	215.1645	35	0.70	0.33%
2	210.1152	34	0.60	0.29%
3	214.3348	35	0.60	0.28%
4	211.6443	35	0.70	0.33%
5	208.1515	33	0.70	0.34%
6	213.8847	38	0.80	0.37%
7	210.9945	35	0.60	0.28%
8	214.5773	34	0.70	0.33%
9	214.1599	32	0.70	0.33%
10	215.1645	33	0.70	0.33%
11	216.1619	35	0.80	0.37%
12	217.7756	32	0.70	0.32%
PROMEDIO	213.5107	34.25	0.69	0.32%

Figura 81. Resultados de la extracción de aceite esencial de naranja por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Resultados de la extracción de aceite esencial de naranja - metodología Clevenger				
N° de prueba	Masa de la muestra (g)	Tiempo de obtención (min)	Volumen (mL)	Rendimiento (%)
1	50.0152	25	3.00	6.00%
2	50.0214	27	3.00	6.00%
3	50.0052	25	3.50	7.00%
4	50.0333	26	3.20	6.40%
5	50.0146	29	2.80	5.60%
6	50.0345	29	3.00	6.00%
7	50.0242	28	2.90	5.80%
8	50.0765	27	3.10	6.19%
9	50.0146	26	2.80	5.60%
10	50.0046	28	3.20	6.40%
11	50.0014	28	3.00	6.00%
12	50.0134	25	3.00	6.00%
PROMEDIO	50.0216	26.92	3.04	6.08%

Figura 82. Resultados de la extracción de aceite esencial de naranja por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

De las figuras anteriores se aprecia que el método Clevenger presenta cerca de 27 minutos de tiempo de obtención promedio, y que para el caso de la metodología clásica con cáscara semiseca el tiempo de obtención promedio es cercano a los 34 minutos y para la cáscara húmeda, bajo la misma metodología es de 40 minutos aproximadamente. El volumen de aceite obtenido también es mayor al emplear la metodología Clevenger, ya que luego de sus 12 respectivas pruebas se obtuvo alrededor de 36.00 mililitros, mientras que en las pruebas de metodología clásica con muestra húmeda y semiseca se obtuvo volúmenes cercanos a 15.00 y 6.00 mililitros respectivamente. Dando lugar a que el mayor rendimiento sea el de la metodología Clevenger, la cual presenta un rendimiento promedio de 6.08%, superando considerablemente al 0.32% de rendimiento promedio logrado por la metodología clásica con cáscara semiseca y también al 0.24% de rendimiento promedio obtenido por la metodología clásica con cáscara húmeda.

De las Figuras 83, 84 y 85 se aprecia que las 12 pruebas llevadas a cabo con el método Clevenger presentan un costo de S/. 0.366, mientras que los costos relacionados a la metodología clásica son de S/. 0.363 para la extracción con cáscara semiseca y S/. 0.359 para

la extracción con cáscara húmeda, la diferencia no es mucha, pero recordemos que se trata de ensayos a pequeña escala.

Costo del Agua para la extracción del aceite esencial de naranja - método clásico (muestra húmeda)				
N° de prueba	Flujo de Agua (mL/min)	Tiempo de Extracción (min)	Precio del agua (S./mL)	Costo (S./.)
1	250.0000	120	0.000000915	0.027
2	250.0000	120	0.000000915	0.027
3	236.8421	120	0.000000915	0.026
4	225.0000	120	0.000000915	0.025
5	400.0000	90	0.000000915	0.033
6	400.0000	90	0.000000915	0.033
7	375.0000	90	0.000000915	0.031
8	333.3333	90	0.000000915	0.027
9	300.0000	90	0.000000915	0.025
10	428.5714	90	0.000000915	0.035
11	461.5385	90	0.000000915	0.038
12	375.0000	90	0.000000915	0.031
			TOTAL	0.359

Figura 83. Costo del agua relacionado a la extracción del aceite esencial de naranja por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

Costo del Agua para la extracción del aceite esencial de naranja - método clásico (muestra semiseca)				
N° de prueba	Flujo de Agua (mL/min)	Tiempo de Extracción (min)	Precio del agua (S./mL)	Costo (S./.)
1	300.0000	120	0.000000915	0.033
2	250.0000	120	0.000000915	0.027
3	264.7059	120	0.000000915	0.029
4	250.0000	120	0.000000915	0.027
5	400.0000	90	0.000000915	0.033
6	500.0000	90	0.000000915	0.041
7	333.3333	90	0.000000915	0.027
8	352.9412	90	0.000000915	0.029
9	315.7895	90	0.000000915	0.026
10	352.9412	90	0.000000915	0.029
11	333.3333	90	0.000000915	0.027
12	400.0000	90	0.000000915	0.033
			TOTAL	0.363

Figura 84. Costo del agua relacionado a la extracción del aceite esencial de naranja por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Costo del Agua para la extracción del aceite esencial de naranja - método Clevenger				
N° de prueba	Flujo de Agua (mL/min)	Tiempo de Extracción (min)	Precio del agua (S./mL)	Costo (S./.)
1	300.0000	120	0.000000915	0.033
2	300.0000	120	0.000000915	0.033
3	264.7059	120	0.000000915	0.029
4	300.0000	120	0.000000915	0.033
5	315.7895	90	0.000000915	0.026
6	333.3333	90	0.000000915	0.027
7	315.7895	90	0.000000915	0.026
8	428.5714	90	0.000000915	0.035
9	375.0000	90	0.000000915	0.031
10	400.0000	90	0.000000915	0.033
11	352.9412	90	0.000000915	0.029
12	375.0000	90	0.000000915	0.031
			TOTAL	0.366

Figura 85. Costo del agua relacionado a la extracción del aceite esencial de naranja por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

A partir de los resultados mostrados en las Figuras 86, 87 y 88 sobre los ensayos llevados a cabo tanto con la metodología clásica en muestra húmeda y semiseca, así como con la metodología Clevenger el costo en energía eléctrica es el mismo, el cual asciende a S/. 15.660.

Costo de Energía Eléctrica para la extracción del aceite esencial de naranja - método clásico (muestra húmeda)				
N° de prueba	Potencia de la plancha eléctrica(kW)	Tiempo de Extracción (min)	Precio de la electricidad (S./kWh)	Costo (S/.)
1	2.0	120	0.3915	1.566
2	2.0	120	0.3915	1.566
3	2.0	120	0.3915	1.566
4	2.0	120	0.3915	1.566
5	2.0	90	0.3915	1.175
6	2.0	90	0.3915	1.175
7	2.0	90	0.3915	1.175
8	2.0	90	0.3915	1.175
9	2.0	90	0.3915	1.175
10	2.0	90	0.3915	1.175
11	2.0	90	0.3915	1.175
12	2.0	90	0.3915	1.175
			TOTAL	15.660

Figura 86. Costo de la energía eléctrica relacionado a la extracción del aceite esencial de naranja por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

Costo de Energía Eléctrica para la extracción del aceite esencial de naranja - método clásico (muestra semiseca)				
N° de prueba	Potencia de la plancha eléctrica(kW)	Tiempo de Extracción (min)	Precio de la electricidad (S./kWh)	Costo (S/.)
1	2.0	120	0.3915	1.566
2	2.0	120	0.3915	1.566
3	2.0	120	0.3915	1.566
4	2.0	120	0.3915	1.566
5	2.0	90	0.3915	1.175
6	2.0	90	0.3915	1.175
7	2.0	90	0.3915	1.175
8	2.0	90	0.3915	1.175
9	2.0	90	0.3915	1.175
10	2.0	90	0.3915	1.175
11	2.0	90	0.3915	1.175
12	2.0	90	0.3915	1.175
			TOTAL	15.660

Figura 87. Costo de la energía eléctrica relacionado a la extracción del aceite esencial de naranja por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Costo de Energía Eléctrica para la extracción del aceite esencial de naranja - método Clevenger				
N° de prueba	Potencia de la plancha eléctrica(kW)	Tiempo de Extracción (min)	Precio de la electricidad (S./kWh)	Costo (S/.)
1	2.0	120	0.3915	1.566
2	2.0	120	0.3915	1.566
3	2.0	120	0.3915	1.566
4	2.0	120	0.3915	1.566
5	2.0	90	0.3915	1.175
6	2.0	90	0.3915	1.175
7	2.0	90	0.3915	1.175
8	2.0	90	0.3915	1.175
9	2.0	90	0.3915	1.175
10	2.0	90	0.3915	1.175
11	2.0	90	0.3915	1.175
12	2.0	90	0.3915	1.175
			TOTAL	15.660

Figura 88. Costo de la energía eléctrica relacionado a la extracción del aceite esencial de naranja por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

- **Resultados de la extracción de aceite esencial de mandarina**

Se efectuaron 36 pruebas experimentales relacionadas a la mandarina, de estas pruebas, 12 fueron con cáscara húmeda (fruto recién pelado) y por metodología de arrastre por vapor clásico, 12 fueron con cáscara semiseca (expuesta al sol por dos días) y por metodología de arrastre por vapor clásico y las otras 12 fueron con cáscara molida (colocada en la estufa a 64 °C por dos días y posteriormente molida) empleando el método Clevenger..

Para el caso de la extracción por la metodología clásica con muestra semiseca, se observó que luego de dejarla secando al sol la masa se reducía en 25%. Mientras que para el caso de la extracción por el método Clevenger la masa de la muestra al ser secada en la estufa se reducía aproximadamente en 68.00% y luego al ser pulverizada la masa de la muestra era aproximadamente de 75.47% menos que la masa húmeda inicial.



Figura 89. Extracción de aceite esencial de mandarina método clásico (Elaboración propia)

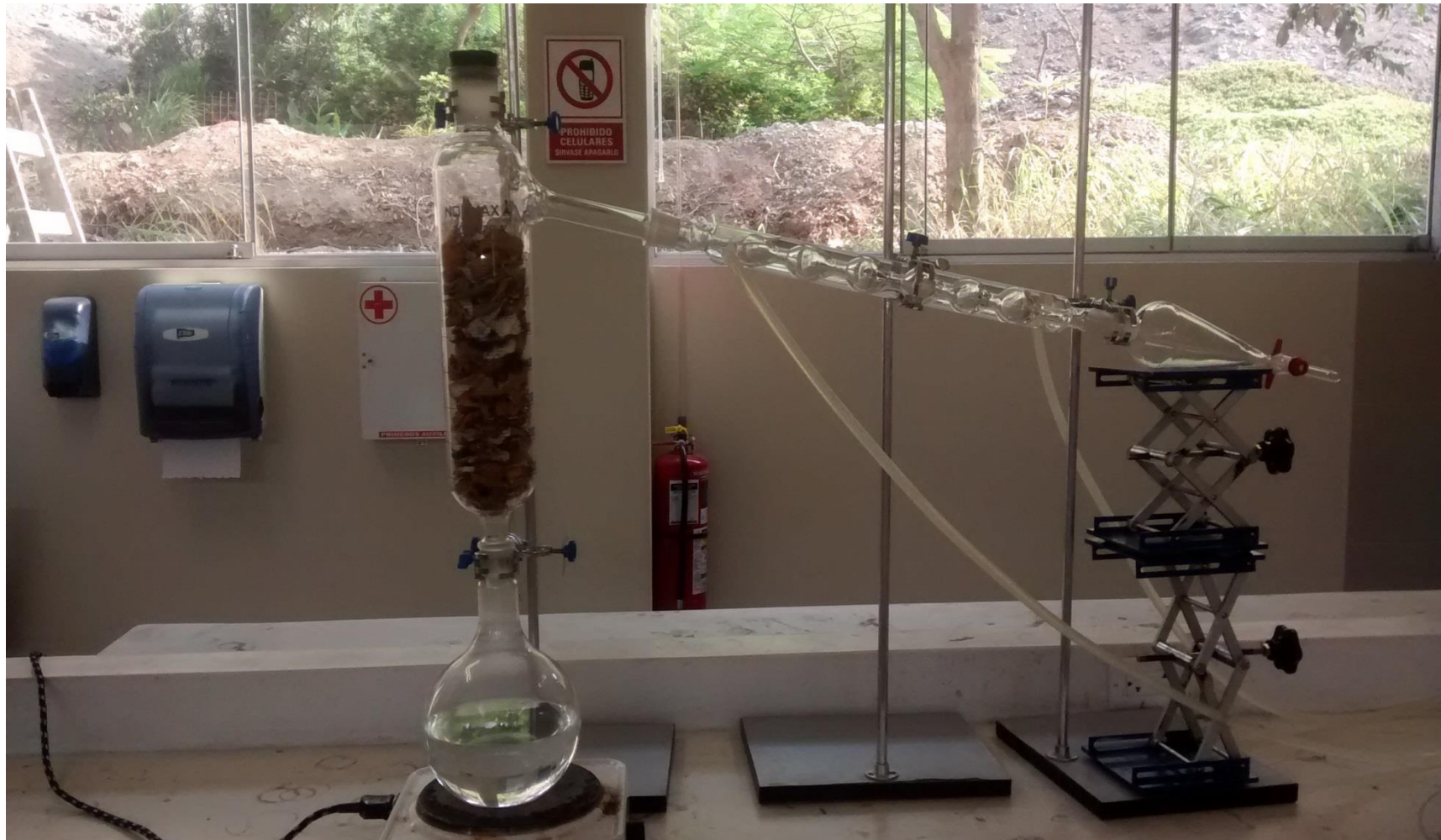


Figura 90. Extracción de aceite esencial de mandarina método clásico (Elaboración propia)



Figura 91. Extracción de aceite esencial de mandarina método clásico (Elaboración propia)

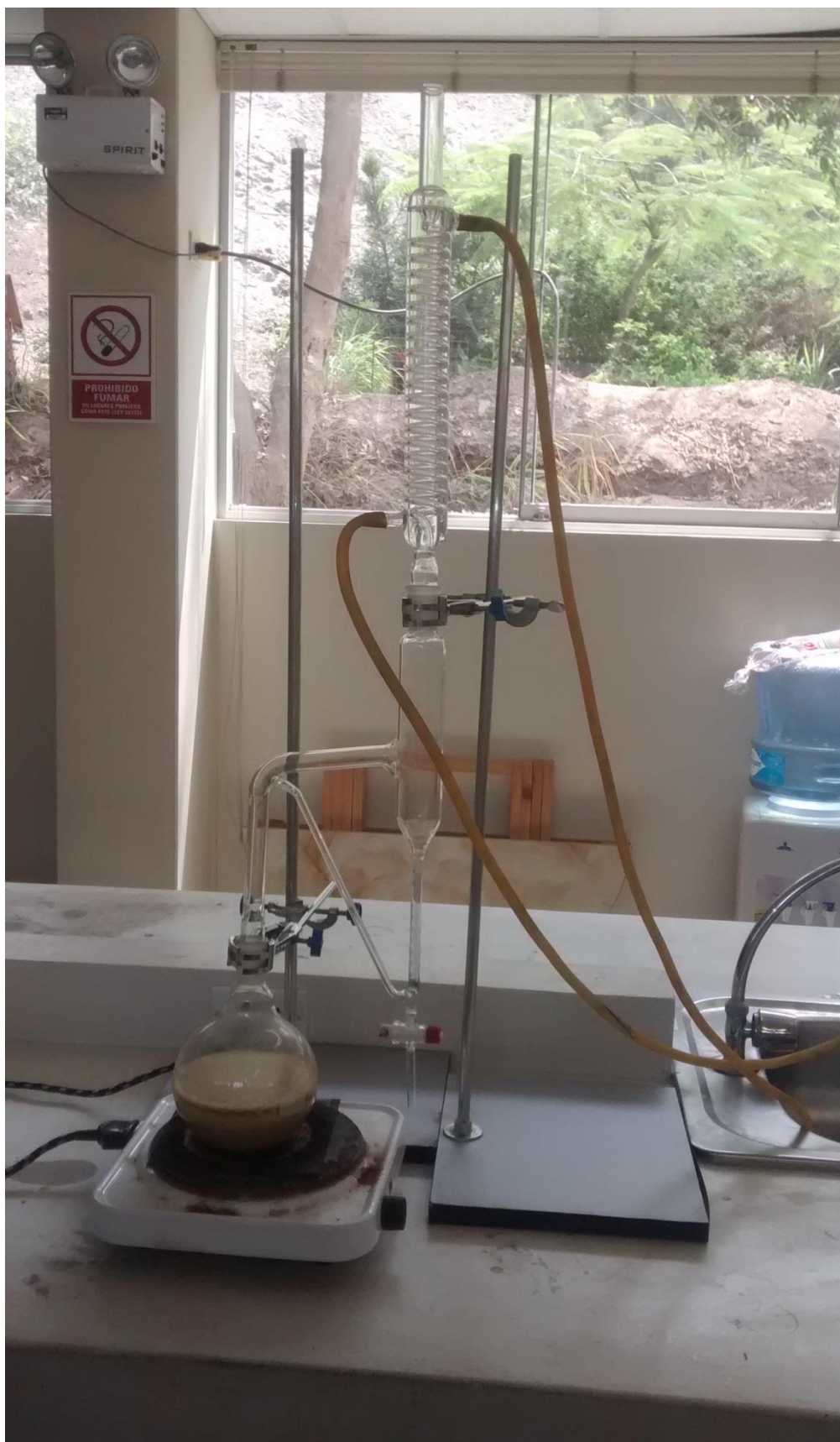


Figura 92. Extracción de aceite esencial de mandarina método Clevenger (Elaboración propia)



Figura 93. Extracción de aceite esencial de mandarina método Clevenger (Elaboración propia)

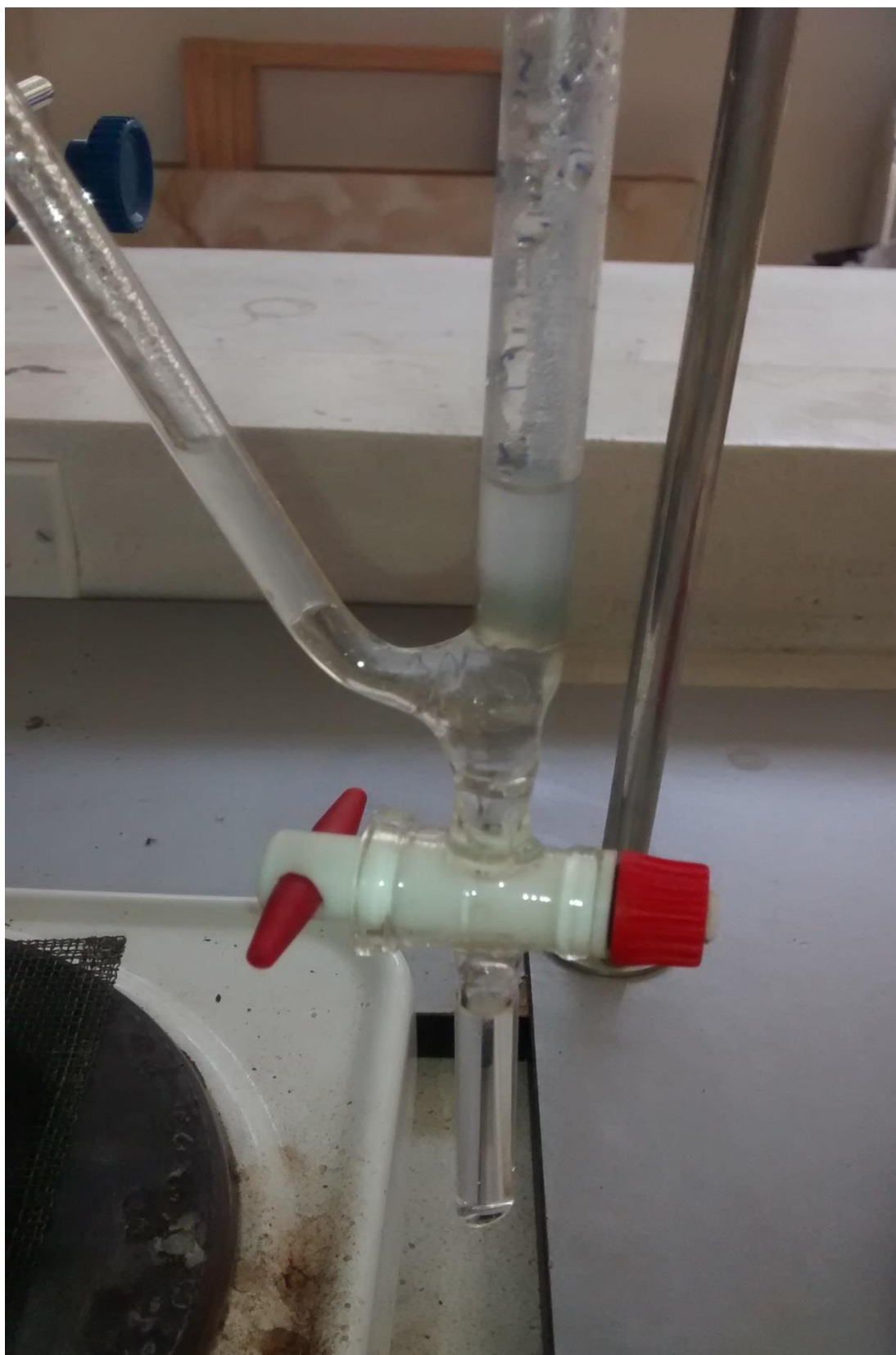


Figura 94. Extracción de aceite esencial de mandarina método Clevenger (Elaboración propia)

Resultados de la extracción de aceite esencial de mandarina - metodología clásica (muestra húmeda)				
N° de prueba	Masa de la muestra (g)	Tiempo de obtención (min)	Volumen (mL)	Rendimiento (%)
1	210.1984	34	0.90	0.43%
2	214.4321	35	0.80	0.37%
3	213.1465	35	0.80	0.38%
4	208.0284	33	0.80	0.38%
5	203.1407	33	0.80	0.39%
6	218.1474	34	1.00	0.46%
7	212.1498	33	0.90	0.42%
8	213.1291	35	0.80	0.38%
9	212.1814	35	0.90	0.42%
10	215.3933	34	0.90	0.42%
11	218.4488	35	0.90	0.41%
12	217.1561	32	0.90	0.41%
PROMEDIO	212.9627	34.00	0.87	0.41%

Figura 95. Resultados de la extracción de aceite esencial de mandarina por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

Resultados de la extracción de aceite esencial de mandarina - metodología clásica (muestra semiseca)				
N° de prueba	Masa de la muestra (g)	Tiempo de obtención (min)	Volumen (mL)	Rendimiento (%)
1	210.0772	33	1.10	0.52%
2	215.0882	34	1.20	0.56%
3	217.1498	33	1.10	0.51%
4	208.0762	32	1.20	0.58%
5	213.2572	34	1.20	0.56%
6	215.7898	35	1.20	0.56%
7	217.3785	32	1.30	0.60%
8	217.3565	34	1.30	0.60%
9	209.0024	35	1.10	0.53%
10	215.0708	33	1.20	0.56%
11	213.0557	33	1.20	0.56%
12	215.2176	35	1.20	0.56%
PROMEDIO	213.8767	33.58	1.19	0.56%

Figura 96. Resultados de la extracción de aceite esencial de mandarina por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Resultados de la extracción de aceite esencial de mandarina - metodología Clevenger				
N° de prueba	Masa de la muestra (g)	Tiempo de obtención (min)	Volumen (mL)	Rendimiento (%)
1	50.4527	28	0.80	1.59%
2	50.2412	27	0.70	1.39%
3	50.3933	29	0.70	1.39%
4	50.1975	28	0.60	1.20%
5	50.3024	29	0.50	0.99%
6	50.3970	30	0.70	1.39%
7	50.0424	30	0.60	1.20%
8	50.1224	29	0.70	1.40%
9	50.0132	27	0.80	1.60%
10	50.1375	28	0.70	1.40%
11	50.2430	28	0.60	1.19%
12	50.0017	28	0.50	1.00%
PROMEDIO	50.2120	28.42	0.66	1.31%

Figura 97. Resultados de la extracción de aceite esencial de mandarina por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

De las figuras anteriores se puede apreciar que el método Clevenger presenta cerca de 28 minutos de tiempo de obtención promedio, y que para el caso de la metodología clásica con cáscara semiseca el tiempo de obtención promedio está alrededor de 33.5 minutos y para la cáscara húmeda, bajo la misma metodología es de 34 minutos aproximadamente. Pero, el volumen de aceite obtenido es mayor al emplear la metodología clásica pero con cáscara semiseca, ya que luego de las 12 respectivas pruebas se obtuvo alrededor de 14.00 mililitros, mientras que en las pruebas de metodología clásica con muestra húmeda se obtuvo volúmenes cercanos a 10.00 mililitros y en la metodología Clevenger se obtuvo alrededor de 8.00 mililitros. Sin embargo, el mayor rendimiento es para la método Clevenger, el cual presenta un rendimiento promedio de 1.31%, superando al 0.56% de rendimiento promedio obtenido por la metodología clásica con cáscara semiseca y también al 0.41% de rendimiento promedio alcanzado por la metodología clásica con cáscara húmeda.

Los resultados que se muestran en las Figuras 98, 99 y 100 indican que el costo relacionado a las pruebas realizadas con el método Clevenger es de S/. 0.361, mientras que los costos relacionados a la metodología clásica son de S/. 0.360 para la extracción con

cáscara semiseca y S/. 0.338 para la extracción con cáscara húmeda, la brecha entre estos costos no es mucha, pero es preciso señalar que se está trabajando a pequeña escala.

Costo del Agua para la extracción del aceite esencial de mandarina - método clásico (muestra húmeda)				
N° de prueba	Flujo de Agua (mL/min)	Tiempo de Extracción (min)	Precio del agua (S./mL)	Costo (S/.)
1	250.0000	120	0.000000915	0.027
2	250.0000	120	0.000000915	0.027
3	264.7059	120	0.000000915	0.029
4	250.0000	120	0.000000915	0.027
5	352.9412	90	0.000000915	0.029
6	315.7895	90	0.000000915	0.026
7	375.0000	90	0.000000915	0.031
8	333.3333	90	0.000000915	0.027
9	333.3333	90	0.000000915	0.027
10	333.3333	90	0.000000915	0.027
11	333.3333	90	0.000000915	0.027
12	375.0000	90	0.000000915	0.031
			TOTAL	0.338

Figura 98. Costo del agua relacionado a la extracción del aceite esencial de mandarina por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

Costo del Agua para la extracción del aceite esencial de mandarina - método clásico (muestra semiseca)				
N° de prueba	Flujo de Agua (mL/min)	Tiempo de Extracción (min)	Precio del agua (S./mL)	Costo (S./)
1	300.0000	120	0.000000915	0.033
2	264.7059	120	0.000000915	0.029
3	264.7059	120	0.000000915	0.029
4	300.0000	120	0.000000915	0.033
5	352.9412	90	0.000000915	0.029
6	333.3333	90	0.000000915	0.027
7	375.0000	90	0.000000915	0.031
8	400.0000	90	0.000000915	0.033
9	352.9412	90	0.000000915	0.029
10	315.7895	90	0.000000915	0.026
11	400.0000	90	0.000000915	0.033
12	333.3333	90	0.000000915	0.027
			TOTAL	0.360

Figura 99. Costo del agua relacionado a la extracción del aceite esencial de mandarina por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Costo del Agua para la extracción del aceite esencial de mandarina - método Clevenger				
N° de prueba	Flujo de Agua (mL/min)	Tiempo de Extracción (min)	Precio del agua (S./mL)	Costo (S./)
1	300.0000	120	0.000000915	0.033
2	250.0000	120	0.000000915	0.027
3	264.7059	120	0.000000915	0.029
4	300.0000	120	0.000000915	0.033
5	333.3333	90	0.000000915	0.027
6	400.0000	90	0.000000915	0.033
7	300.0000	90	0.000000915	0.025
8	400.0000	90	0.000000915	0.033
9	375.0000	90	0.000000915	0.031
10	400.0000	90	0.000000915	0.033
11	375.0000	90	0.000000915	0.031
12	315.7895	90	0.000000915	0.026
			TOTAL	0.361

Figura 100. Costo del agua relacionado a la extracción del aceite esencial de mandarina por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

De las Figuras 101, 102 y 103 se puede apreciar que las 36 pruebas realizadas con mandarina en tres tipos particulares de extracción el costo relacionado al consumo de energía eléctrica es el mismo, el cual asciende a S/. 15.660.

Costo de Energía Eléctrica para la extracción del aceite esencial de mandarina - método clásico (muestra húmeda)				
N° de prueba	Potencia de la plancha eléctrica(kW)	Tiempo de Extracción (min)	Precio de la electricidad (S./kWh)	Costo (S/.)
1	2.0	120	0.3915	1.566
2	2.0	120	0.3915	1.566
3	2.0	120	0.3915	1.566
4	2.0	120	0.3915	1.566
5	2.0	90	0.3915	1.175
6	2.0	90	0.3915	1.175
7	2.0	90	0.3915	1.175
8	2.0	90	0.3915	1.175
9	2.0	90	0.3915	1.175
10	2.0	90	0.3915	1.175
11	2.0	90	0.3915	1.175
12	2.0	90	0.3915	1.175
			TOTAL	15.660

Figura 101. Costo de la energía eléctrica relacionado a la extracción del aceite esencial de mandarina por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

Costo de Energía Eléctrica para la extracción del aceite esencial de mandarina - método clásico (muestra semiseca)				
N° de prueba	Potencia de la plancha eléctrica(kW)	Tiempo de Extracción (min)	Precio de la electricidad (S./kWh)	Costo (S/.)
1	2.0	120	0.3915	1.566
2	2.0	120	0.3915	1.566
3	2.0	120	0.3915	1.566
4	2.0	120	0.3915	1.566
5	2.0	90	0.3915	1.175
6	2.0	90	0.3915	1.175
7	2.0	90	0.3915	1.175
8	2.0	90	0.3915	1.175
9	2.0	90	0.3915	1.175
10	2.0	90	0.3915	1.175
11	2.0	90	0.3915	1.175
12	2.0	90	0.3915	1.175
			TOTAL	15.660

Figura 102. Costo de la energía eléctrica relacionado a la extracción del aceite esencial de mandarina por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Costo de Energía Eléctrica para la extracción del aceite esencial de mandarina - método Clevenger				
N° de prueba	Potencia de la plancha eléctrica(kW)	Tiempo de Extracción (min)	Precio de la electricidad (S./kWh)	Costo (S/.)
1	2.0	120	0.3915	1.566
2	2.0	120	0.3915	1.566
3	2.0	120	0.3915	1.566
4	2.0	120	0.3915	1.566
5	2.0	90	0.3915	1.175
6	2.0	90	0.3915	1.175
7	2.0	90	0.3915	1.175
8	2.0	90	0.3915	1.175
9	2.0	90	0.3915	1.175
10	2.0	90	0.3915	1.175
11	2.0	90	0.3915	1.175
12	2.0	90	0.3915	1.175
			TOTAL	15.660

Figura 103. Costo de la energía eléctrica relacionado a la extracción del aceite esencial de mandarina por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

- **Resultados de la extracción de aceite esencial de tangelo**

Se llevaron a cabo 36 pruebas experimentales relacionadas con tangelo, de estas pruebas, 12 fueron con cáscara húmeda (fruto recién pelado) y por metodología de arrastre por vapor clásico, 12 fueron con cáscara semiseca (expuesta al sol por dos días) y por metodología de arrastre por vapor clásico y las otras 12 fueron con cáscara molida (colocada en la estufa a 64 °C por dos días y posteriormente molida) empleando el método Clevenger..

Para el caso de la extracción por la metodología clásica con muestra semiseca, se observó que luego de dejarla secando al sol la masa se reducía en un 28%. Mientras que para el caso de la extracción por el método Clevenger la masa de la muestra al ser secada en la estufa se reducía aproximadamente en 61.04% y luego al ser pulverizada la masa de la muestra era aproximadamente de 65.64% menos que la masa húmeda inicial.



Figura 104. Extracción de aceite esencial de tangelo método clásico (Elaboración propia)



Figura 105. Extracción de aceite esencial de tangelo método clásico (Elaboración propia)



Figura 106. Extracción de aceite esencial de tangelo método clásico (Elaboración propia)



Figura 107. Extracción de aceite esencial de tangelo método Clevenger (Elaboración propia)



Figura 108. Extracción de aceite esencial de tangelo método Clevenger (Elaboración propia)

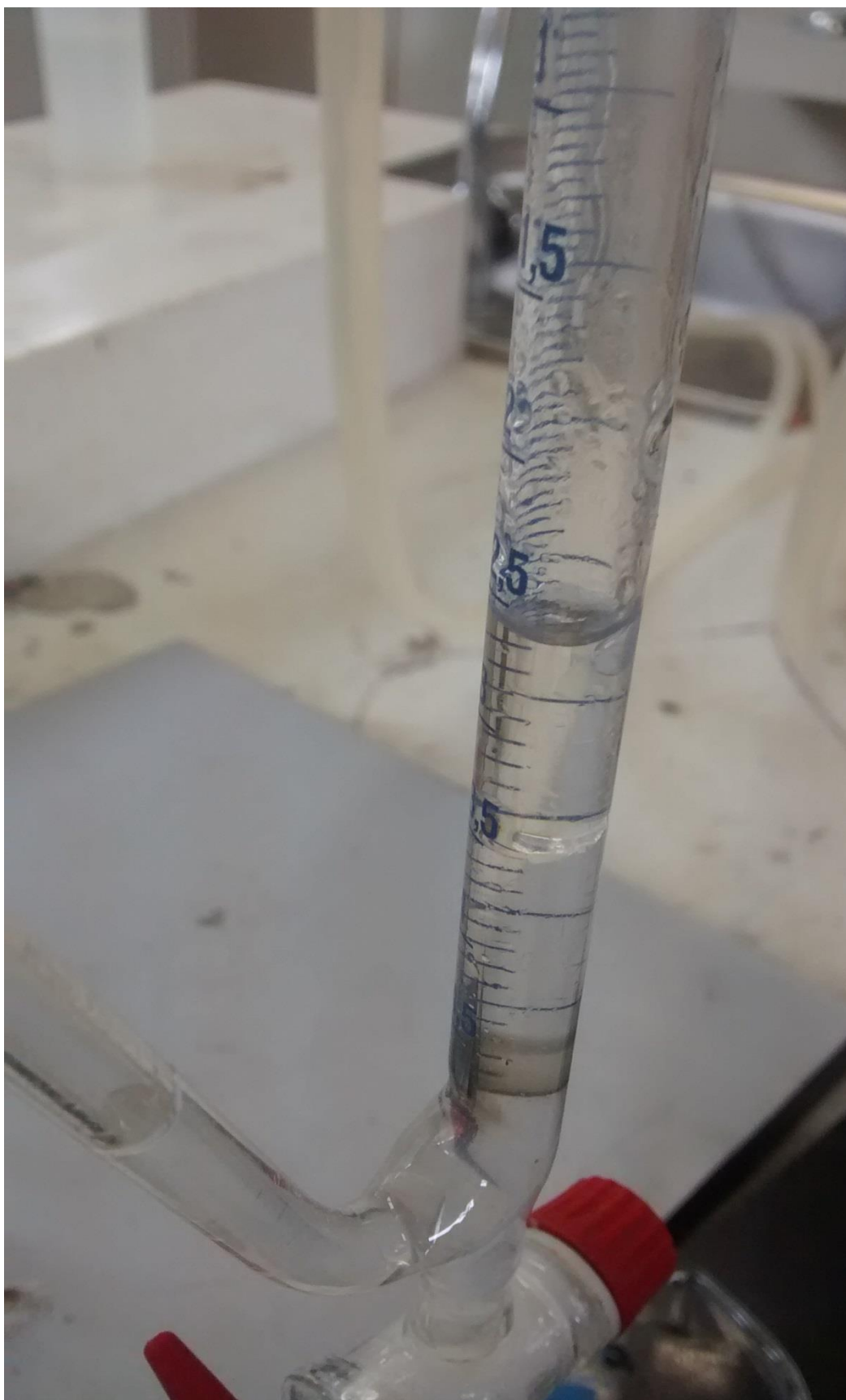


Figura 109. Extracción de aceite esencial de tangelo método Clevenger (Elaboración propia)

Resultados de la extracción de aceite esencial de tangelo - metodología clásica (muestra húmeda)				
N° de prueba	Masa de la muestra (g)	Tiempo de obtención (min)	Volumen (mL)	Rendimiento (%)
1	216.1245	34	0.60	0.28%
2	210.4523	34	0.70	0.33%
3	210.1333	36	0.60	0.29%
4	209.3421	34	0.70	0.33%
5	218.4923	34	0.70	0.32%
6	209.3345	36	0.70	0.33%
7	216.1245	35	0.60	0.28%
8	208.1478	35	0.60	0.29%
9	215.4353	34	0.60	0.28%
10	206.1115	34	0.70	0.34%
11	217.4002	34	0.70	0.32%
12	207.4513	36	0.70	0.34%
PROMEDIO	212.0458	34.67	0.66	0.31%

Figura 110. Resultados de la extracción de aceite esencial de tangelo por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

Resultados de la extracción de aceite esencial de tangelo - metodología clásica (muestra semiseca)				
N° de prueba	Masa de la muestra (g)	Tiempo de obtención (min)	Volumen (mL)	Rendimiento (%)
1	215.0572	32	0.80	0.37%
2	217.0215	34	0.90	0.41%
3	215.0045	35	0.90	0.42%
4	210.0332	34	0.70	0.33%
5	207.0215	35	0.80	0.39%
6	214.0534	36	0.80	0.37%
7	205.5897	34	0.80	0.39%
8	217.0215	36	0.80	0.37%
9	215.3432	35	0.90	0.42%
10	215.2121	34	0.80	0.37%
11	213.1315	36	0.80	0.38%
12	210.4167	36	0.70	0.33%
PROMEDIO	212.9088	34.75	0.81	0.38%

Figura 111. Resultados de la extracción de aceite esencial de tangelo por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Resultados de la extracción de aceite esencial de tangelo - metodología Clevenger				
N° de prueba	Masa de la muestra (g)	Tiempo de obtención (min)	Volumen (mL)	Rendimiento (%)
1	50.0527	28	1.80	3.60%
2	50.0123	27	1.70	3.40%
3	50.2533	28	1.50	2.98%
4	50.2905	27	1.60	3.18%
5	50.1324	28	1.70	3.39%
6	50.2974	29	1.60	3.18%
7	50.0175	29	1.70	3.40%
8	50.3940	28	1.50	2.98%
9	50.0017	27	0.50	1.00%
10	50.0024	30	1.60	3.20%
11	50.1221	29	1.70	3.39%
12	50.0213	29	1.80	3.60%
PROMEDIO	50.1331	28.25	1.56	3.11%

Figura 112. Resultados de la extracción de aceite esencial de mandarina por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

De las figuras anteriores se aprecia que el método Clevenger presenta un tiempo de obtención promedio de 28 minutos, y que para el caso de la metodología clásica, tanto con cáscara húmeda como con cáscara semiseca el tiempo de obtención promedio está alrededor de 34 minutos. El volumen de aceite obtenido también es mayor al emplear la metodología Clevenger, ya que luego de las 12 respectivas pruebas se obtuvo alrededor de 18.00 mililitros, mientras que con las pruebas de metodología clásica en muestra húmeda y semiseca se obtuvo volúmenes aproximados de 9.00 y 8.00 mililitros respectivamente. Dando lugar a que el mayor rendimiento sea el de la metodología clevenger, la cual presenta un rendimiento promedio de 3.11%, superando considerablemente al 0.38% de rendimiento promedio logrado por la metodología clásica con cáscara semiseca y también al 0.31% de rendimiento promedio obtenido por la metodología clásica con cáscara húmeda.

De las Figuras 113, 114 y 115 se aprecia que las pruebas llevadas a cabo con la metodología clásica y con cáscara semiseca presentan el mayor costo, el cual es S/. 0.360, mientras que los costos relacionados a la metodología Clevenger son de S/. 0.354 y para la extracción con metodología clásica y cáscara húmeda son de S/. 0.341, no hay mucha

diferencia entre los valores de los costos, pero se debe tomar en cuenta que se está analizando a pequeña escala.

Costo del Agua para la extracción del aceite esencial de tangelo - método clásico (muestra húmeda)				
N° de prueba	Flujo de Agua (mL/min)	Tiempo de Extracción (min)	Precio del agua (S./mL)	Costo (S./)
1	281.2500	120	0.00000915	0.031
2	250.0000	120	0.00000915	0.027
3	250.0000	120	0.00000915	0.027
4	250.0000	120	0.00000915	0.027
5	333.3333	90	0.00000915	0.027
6	352.9412	90	0.00000915	0.029
7	333.3333	90	0.00000915	0.027
8	333.3333	90	0.00000915	0.027
9	375.0000	90	0.00000915	0.031
10	375.0000	90	0.00000915	0.031
11	333.3333	90	0.00000915	0.027
12	333.3333	90	0.00000915	0.027
			TOTAL	0.341

Figura 113. Costo del agua relacionado a la extracción del aceite esencial de tangelo por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

Costo del Agua para la extracción del aceite esencial de tangelo - método clásico (muestra semiseca)				
N° de prueba	Flujo de Agua (mL/min)	Tiempo de Extracción (min)	Precio del agua (S./mL)	Costo (S/.)
1	281.2500	120	0.000000915	0.031
2	300.0000	120	0.000000915	0.033
3	264.7059	120	0.000000915	0.029
4	300.0000	120	0.000000915	0.033
5	333.3333	90	0.000000915	0.027
6	333.3333	90	0.000000915	0.027
7	400.0000	90	0.000000915	0.033
8	352.9412	90	0.000000915	0.029
9	333.3333	90	0.000000915	0.027
10	400.0000	90	0.000000915	0.033
11	352.9412	90	0.000000915	0.029
12	333.3333	90	0.000000915	0.027
			TOTAL	0.360

Figura 114. Costo del agua relacionado a la extracción del aceite esencial de tangelo por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Costo del Agua para la extracción del aceite esencial de tangelo - método Clevenger				
N° de prueba	Flujo de Agua (mL/min)	Tiempo de Extracción (min)	Precio del agua (S./mL)	Costo (S/.)
1	300.0000	120	0.000000915	0.033
2	250.0000	120	0.000000915	0.027
3	264.7059	120	0.000000915	0.029
4	300.0000	120	0.000000915	0.033
5	375.0000	90	0.000000915	0.031
6	315.7895	90	0.000000915	0.026
7	300.0000	90	0.000000915	0.025
8	400.0000	90	0.000000915	0.033
9	375.0000	90	0.000000915	0.031
10	375.0000	90	0.000000915	0.031
11	333.3333	90	0.000000915	0.027
12	333.3333	90	0.000000915	0.027
			TOTAL	0.354

Figura 115. Costo del agua relacionado a la extracción del aceite esencial de tangelo por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

A partir de los resultados mostrados en las Figuras 116, 117 y 118 sobre los ensayos llevados a cabo tanto con la metodología clásica en muestra húmeda y semiseca, así como con la metodología Clevenger se vuelve a repetir lo mismo que pasó con los otros dos cítricos, es decir los costos en energía eléctrica son los mismo (S/. 15.660).

Costo de Energía Eléctrica para la extracción del aceite esencial de tangelo - método clásico (muestra húmeda)				
N° de prueba	Potencia de la plancha eléctrica(kW)	Tiempo de Extracción (min)	Precio de la electricidad (S./kWh)	Costo (S/.)
1	2.0	120	0.3915	1.566
2	2.0	120	0.3915	1.566
3	2.0	120	0.3915	1.566
4	2.0	120	0.3915	1.566
5	2.0	90	0.3915	1.175
6	2.0	90	0.3915	1.175
7	2.0	90	0.3915	1.175
8	2.0	90	0.3915	1.175
9	2.0	90	0.3915	1.175
10	2.0	90	0.3915	1.175
11	2.0	90	0.3915	1.175
12	2.0	90	0.3915	1.175
			TOTAL	15.660

Figura 116. Costo de la energía eléctrica relacionado a la extracción del aceite esencial de tangelo por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

Costo de Energía Eléctrica para la extracción del aceite esencial de tangelo - método clásico (muestra semiseca)				
N° de prueba	Potencia de la plancha eléctrica(kW)	Tiempo de Extracción (min)	Precio de la electricidad (S./kWh)	Costo (S/.)
1	2.0	120	0.3915	1.566
2	2.0	120	0.3915	1.566
3	2.0	120	0.3915	1.566
4	2.0	120	0.3915	1.566
5	2.0	90	0.3915	1.175
6	2.0	90	0.3915	1.175
7	2.0	90	0.3915	1.175
8	2.0	90	0.3915	1.175
9	2.0	90	0.3915	1.175
10	2.0	90	0.3915	1.175
11	2.0	90	0.3915	1.175
12	2.0	90	0.3915	1.175
			TOTAL	15.660

Figura 117. Costo de la energía eléctrica relacionado a la extracción del aceite esencial de tangelo por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

Costo de Energía Eléctrica para la extracción del aceite esencial de tangelo - método Clevenger				
N° de prueba	Potencia de la plancha eléctrica(kW)	Tiempo de Extracción (min)	Precio de la electricidad (S./kWh)	Costo (S/.)
1	2.0	120	0.3915	1.566
2	2.0	120	0.3915	1.566
3	2.0	120	0.3915	1.566
4	2.0	120	0.3915	1.566
5	2.0	90	0.3915	1.175
6	2.0	90	0.3915	1.175
7	2.0	90	0.3915	1.175
8	2.0	90	0.3915	1.175
9	2.0	90	0.3915	1.175
10	2.0	90	0.3915	1.175
11	2.0	90	0.3915	1.175
12	2.0	90	0.3915	1.175
			TOTAL	15.660

Figura 118. Costo de la energía eléctrica relacionado a la extracción del aceite esencial de tangelo por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

- **Costos totales con metodología clásica y cáscara húmeda**

La recolección consiste en comprar ya sean las cáscaras o los frutos de los cítricos en cuestión; para el caso de la naranja se compra la cáscara directamente a los vendedores de jugo de naranja en las calles de la ciudad de Lima, los cuales vende el kilogramo de cáscara al precio de S/. 1.00; para el caso de la mandarina y del tangelo se tiene que comprar la fruta, para luego ser pelada, el precio del kilogramo de mandarina es de S/. 3.50 y el del tangelo es de S/. 2.00.

Es preciso señalar que la naranja y el tangelo son pelados mediante un instrumento que contiene una cuchilla flexible, con lo cual se logra separar la cáscara de modo uniforme y controlando el espesor de la misma, como se puede apreciar en la Figura 119, para el caso de la mandarina, el pelado se hace manualmente.

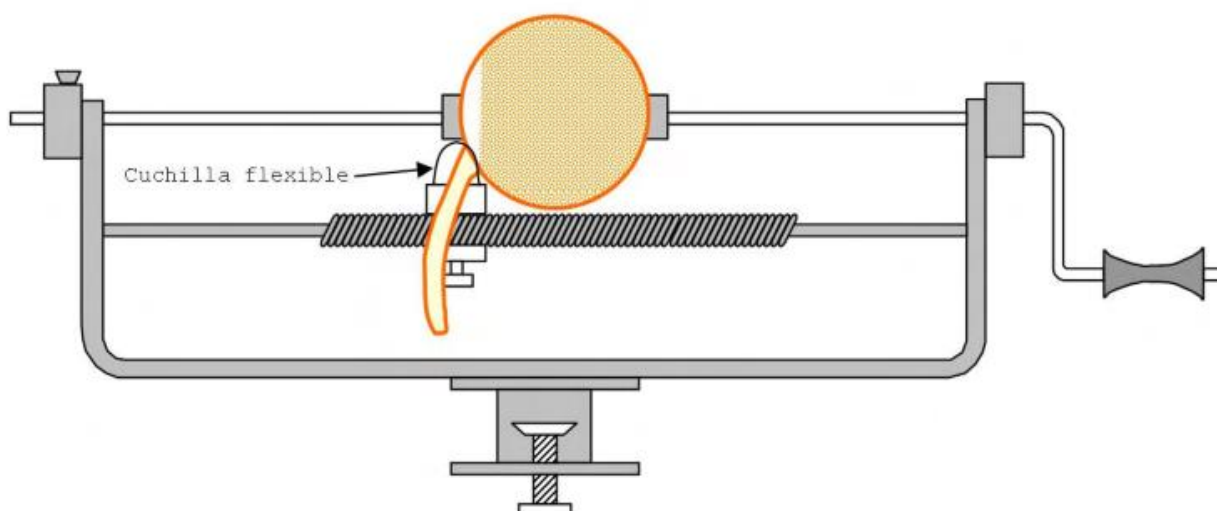


Figura 119. Instrumento para el pelado de naranjas y tangelo (Ruiz y Saavedra, 2007)

Como se planificó dos días de extracción para cada tipo de cítrico (seis pruebas por día), en el caso de la naranja se compró 2.00 kg de cáscara, de mandarina 8.00 kg y de tangelo también 8.00 kg por cada día de prueba. De los 8.00 kg de mandarina, se obtuvo alrededor de 1.500 kg de cáscara y de los 8.00 kg de tangelo se obtuvo 1.630 kg de cáscara, contando con las muestras requeridas se procedió a llevar acabo las extracciones.

El costo de transporta las muestras al laboratorio y el ir a comprar la materia prima tiene un costo aproximado de S/. 30.00, esto es en función de los dos días previsto para la extracción cada cítrico, los costos de agua y energía eléctrica ya fueron descritos anteriormente.

Respecto al costo de la caracterización cabe mencionar que se asignó el valor de S/. 132.75 debido a que el análisis se realizó a los tres aceites (naranja, mandarina y tangelo) por un monto de S/. 398.25, por ello se procedió a dividirlo en tres partes iguales, la proforma de la caracterización está en el Anexo 07.

En la Figura 120 se puede apreciar el detalle de los costos involucrados para la extracción con metodología clásica a partir de la cáscara húmeda, la mandarina presenta un mayor costo, el cual asciende a S/. 261.75, seguido por S/. 237.75 que corresponde al tangelo y la naranja presenta un costo total de S/. 209.77, la diferencia radica en que el precio de la naranja es mucho menor en comparación con los otros dos cítricos, además que ésta se obtiene directamente ya en tiras de cáscara.

Costos totales relacionados a la extracción para cada tipo de cítrico - metodología clásica (muestra húmeda)			
Concepto	Naranja	Mandarina	Tangelo
Recolección (S/.)	4.00	56	32
Transporte (S/.)	30.00	30.00	30.00
Agua (S/.)	27.36	27.34	27.34
Energía Eléctrica (S/.)	15.66	15.66	15.66
Caracterización (S/.)	132.75	132.75	132.75
Total (S/.)	209.77	261.75	237.75

Figura 120. Costos totales relacionados a la extracción del aceite esencial para cada tipo de cítrico por la metodología clásica con muestra húmeda (Elaboración propia)

- **Costos totales con metodología clásica y cáscara semiseca**

De igual forma se planificó dos días para la extracción de cada tipo de cítrico (seis pruebas por día), en el caso de la naranja se volvió a comprar 2.00 kg de cáscara, tanto de mandarina como de tangelo se compró 9.00 kg, por cada día de prueba.

De los 2.00 kg de cáscara húmeda de naranja puestos a secar al sol por dos días se obtuvo 1400.00 g de cáscara semiseca; de los 9.00 kg de mandarina, se obtuvo alrededor de 1687.5 g de cáscara y luego de secarlos al sol se consiguió 1265.625 g de cáscara de semiseca; de los 9.00 kg de tangelo se obtuvo 1833.75 g de cáscara y luego de secarlos al sol se consiguió 1320.3 g de cáscara de semiseca, contando con las muestras requeridas se procedió a llevar a cabo las extracciones.

El costo de transporta las muestras al laboratorio y el ir a comprar la materia prima es similar al del análisis anterior (S/. 30.00), los costos de agua, la energía eléctrica y la caracterización de los aceites ya fueron descritos anteriormente.

En la Figura 121 se puede apreciar el detalle de los costos involucrados para la extracción con metodología clásica a partir de la cáscara semiseca, la mandarina presenta un mayor costo, el cual asciende a S/. 268.77, luego le sigue el del tangelo, el cual es de S/. 241.75 y el costo de la naranja es de S/. 209.77 (igual que el costo empleando la metodología clásica y con cáscara húmeda), la diferencia sigue radicando en el precio de la naranja en comparación con los otros dos cítricos.

Costos totales relacionados a la extracción para cada tipo de cítrico - metodología clásica (muestra semiseca)			
Concepto	Naranja	Mandarina	Tangelo
Recolección (S/.)	4.00	63	36
Transporte (S/.)	30.00	30.00	30.00
Agua (S/.)	27.36	27.36	27.36
Energía Eléctrica (S/.)	15.66	15.66	15.66
Caracterización (S/.)	132.75	132.75	132.75
Total (S/.)	209.77	268.77	241.77

Figura 121. Costos totales relacionados a la extracción del aceite esencial para cada tipo de cítrico por la metodología clásica con muestra semiseca (Elaboración propia)

- **Costos totales con metodología Clevenger**

De forma análoga se planificó dos días para la extracción de cada tipo de cítrico (seis pruebas por día), en el caso de la naranja se siguió a comprando 2.00 kg de cáscara, de mandarina se compró 8.00 kg y de tangelo se 5.00 kg, por cada día de prueba.

De los 2.00 kg de cáscara húmeda de naranja puestos en la estufa a 64 °C por dos días y luego molida se logró obtener 540.00 g de cáscara semiseca; de los 8.00 kg de mandarina, sometidos igualmente a las mismas condiciones en la estufa y posteriormente molida se consiguió 368.0 g de cáscara molida; de los 5.00 kg de tangelo sometidos igualmente a 64 °C en la estufa por dos días para luego ser molido se obtuvo 350.04 g de cáscara molida, contando con las muestras requeridas se efectuaron las extracciones correspondientes.

Se considera de igual forma el costo de transporte (S/. 30.00), los costos de agua, la energía eléctrica y la caracterización de los aceites descritos anteriormente.

En la Figura 122 se puede apreciar el detalle de los costos involucrados para la extracción con metodología Clevenger, la mandarina continúa presentando el mayor costo, el cual asciende a S/. 243.77, luego le sigue el del tangelo, con S/. 207.76 y el finalmente el costo la naranja, el cual es de S/. 191.78 (el menor de todos los costos calculados), la diferencia sigue siendo el precio de la naranja en comparación con los otros dos cítricos.

Costos totales relacionados a la extracción para cada tipo de cítrico - metodología Clevenger			
Concepto	Naranja	Mandarina	Tangelo
Recolección (S/.)	4.00	56	20
Transporte (S/.)	30.00	30.00	30.00
Agua (S/.)	9.37	9.36	9.35
Energía Eléctrica (S/.)	15.66	15.66	15.66
Caracterización (S/.)	132.75	132.75	132.75
Total (S/.)	191.78	243.77	207.76

Figura 122. Costos totales relacionados a la extracción del aceite esencial para cada tipo de cítrico por la metodología Clevenger (Elaboración propia)

- **Resultados del análisis comparativo**

Para este análisis se tomará como variables el volumen de aceite en promedio obtenido en un prueba de extracción de aceite esencial, así como el tiempo de obtención del mismo, también se analizará rendimiento, costos vinculados con la obtención de los aceites y los valores de densidad e índice de refracción de cada uno de los aceites de naranja, mandarina y tangelo y como éstos se ven repercutidos según el tipo de metodología de extracción (clásica y Clevenger) y también tomando en cuenta las características de la muestra.

Tomando los resultados consolidados en la matriz de comparación de aceites esenciales cítricos según el tipo de metodología empleada (Figura 123) se aprecia que la naranja al ser tratada con la metodología Clevenger presenta el mayor volumen (3.04 mL) no obstante la mandarina es la que presenta mayor volumen de aceite obtenido mediante la metodología clásica (0.87 mL con cáscara húmeda y 1.19 mL con cáscara semiseca); por su parte el tangelo se encuentra en medio de los otros dos cítricos, si se trata de la metodología Clevenger presenta un volumen mayor al de la mandarina (1.56 mL) pero si es a nivel de la metodología clásica presenta un volumen mayor al de la naranja (0.66 mL con cáscara húmeda y 0.81 mL con cáscara semiseca).

Respecto al tiempo de obtención el método Clevenger es mucho más rápido que la metodología clásica, y si analizamos en relación al tipo de cítrico, la naranja tiene ligeramente superioridad (26.92 min) respecto al tangelo (28.25 min), y ésta a su vez es también ligeramente superior a la mandarina (28.42 min). Pese a ser la naranja superior en el método Clevenger, es la menor cuando se trata de extracción a partir de la cáscara húmeda usando el método clásico (40.33 min) y cuando es procesada como cáscara semiseca se encuentra en una posición intermedia (34.25 min) respecto a los otros dos cítricos.

En relación al rendimiento nuevamente el método Clévenger es superior que la metodología clásica cuando se trata de naranja, ya que dicho cítrico presenta un rendimiento del 6.08% y 0.24% cuando se trata de cáscara húmeda. Se puede apreciar también que los otros cítricos aumenta su rendimiento si se los somete al método Clevenger: mandarina (0.41% con método clásico y cáscara húmeda, 0.56% con método clásico y cáscara semiseca y 1.31% con método Clevenger) y tangelo (0.31% con método clásico y cáscara húmeda, 0.38% con método clásico y cáscara semiseca y 3.11% con método Clevenger).

Tomando los costos totales vinculados a cada una de las 12 respectivas pruebas para cada tipo de metodología y tipo de cítrico, se aprecia que la cáscara de mandarina semiseca al ser sometida por la metodología clásica es la que presenta mayor costo (S/.268.77), y su opuesto es la naranja sometida a la metodología Clevenger (S/. 191.78). Asimismo, la mandarina en cada una de las metodologías es la que presenta mayor costo, esto radica en el precio de la materia prima y el porcentaje de humedad que presenta.

Los resultados obtenidos por el Laboratorio de la Sociedad de Asesoramiento Técnico, muestran que los aceites presentan valores de densidad y de índice de refracción muy similares, ordenándolos se tendría que el aceite esencial proveniente de la mandarina presenta la mayor la densidad (1.4740 g/mL) y el mayor índice de refracción (1.4765), seguido por aceite esencial de tangelo (1.4724 g/mL y 1.4744) y al finalmente el aceite esencial de naranja (1.4718 g/mL y 1.4738).

Matriz de Comparación de Aceites Esenciales según el Tipo de Metodología de Arrastre por Vapor									
Variable	Arrastre por vapor clásico (muestra húmeda)			Arrastre por vapor clásico (muestra semi seca)			Arrastre por vapor Clevenger (muestra molida)		
	Naranja	Mandarina	Tangelo	Naranja	Mandarina	Tangelo	Naranja	Mandarina	Tangelo
Volumen (mL)	0.51	0.87	0.66	0.69	1.19	0.81	3.04	0.66	1.56
Tiempo de obtención (min)	40.33	34.00	34.67	34.25	33.58	34.75	26.92	28.42	28.25
Rendimiento (%)	0.24%	0.41%	0.31%	0.32%	0.56%	0.38%	6.08%	1.31%	3.11%
Costos (S/.)	209.77	261.75	237.75	209.77	268.77	241.77	191.78	243.77	207.76
Densidad (g/mL)	1.4718	1.4740	1.4724	1.4718	1.4740	1.4724	1.4718	1.4740	1.4724
Índice de refracción	1.4738	1.4765	1.4744	1.4738	1.4765	1.4744	1.4738	1.4765	1.4744

Figura 123. Matriz de comparación de aceites esenciales cítricos según el tipo de metodología empleada (Elaboración propia)

Luego de tener el consolidado de datos en la matriz de comparación de aceites esenciales cítricos según el tipo de metodología empleada (Figura 123), se procedió a realizar una prueba adicional, la cual se enfocó en comparar simultáneamente la extracción de aceite esencial de naranja, tanto por la metodología clásica con muestra húmeda, como por Clevenger, siendo la primera metodología aquella que obtuvo menor rendimiento y mayor tiempo de extracción, en cambio la segunda metodología fue la que presentó mayor rendimiento y menor tiempo de extracción de todas las pruebas realizadas. Cabe mencionar, que en lugar de que haya dos conexiones de entrada de agua para los refrigerantes, solo hubo una sola, esto se logró debido a que la salida del refrigerante del método clásico servía como entrada para el refrigerante del método Clevenger, de esta manera no el uso del agua no fue doble; la prueba de comparación se puede apreciar en las Figuras 124 y 125.

Empleando la metodología Clevenger se logró obtener 3.00 mL de aceite esencial de naranja, mientras que con la metodología clásica y con cáscara húmeda se consiguió 0.50 mL del mencionado aceite, tomando en cuenta que para el primer método se utilizó 50.2410 gramos de muestra y para el segundo método se empleó 213.0487 gramos. Teniendo los valores de volumen de aceite y de la masa de las muestras se procede a realizar el cálculo del rendimiento, el cual es 5.97% para el método Clévenger y 0.23% para el método clásico.

En relación al tiempo de obtención, con el método Clévenger se logró el primer destilado aproximadamente a los 27.00 minutos, mientras que por la metodología clásica el primer destilado apareció a las 40.00 minutos aproximadamente, con lo cual se reafirma la superioridad del Clevenger frente a la metodología clásica.



Figura 124. Prueba comparativa de extracción de aceite esencial de naranja por los métodos clásico y Clevenger (Elaboración propia)



Figura 125. Prueba comparativa de extracción de aceite esencial de naranja por los métodos clásico y Clevenger (Elaboración propia)

4.1.4. Validación de expertos

Los aceites esenciales de naranja, mandarina y tangelo obtenidos por los métodos de destilación por arrastre con vapor clásico y Clevenger fueron analizados y caracterizados por Laboratorio de la Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

El mencionado laboratorio realizó los análisis de densidad relativa, índice de refracción, solubilidad en agua, y otros solventes, así como las características de color y apariencia de los aceites en cuestión. Es preciso señalar que para estos análisis hay normas técnicas que maneja el laboratorio, tales como:

- ✓ Densidad relativa: según la Norma Técnica Peruana NTP 319.075: 1974 (Anexo 11).
- ✓ Índice de refracción: según la Norma Técnica Peruana NTP 319.084: 1984 (Anexo 12).
- ✓ Solubilidad en etanol de 70,2%: según Norma Técnica Peruana NTP 319.081: 1974 (Anexo 13).

En la Figura 126 se aprecian el consolidado de los resultados de los análisis de caracterización aplicados a cada uno de los aceites, en los Anexos 08, 09 y 10 se encuentran los informes respectivos.

Propiedades	Tipo de Aceite Esencial		
	Naranja	Mandarina	Tangelo
Apariencia	líquido oleoso límpido, olor cítrico característico	líquido oleoso límpido, olor cítrico característico	líquido oleoso límpido, olor cítrico característico
Color	Ligeramente amarillo lechoso	Ligeramente lechoso	Ligeramente amarillo lechoso
Densidad (g/mL)	1.4718	1.4740	1.4724
Índice de refracción	1.4738	1.4765	1.4744
Solubilidad en agua	No	No	No
Solubilidad en alcohol	Sí	Sí	Sí
Solubilidad en cloroformo	Sí	Sí	Sí
Solubilidad en éter etílico	Sí	Sí	Sí

Figura 126. Caracterización de los aceites esenciales (Elaboración propia)

Como se puede apreciar, la apariencia y color de los aceites de naranja, mandarina y tangelo son muy similares y sus valores de densidad e índice de refracción son muy cercanos, aunque la mandarina presenta valores ligeramente mayores respecto a los otros dos cítricos, es decir si los ordenamos de mayor a menor el orden sería: mandarina, tangelo y naranja. Asimismo, los tres cítricos son solubles en solventes orgánicos, pero no en agua.

Como se indicó anteriormente, los expertos se han agrupado en tres secciones, en la primera se aborda los temas netamente científicos relacionados con las metodologías de extracción, en la segunda sección la temática gira entorno a la parte comercial y en la última se toma el análisis conjunto de la primera y segunda sección, seguidamente se expondrán sus opiniones luego de llevadas a cabo las entrevistas respectivas.

- **Opinión de los expertos de la primera sección**

Los expertos de la primera sección son el Químico-Farmacéutico Jaime Daniel Gonzales Zuñiga Rodriguez, la Bióloga Georgette Callirgos Sáez y la Magister en Química Cecilia Alegría Arnedo, los cuales sostienen lo siguiente:

Entre los métodos de extracción de aceites esenciales más utilizados se encuentran la hidrodestilación, destilación por arrastre de vapor, expresión o prensión, extracción por fluidos supercríticos, por solventes y el enfleurage (técnica para la extracción de aromas delicados, usada especialmente con pétalos de flores, que está básicamente limitado a flores de alto valor económico). Los más empleados son los tres primeros ya que no intervienen otros productos en su producción y son los más recomendados en la utilización con fines alimenticios y terapéuticos. La técnica de extracción del aceite esencial va a depender principalmente de las propiedades del aceite que se quiera extraer, así como de la parte de la planta a partir de la cual se esté extrayendo y de los fines para los que se desee emplear dicho producto. Los costos de producción y equipamiento también serán un factor a evaluar.

Los solventes líquidos más utilizados son el hexano, etanol, metanol. La extracción por fluidos supercríticos usa como solvente al CO₂, un gas no tóxico, de fácil manejo y reciclaje. El solvente por excelencia de la hidrodestilación y por arrastre de vapor es el agua, que es fácilmente separado por decantación y no presenta peligro alguno ni altera el producto final. Dependiendo de los solventes utilizados es que se obtienen calidades de aceites esenciales, los cuales tienen diferentes nombres (concretos, absolutos, extractos, etc.). Se procura no utilizar solventes orgánicos ya que estos implican mayor riesgo, podría generar un incendio o

explosiones con facilidad, incluso liberación de gases tóxicos tal como fue el caso de Bhopal, en la India. Como se mencionó anteriormente, el método de extracción dependerá finalmente del mercado al cual se desee orientar el producto. Algunos aceites esenciales obtenidos con el uso de solventes orgánicos, contienen también en su composición ceras, ácidos grasos, mucílagos (sustancia con propiedades viscosas), etc. que no siempre son deseados.

La calidad de un aceite esencial se mide principalmente según parámetros fisicoquímicos, esto se realiza con el fin de identificar al aceite esencial y asegurar su pureza. Algunos análisis adicionales con los que se suelen trabajar son organolépticos y microbiológicos. Entre los análisis básicos están el índice de refracción, densidad, humedad, en algunos casos es posible realizar análisis de pureza, con el fin de hallar metales pesados o pesticidas. Otros ensayos más exhaustivos y de mayor precisión son los que involucran el uso de equipos de espectrofotometría, cromatógrafos, etc. En Perú se trabaja sólo con los análisis básicos ya que no se cuentan con los equipos necesarios, sin embargo internacionalmente un aceite esencial debe ser quimiotipado, es decir que debe hallarse el balance de sus componentes y ser identificado como tal, ya que los aceites esenciales son complejos únicos que dependen mucho del medio ambiente y del material del cual proceden. Se espera que un aceite esencial sea de calidad si no presenta diferencias significativas al compararlo con un estándar de pureza y concentración conocida. Se puede decir que a mayor concentración de pureza el mencionado aceite será de mejor calidad.

El análisis ideal para la caracterización de los aceites esenciales es un ensayo en cromatógrafo de gases para lograr obtener la correcta determinación de componentes presentes en la muestra, además que permite generar una curva la cual es factible de comparación con una curva generada por un patrón o estándar de concentración y pureza conocida. Sin embargo esto tiene más costos por lo que sólo se justifica para aquellos aceites esenciales que tengan propiedades medicinales y que además sean parte de la formulación de algún medicamento. Cuando se trata de aceites esenciales que son destinados para fines cosméticos o para mejorar las propiedades organolépticas de alguna preparación, es que en las farmacopeas se suele indicar casi siempre evaluar la densidad óptica y la densidad física del aceite, los cuales son ensayos mucho más baratos.

Dada la naturaleza volátil del aceite esencial, el contenido de estos en la parte de la planta que se esté trabajando será afectado por el proceso de desecación que se haya utilizado. Se podría pensar que obtener los aceites a partir de plantas frescas sería el que tiene

mejor rendimiento ya que no ha sido expuesto a temperaturas que pudieran disminuir su contenido , pero se corre el riesgo que haya presencia de algún tipo de impureza que termine por modificar las propiedades del aceite, es decir, podría haberse extraído un aceite con propiedades desinflamatorias pero por algún moho microscópico se llega a tener propiedades que hagan bloqueo de la coagulación , es decir una propiedad no esperada. Cuando se aplica calor, generalmente se logra eliminar muchos de los posibles contaminantes, pero ya se afecta el contenido de aceites presentes. Si se deja en un estado semiseco, puede que requiera un paso adicional en la extracción, adicionalmente también seguirá presentando problemas para la conservación porque tendrá un contenido de humedad que podría permitir crecimientos bacterianos. Se suele recomendar trabajar con formas secas y molidas.

Los fabricantes que se dedican a la extracción de aceites esenciales suelen tener sus propios protocolos de análisis, los cuales se elaboran según literatura internacional oficial emitida por los diferentes organismos que regulan la actividad para productos de consumo humano alimentario o para productos de la industria farmacéutica. Sin embargo, el fabricante también puede declarar como norma que cumple con los exámenes indicados en la farmacopea oficial del país. Perú cuenta con las normas técnicas relacionadas a aceites esenciales (ver anexos 02, 03, 14 y 15) las cuales son aceptada legalmente por las farmacopeas de otros países, tales como Estados Unidos, Inglaterra, Japón, Alemania, principalmente. Podemos resumir que no existe un tipo de certificado reconocido universalmente como patrón, siempre va a estar sujeto a las normas del país del comprador así como del país del fabricante.

Los aceites esenciales son productos volátiles de naturaleza compleja, elaborados por ciertos vegetales a los que les confieren propiedades especiales, no solamente propiedades aromáticas, si se les utiliza por vía externa pueden servir como antisépticos, rubefacientes, desodorantes, analgésicos, anti inflamatorios, insecticidas y repelentes. En un uso interno pueden tener usos como expectorantes, carminativos, estomacales, antiespasmódicos, sedantes, estimulantes cardíacos, antiinflamatorios, digestivos, diuréticos, antisépticos. Podemos citar como ejemplo el aceite de eucalipto, tan utilizado en productos enfocados al tratamiento de afecciones de las vías respiratorias.

- **Opinión de los expertos de la segunda sección**

Los expertos de la segunda sección son el Ingeniero Armando Noriega Mangini y el Químico-Farmacéutico, Jaime Daniel Gonzales Zuñiga Rodriguez, los cuales manifestaron lo siguiente:

El mercado de aceites esenciales es bastante variable, es por ello que existen diferentes calidades y concentraciones que se comercializan internacionalmente y de ahí es que derivan los precios tan variables. A esto hay que agregarle la existencia de aceites esenciales únicos o exóticos. El Perú es una fuente de productos altamente valorados debido a su exclusividad, la gran biodiversidad que tenemos es un plus que tienen los productos y gracias a él es que se puede lograr en algunos casos precios más altos. Para el caso de los cítricos, existe una competencia muy grande y tal vez una alternativa interesante podría ser el limón peruano.

En general, la demanda actual de los aceites esenciales va en aumento debido a la tendencia mundial de consumir productos más sanos y menos dañinos para la salud del ser humano y del medio ambiente. Actualmente, los principales exportadores son Estados Unidos, Francia, Italia, India y China, existen países con exportaciones pequeñas pero que se van posicionando de a pocos como es el caso de Túnez y algunos países de Europa del Este. Los aceites más demandados serían quizá los de cítricos, menta y eucalipto, utilizados ampliamente en diferentes industrias. Asimismo, Estados Unidos, Francia, Alemania son quizá los que más importan, esto debido a que tienen industrias en las que utilizan los aceites esenciales y son demandados al igual que en las exportaciones los cítricos, menta y eucalipto.

La calidad es uno de los requisitos más importantes para la exportación de aceites esenciales ya que las barreras sanitarias son mínimas o nulas ya que per sé los aceites esenciales son productos que no se contaminan con agentes biológicos. Una de las barreras más importantes puede ser dependiendo del mercado el volumen de exportación, muchas empresas no presentan volúmenes de exportación requeridos por diversos mercados actuando esto como una barrera comercial.

El precio se maneja en función a la oferta y demanda que exista en los principales países productores, es así si por ejemplo Estados Unidos presenta problemas climáticos con los cultivos de menta, China va a aumentar el precio en ese mismo período. Ahora, existen aceites esenciales que son exclusivos de una zona geográfica y es ahí donde el productor pueda tal vez manejar un poco el precio. Una de las amenazas que tienen estos productos son

los químicos y los productos sintetizados, tal es el caso del aceite esencial de rosas, cuyo costo de producción es uno de los más altos y por ende uno de los aceites esenciales más caros del mercado, sin embargo es posible producirlo a partir de sus componentes, obteniendo así un producto de bajo costo de producción pero de alto valor comercial.

Ahora último, con esta conciencia verde que se está generando algunas empresas agroindustriales que se están interesando en hacer investigación con aceites esenciales para adoptarlos en sus formulaciones. La industria alimentaria también se ha mostrado interesada en el tema, las agroexportaciones los obligan a buscar alternativas para conservar sus productos de manera natural y es ahí que tal vez puedan adoptar los aceites esenciales de manera regular. La demanda interna está dada básicamente por los consumidores que usan los aceites esenciales por sus propiedades terapéuticas, los rubros de Spas, saunas, centros de rehabilitación, masajes y aromaterapia. Luego viene el interés creciente de la agroindustria. La competencia minorista, está dada por productos importados, de empresas que comercializan los aceites esenciales bajo el modelo de venta piramidal.

La producción de aceites esenciales que realizan es por destilación con arrastre de vapor. Para lo cual es necesario contar con un equipo de acero inoxidable, un caldero y un condensador. El proceso es bastante simple por lo que no se necesita involucrar mucha tecnología en ello. Se requiere principalmente de un sistema de enfriamiento y recirculación de agua y una fuente de calor continua. Por el momento dedican en gran parte de la producción a pequeños consumidores, su prioridad no es enfocarnos en la cantidad sino en la calidad de los productos y especialmente el énfasis en productos nativos.

Sus productos en general procuran ser de materiales cultivados orgánicamente. Aún no cuentan con las certificaciones, pero son cosas que se logran con el tiempo. El producto final resultante es un aceites esenciales de alta pureza, no los sometemos a ningún proceso adicional y no contiene por lo tanto conservantes o químicos adicionales. Están orientados básicamente al mercado, tanto nacional como internacionalmente. Dependiendo del lote es que se le pueden realizar análisis fisicoquímicos.

Los aceites esenciales deben ser conservados en frascos de vidrio ámbar o en acero. Ellos tienen una presentación personal de 10 mililitros, en frasco de vidrio ámbar y un gotero inserto que permite su fácil dosificación, dependiendo del tipo de aceite esencial los precios en promedio pueden ser: 28 nuevos soles para eucalipto, molle y naranja, 40 nuevos soles

para anís, hierba Luisa y orégano, 42 nuevos soles en el caso de muña y romero, 44 nuevos soles si se trata de palo santo y arrayán y 55 nuevos soles para el aceite esencial de jengibre.

Para la distribución cuentan con puntos de venta en Lima, Trujillo, Cajamarca, Cusco y Huaraz. El resto de las ventas se realizan por medio de la web de las empresas y las redes sociales. La venta de volúmenes mayores se realiza directamente con la empresa vía web, contactándose directamente con el área de ventas.

Por el momento sus aceites esenciales están siendo usados en aromaterapia y salud. Sin embargo desean promover el uso de los mismos para el control de plagas en cultivos orgánicos y de exportación, así mismo para la formulación de pesticidas, fungicidas y conservantes naturales para la industria alimentaria.

- **Opinión de los expertos de la tercera sección**

Finalmente, los expertos de la tercera sección son Doctor en Biología Antonio Brack Egg y del Magister en Administración de Negocios Mario Vildosola Basay, ellos sostienen lo siguiente:

El empleo de las técnicas de extracción van a depender de donde se haga, en las zonas rurales de Paraguay se cultiva la naranja agria y la gente rural extrae aceite esencial a través de arrastre por vapor. Países como India o Francia por un tema cultural están involucrados en la producción de aceites esenciales, desde la concentración de aromas como sándalo u otras especias, hasta la investigación de la mezcla de aromas. Es un mercado que tiene un potencial muy grande, es un caso de demanda derivada, es decir el saber para qué se va a usar, qué es lo que requiere el mercado y lo relacionado con los costos. Las tendencias internacionales van en aumento, por que el consumidor está pide productos naturales, las aplicaciones en medicina, cosmética, alimentos, servicios de spa, entre otros.

En la actualidad, un tema imprescindible es saber que productos químicos extraños pueden estar presentes en los aceites esenciales, ya que si al cultivar los frutos se emplean pesticidas, plaguicidas u otros reactivos, el aceite esencial puede contener compuestos químicos provenientes de los mencionados reactivos. Y los mercados como el europeo y el asiático requieren productos de alto nivel de pureza y con cero trazas de elementos extraños. Los estándares de calidad son determinados por el comprador, y el productor tiene que adaptarse a esos requerimientos, todo depende de quien lo vaya a industrializar o comercializar.

Los solventes también dependen del tipo de producto que se desee trabajar, se puede emplear como solvente el agua, alcoholes, fenoles, etc. Pero el hecho de emplear solventes orgánicos puede traer complicaciones ya que entran moléculas extrañas al destilado, en cambio al emplear el agua como solvente no se altera el aceite y va de la mano con las tendencias de emplear productos naturales sin alteraciones químicas.

La amenaza que puede presentar es el desarrollo de productos sintéticos, aunque en la forma de ver o percepción del consumidor, estos prefieren lo natural que lo sintético, es por ello que el mercado valora más el empleo de tecnologías limpias y cada vez se reafirma esta postura. La diferencia entre la producción de aceite esencial nacional, respecto al internacional es básicamente en rendimiento, la calidad de ambos es similar.

La demanda interna viene creciendo ya que hay potencial del desarrollo de la investigación de la biodiversidad, así como el interés del mercado por lo amigable con el ambiente y la química verde, y sin dejar de lado el estudio del comportamiento de los mercados.

Los empaques o recipientes para los aceites esenciales tienen como rol principal proteger al producto y que no lo alteren, pero en la medida que estos no sean muy costosos, siempre es importante determinar los equilibrios entre los niveles de producción y demanda de empaques. En lo referente a los canales de distribución, igualmente como cadena de abastecimiento va a depender mucho de los mercados, los canales directos cero, es decir sin intermediarios es lo fundamental en este tipo de producto.

El subproducto de la extracción de aceite esencial puede emplearse como abono directo, puede también integrarse a la lombricultura y formar de esta manera humus de alta calidad, también al mezclarlo con melaza de caña se produce alimento para ganado.

En la localidad de Quillabamba, provincia de la Convención – Cuzco, realizan la extracción de aceite esencial de hierba Luisa. En el distrito de Olmos, provincia de Lambayeque se destila aceite esencial de limón el cual es exportado y comercializado a nivel nacional en las industrias de perfumería. En el departamento de Arequipa se extrae aceite esencial de muña o chiri-chiri

Se debe aprovechar que los cítricos de la ceja de selva y costa peruana muchas veces terminan perdiéndose ya que no están conformes a las exigencias del mercado internacional y el precio local es poco, sin embargo las cáscaras y también la hojas pueden emplearse para

obtener aceites esenciales de gran pureza y de esta manera el citricultor generaría un ingreso adicional, y se agrega valor a la producción de cítricos nacionales. Perú tiene un potencial grande pero en la medida que los precios internacionales sean atractivos. Todo va relacionado con los eonegocios, ya que la producción de estos aceites presenta una rentabilidad económica y social. Se debe entender como rentabilidad social al valor que el proyecto de inversión genera para la sociedad o para determinados grupos sociales, de acuerdo a las funciones que competan a la entidad inversora, buscando un bien para la sociedad.

4.2. Análisis económico financiero del impacto de la solución

4.2.1. Estimación de costos de inversión

En base a la información recabada a través de la entrevista a los expertos: Armando Noriega Mangini y Jaime Daniel Gonzales Zuñiga Rodriguez se ha realizado el siguiente análisis, el método de costeo empleado en este proyecto es el "Costeo por órdenes", dado que facilita la identificación de los costos asociados a cada lote de producción de acuerdo a los requerimientos del cliente. Otro factor importante a considerar es que solo se trabaja bajo pedido, es decir, la producción no es continua y varía con cada solicitud del cliente. Para este caso también asumimos que todo lo que se produce es vendido.

Es así como se definen los tres tipos de productos a elaborar: aceite esencial de naranja, mandarina y tangelo.

En el caso del proyecto presentado, el cliente solicita que se le envíe 30 litros de aceite de naranja, 10 litros de aceite de mandarina y 15 litros de aceite de tangelo. Como se observa en el recuadro, el precio del tangelo y de la mandarina es más elevado debido a la dificultad de poder conseguir solamente la cáscara, por lo que es necesario adquirir el producto en su estado natural, es decir, como fruto.

Este producto es vendido en envases de 10 ml, por ello es crucial saber cuál es el costo unitario de cada uno de los productos, pudiendo obtener que en la venta del aceite de mandarina existe un margen de pérdida debido al alto costo de obtención del material necesario. A pesar de ello, se puede obtener una utilidad cercana a los S/. 10,600 por cada mes teniendo como beneficio el hecho de no contar con costo por mantenimiento de almacén dado que todo lo que se produce es vendido. Una clara oportunidad para incrementar las

utilidades es que se pueda encontrar con un mejor proveedor de cáscaras de mandarinas dado que abarataría los costos por materia prima.

	Naranja	Mandarina	Tangelo
Horas MOD necesarias	64	64	64
Costo por Kg	S/.3.90	S/.35.00	S/.28.00
Cantidad (Kg)	525	780	500
Litros	30	10	15

Los materiales directos utilizados en el proceso productivo son las cáscaras molidas de las frutas determinadas en el cuadro superior. Del mismo modo, en los cuadros siguientes se realizará el cálculo aproximado de los gastos, así como el presupuesto de costos indirectos de fabricación.

Presupuesto CIF

Energía eléctrica	S/.18,416.16
Agua	S/.16,470.00
Transporte	S/.1,000.00
Envases	S/.5,000.00
Mantenimiento	S/.1,200.00
Alquiler de local	S/.3,000.00
Mano de Obra Indirecta	S/.3,000.00
Depreciación	S/.700.00
TOTAL	S/.48,786.16

Gastos

Personal administrativo	S/.16,000.00
Útiles y otros	S/.1,200.00
TOTAL	S/.17,200.00

Mano de obra

Costo Hora MOD	S/.31.25
TOTAL	S/.31.25

Costo mensual MOD	S/.6,000
Días a trabajar mensuales	24
Jornada diaria	8

Costos Indirectos de Fabricación (Tasa)

Presupuesto CIF	S/.48,786.16
Presupuesto Horas MOD	192
Tasa aplicación CIF	S/.254.09

Información de Ventas

Unidades vendidas	5500
Precio de venta	S/.23.73

4.2.2. Análisis de factibilidad

Una vez determinado los Costos Indirectos de Fabricación (CIF), tomando una tasa de aplicación resultante de dividir el presupuesto CIF entre las horas Mano de Hombre (MOD) presupuestadas, se procede a armar el Estado de Costos.

ESTADO DE COSTOS

		Naranja	Mandarina	Tangelo
Material directo usado	S/.43,347.50	S/.2,047.50	S/.27,300.00	S/.14,000.00
Mano de obra directa	S/.6,000.00	S/.2,000.00	S/.2,000.00	S/.2,000.00
CIF aplicado	S/.48,786.16	S/.16,262.05	S/.16,262.05	S/.16,262.05
Costo de producción incurridos	S/.98,133.66	S/.20,309.55	S/.45,562.05	S/.32,262.05
Inventario inicial productos en procesos	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00
Costo producción en proceso	S/.98,133.66	S/.20,309.55	S/.45,562.05	S/.32,262.05
Inventario final productos en procesos	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00
Costo productos terminados	S/.98,133.66	S/.20,309.55	S/.45,562.05	S/.32,262.05

ESTADO DE COSTOS DE VENTAS

Inventario inicial productos terminados	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00
Costo productos terminados	S/.98,133.66	S/.20,309.55	S/.45,562.05	S/.32,262.05
Costo productos terminados disponibles	S/.98,133.66	S/.20,309.55	S/.45,562.05	S/.32,262.05
Inventario final productos terminados	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00
Costo de ventas	S/.98,133.66	S/.20,309.55	S/.45,562.05	S/.32,262.05

Costo unitario		S/.6.77	S/.45.56	S/.21.51
-----------------------	--	----------------	-----------------	-----------------

ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS		Ingresos	Egresos
Ingresos	S/. 130,508	Depreciación	S/. 130,508
Costo de ventas	S/. 98,134	-S/. 700	S/. 97,434
Utilidad bruta	S/. 32,375		
Gastos operativos	S/. 17,200		S/. 17,200
Utilidad Operativa	S/. 15,175		
Gastos financieros	0		
Utilidad antes de impuesto a la renta	S/. 15,175		
Impuesto a la renta	S/. 4,552		S/. 4,552
UTILIDAD NETA	S/. 10,622	S/. 130,508	S/. 119,186
	S/. 700		
	S/. 11,322		S/. 11,322

Al analizar el Estado de Resultados se puede observar que bajo el supuesto de que no existe producción previa, al igual de que al asumir de que todo lo que se produce es vendido, se llega a obtener una utilidad neta del s/. 11,322, es decir, no existen pérdidas en el periodo.

Para este proyecto es necesaria una inversión de S/. 90,000 soles debido a la compra de maquinarias y equipos, costo de capital entre otros gastos necesarios para empezar operaciones. Para ello se contará con el apoyo de inversionistas que esperan una tasa de rendimiento del 30%.

Al realizar las proyecciones de venta, y asumiendo de que se trabajará con el mismo cliente por un periodo mayor a los 10 meses, se realizó el cálculo del Valor actual neto (VAN) el cual nos arrojó un resultado positivo. Este resultado significa que la inversión es rentable a la tasa de rendimiento solicitada por los inversionistas. Así mismo, dado que es un proyecto industrial a pequeña escala, se podría recuperar la inversión en un plazo de 9 meses, pudiendo llegar a menos en caso de que se puedan abaratar los costos de producción debido al elevado costo de algunos materiales y además por el incremento de nuevos clientes.

FLUJO DE CAJA

MES	INGRESOS	EGRESOS	VALOR NETO
0	0	90,000	-S/.90,000
1	130,508	119,186	S/.11,322
2	165,109	119,186	S/.45,922
3	165,109	119,186	S/.45,922
4	165,109	119,186	S/.45,922
5	165,109	119,186	S/.45,922
6	165,109	119,186	S/.45,922
7	165,109	119,186	S/.45,922
8	165,109	119,186	S/.45,922
9	165,109	119,186	S/.45,922
10	165,109	119,186	S/.45,922

Tasa de rentabilidad esperada (mensual)	2.50%
VAN	9094
Periodo de Recuperación	9 meses

VALOR ACTUAL NETO

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingreso	0	130,508	165,109	165,109	165,109	165,109	165,109	165,109	165,109	165,109	165,109
Egreso	S/.90,000	119,186	119,186	119,186	119,186	119,186	119,186	119,186	119,186	119,186	119,186
Ingreso-egreso	-S/.90,000	S/.11,322	S/.11,322	S/.11,322	S/.11,322	S/.11,322	S/.11,322	S/.11,322	S/.11,322	S/.11,322	S/.11,322
VAN	-90000	11,046	10,777	10,514	10,258	10,007	9,763	9,525	9,293	9,066	8,845

La tasa esperada de retorno por parte de los inversionistas es del 30%, teniendo como resultado un VAN positivo, resulta aprobatorio el continuar con el proyecto. Por otro lado, el periodo de recuperación se dará en 9 meses, lo cual es bueno ya que es un periodo corto y teniendo en consideración que la rentabilidad esperada mensual es de 2.5%.

Capítulo V: Análisis del impacto de la solución y riesgos del proyecto

5.1 Análisis del impacto de la solución

Los resultados obtenidos con éste estudio comparativo y evaluación del rendimiento en la extracción de los aceites esenciales de naranja, mandarina y tangelo mediante la metodología clásica y Clevenger trae consigo la elaboración del desarrollo del escalamiento piloto de un equipo de destilación, tomando en cuenta que esto dará pie a poder bosquejar la implementación de una planta extractora, tomando en cuenta el enfoque de eficiencia ecológica, la aplicación de este enfoque implica el buen uso de los recursos y el manejo adecuado de los desechos generados al final del proceso productivo.

Cabe resaltar, que la planta piloto debe contar con los requerimientos mínimos en caso de optar por una certificación en el futuro, ya que la relación que tenga el proceso productivo con el ambiente, influye al momento de optar a una certificación, es por ello que se debe enfocar en hacer el proyecto de una manera amigable con el ambiente.

Para efectos del desarrollo de la planta proyecto se presentan los siguientes impactos:

5.1.1 Materia prima

La materia prima empleada en el proceso está constituida por la biomasa de los cultivos procesados que son los cítricos naranja, mandarina y tangelo, según los expertos y la revisión de literatura se estima que se puede disponer de una carga diaria de 3 500 Kg. La producción de la materia prima es quizás una de las actividades que tenga más impacto en el ambiente, debido a que requiere de una considerable extensión de terreno para poder suplir las necesidades de la planta piloto. El impacto derivado de dicha actividad productiva tendrá un efecto mayor sobre el recurso suelo.

5.1.2 Agua

El primer impacto del desarrollo del proyecto radica sobre el recurso hídrico, el cual está vinculado en las labores que se ejecutan el mantenimiento y tratamiento de los cultivos cítricos. Así mismo, las actividades como el control de malezas y fertilización, son las que eventualmente pueden tener un impacto significativo si no se realizan de la manera adecuada.

Es preciso aclarar que el agua es empleada en el proceso de destilación, ya que es un proceso de hidrodestilación, y también se emplea para las labores de limpieza de la planta

después del procesado del producto. Las aguas residuales pueden ser manejadas mediante un sistema de descontaminación sencillo y de bajo costo.

5.1.3 Suelo

La actividad que tendrá mayor impacto sobre este recurso será la producción de materia prima, ya que se empleará extensiones considerables de terreno. Y también se debe tomar en cuenta el área correspondiente para las edificaciones, dicha área bordeará los 225 metros cuadrados, se recomienda que la zona esté cerca a lugares de acopio de cítricos o empresas cuyas operaciones empleen materiales cítricos.

5.1.4 Recurso humano

Para la planta piloto se va requerir de dos personas para desarrollar el proceso productivo de destilación de aceite esencial. Dichas personas deben comprender el desarrollo operacional, la higiene y seguridad laboral, tomando en cuenta que se trabajará en un solo turno.

También es preciso mencionar que hay un impacto social, el cual se puede ver reflejado con la generación de puestos de trabajo directo, de forma indirecta la mano de obra requerida en los cultivos cítricos. Adicionalmente, el proyecto trae consigo requerimientos de personas con conocimientos de contabilidad, ventas y administración de proyectos.

Habrá impacto sobre los negocios relacionados con la producción de los aceites esenciales, siendo el principal efecto representado por la inversión inicial que las empresas hagan en infraestructura, equipos e insumos.

5.1.5 Planta a escala piloto

Tomando en cuenta que la instalación y funcionamiento de la planta extractora trae consigo impactos, estos pueden ser: el proceso de extracción de los aceites esenciales, los desechos generados en el proceso de extracción, los expertos mencionan que los desechos líquidos generados son aproximadamente 3000 litros de agua y los desechos sólidos bordean 1000 kg. Por ello se procede a detallar la sugerencia de la implementación de una planta a escala piloto, tomando en cuenta el dimensionamiento del equipo de destilación, sus características, distribución de la planta piloto y el diagrama del proceso productivo. Todo lo concerniente a esta sugerencia parte de la opinión de los expertos entrevistados y de la revisión de literatura

En la figura 127 se aprecia la distribución de la planta de extracción de aceite esencial a escala piloto propuesto, cabe resaltar que la distribución ha tomado en cuenta el flujo del proceso propuesto, el cual tiene las siguientes actividades:

- **Almacenamiento de materia prima**

La materia prima (cáscaras de naranja, mandarina y tangelo) podrá ser recibida en sacos, cuyo suministro dependerá de la capacidad de procesamiento de la planta, durante esta etapa se debe tener en cuenta que toda manipulación del fruto deben realizarse con el mayor cuidado, para evitar su deterioro.

- **Limpieza**

Se realiza la selección y limpieza teniendo como objetivo el separar cualquier impureza o restos de tierra adherida a las cáscaras, asegurando el rendimiento del proceso de extracción del y la calidad del aceite esencial de los cítricos en cuestión. Esta parte del proceso consiste en retirar todas aquellas cáscaras que presenten signo de degradación, esta actividad se realiza en forma manual.

- **Secado**

Con la finalidad de deshidratar las cáscaras y con ello aumentar el rendimiento de la extracción de los aceites esenciales es que se procede a secar por 24 horas las cáscaras.

- **Molido**

Es la trituración de las cáscaras de los cítricos en cuestión con la ayuda del molino de martillo.

- **Destilación**

Para esta actividad se empleará el equipo de destilación propuesto, el cual se detallará más adelante, cabe mencionar que se trata de un equipo de arrastre de vapor, pero que presenta algunas particularidades en el refrigerante y en los colectores de aceite esencial.

- **Envasado, etiquetado y empaquetado**

El aceite esencial extraído será envasado, etiquetado y empaquetado según las disposiciones de las normas técnicas peruanas:

- ✓ Envases para aceite esencial: según la Norma Técnica Peruana NTP 319.080 (Anexo 14).
- ✓ Rotulado de envases para aceite esencial: según la Norma Técnica Peruana NTP 319.083 (Anexo 15).

Toda la línea de producción utiliza acero inoxidable, desde las mesas hasta los tanques de extracción y almacenamiento lo cual evita la contaminación del producto. Además proveen excelentes condiciones de higiene además de su resistencia a la corrosión y duración a largo plazo, además de que es fácil de limpiar.

Líneas más adelante se podrá apreciar el diseño de la planta a escala piloto, el equipo de destilación propuesto y el prototipo. Se logró imprimir en 3D el equipo de destilación y también se realizó el corte y grabado con láser de la distribución de la planta.

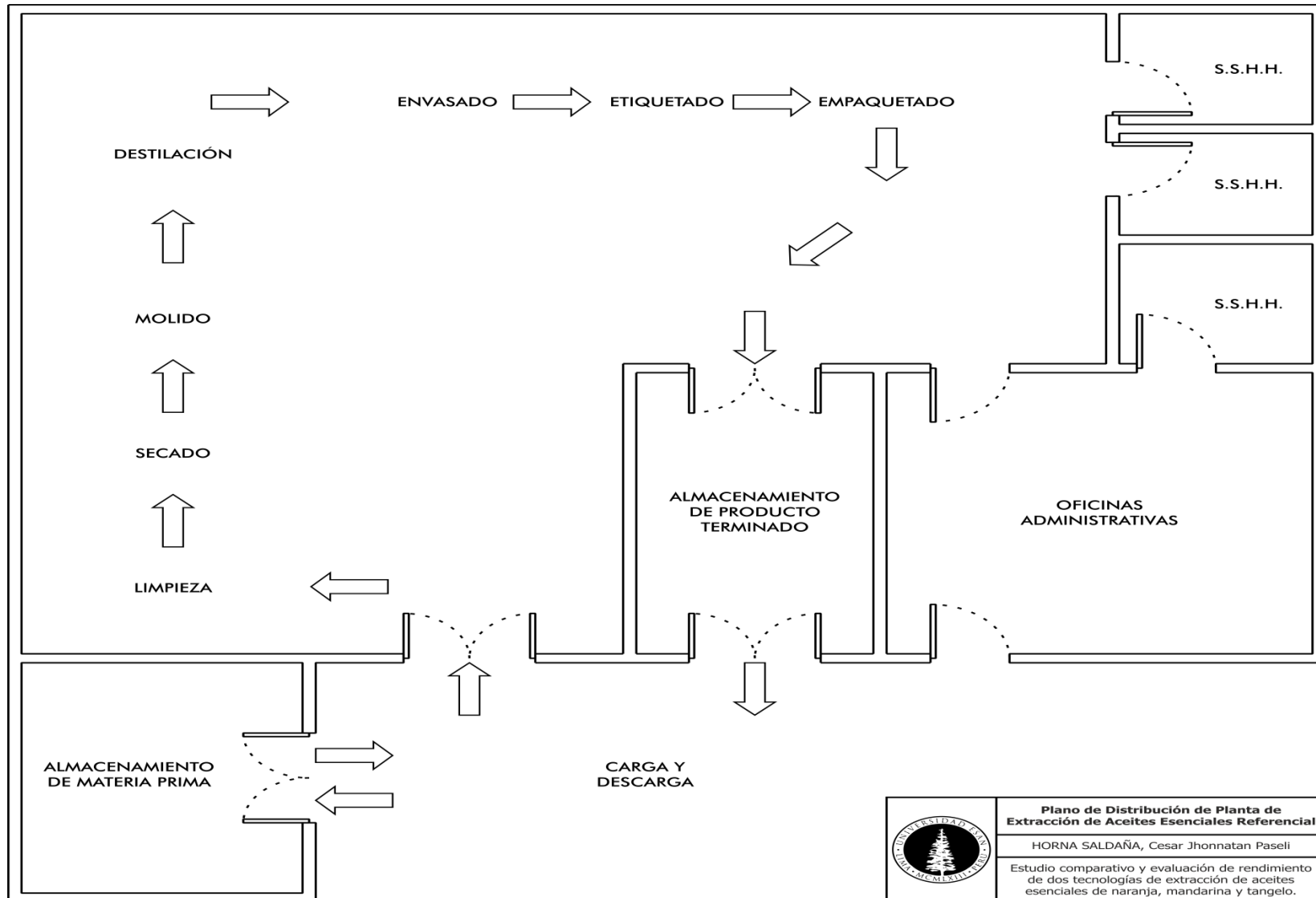


Figura 127. Plano de distribución de la planta de extracción de aceite esencial a escala piloto (Elaboración propia)

Los expertos entrevistados sostienen que se puede disponer de una carga diaria de 4 500 kg por cada día en Lima o alguna ciudad cercana a la producción de cítricos; es así que para fines de cálculos, se asume 500 kg por día.

Primero se debe calcular la cantidad de aceite a refinar; para ello se deberá utilizar el porcentaje de aceite promedio extraído de la cáscara. Tomando en cuenta que la humedad promedio de la cáscara es de 58.2%, el peso de cáscara seca será de:

$$500 - \frac{500\text{kg} \times (58.2\%)}{100\%} = 209 \text{ kg de Cáscara Seca}$$

Ahora, si tenemos en cuenta que el porcentaje de aceite obtenido en promedio es de 7.0 %; corresponderá calcular la cantidad de aceite producido en promedio.

$$\frac{209 \text{ kg} \times 7.0\%}{100} = 14.63 \text{ kg de aceite extraído}$$

En conclusión, se debe obtener 14.63 Kg de aceite esencial de cáscara de naranja, mandarina o tangelo por carga.

Habiendo conseguido el primer dato, se procede a medir el volumen de agua que se va utilizar y la consiguiente composición en el fondo y en el tope. Se tiene que el aceite se reparte en el equipo de la siguiente manera:

Boiler: resulta ser el 17.7%, equivalente a 2.59 kg

Receptor: resulta ser el 82.3% equivalente a 12.04 kg

Referente al balance del agua en el receptor, se requiere la cantidad de vapor necesario para transportar el aceite. Para ello la cantidad de agua debe ser equivalente a la cantidad de aceite; de esta forma se va a transportar hasta el receptor la cantidad de 12.04 kg de aceite y 12.04 kg de agua, por lo que el resto de agua retornará al boiler.

Se debe tener en cuenta el dimensionado del secador de las cáscaras de los cítricos, para ello tomamos en cuenta que al procesarse 500 Kg de cáscara por día, el 58.2% del total resulta ser agua, para cuyo efecto el procedimiento de secado se realizara a 40 °C. Donde la cantidad de agua a secar es:

$$\frac{500\text{Kg} * 58.2}{100} = 291.0 \text{ kg}$$

Es así que al realizar el secado a 40 °C, la entalpía de evaporación en función a la referida temperatura es: 574.6 kcal/kg.

Por ende, para la cantidad de 291.0 kg de agua, el requerimiento de energía necesaria es:

$$\frac{574.6 \text{ kcal}}{\text{kg}} * 291.0 \text{ kg} = 167\,208.6 \text{ kcal}$$

Cabe señalar que el procedimiento de secado tiene una duración de 24 horas; se deberá tener el siguiente flujo mínimo de calor:

$$\frac{167\,208.6 \text{ kcal}}{24\text{h}} = 6967.03 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 8.1 \text{ kw}$$

Asimismo el diseño adecuado del secador, va exigir que el grosor del lecho de cáscara de los cítricos no sea mayor a 15 centímetros; por ello se colige que en mérito a la densidad de la cáscara de naranja se puede obtener el área del lecho.

Siendo ello así, 20 gramos de cáscara de cítrico en promedio ocupan, por desplazamiento de agua, 17.8 mL. Donde la densidad de la cáscara de naranja será:

$$\frac{20 \text{ g}}{17.8 \text{ mL}} = 1.12 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

Ahora, 500 kg de cáscara ocuparán:

$$\frac{500 \text{ kg}}{1120 \text{ kg/m}^3} = 0.43 \text{ m}^3$$

Y considerando un grosor de lecho de 15centímetros (0.15m):

$$\frac{0.43 \text{ m}^3}{0.15 \text{ m}} = 2.87 \text{ m}^2$$

Aunado al resultado obtenido se le agregará un sobredimensionamiento de 20%:

$$2.87 \text{ m}^2 \times 1.2 = 3.44 \text{ m}^2$$

De esta forma, si utilizamos bandejas perforadas de un metro cuadrado, con una separación de 3 veces la altura de lecho (45 centímetros), entre bandeja y bandeja se van a requerir un total de 4 bandejas, cuya altura total de bandejas es:

$$\frac{0.15 \text{ m} \times 3}{\text{bandeja}} \times 4 \text{ bandeja} = 1.8 \text{ m}$$

Adicionado a ello se tiene una separación de 45 centímetros entre la bandeja inferior y la fuente de calor.

Para lo cual la altura es de:

$$1.8 \text{ m} + 0.45 \text{ m} = 2.25 \text{ m}$$

Que, con un sobredimensionamiento de 20%, tenemos una altura total de:

$$(2.25 \text{ m} * 1.2) = 2.7 \text{ m}$$

Habiéndose realizado los cálculos señalados precedentemente, corresponde precisar que para la planta piloto se sugiere utilizar propano como combustible, debiendo obtenerse una potencia de 7314 kcal/h, cuya entalpía de combustión de propano es de 110928.2 kcal/kg. Por ello para el procedimiento se necesitará la siguiente cantidad de consumo de propano:

$$\frac{7314 \text{ kcal/h}}{110928.2 \text{ kcal/g}} = 0.07 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

70 g de propano por hora, con un escalamiento del 20%:

$$70 \text{ g} \times 1.2 = 84 \frac{\text{g}}{\text{h}}$$

De esta forma, las características del secador son:

Tabla 8 Características del Secador de Bandejas

Características de Secador de Bandejas	
Material de Construcción	Ladrillo refractario
Altura Total (m)	2.7
Número de Bandejas	4
Separación entre bandejas (m)	0.45
Área de Bandejas (m ²)	1
Consumo de Propano (gr/h)	84

Ahora continuamos con el dimensionado del molino, para ello se debe calcular la potencia con la siguiente ecuación:

$$P/m = K_b / \sqrt{D_p}$$

Donde:

P = Trabajo total utilizado para reducir la partícula desde el tamaño de alimentación.

m = Flujo másico de alimentación.

K_b = Constante de proporcionalidad, depende del tipo de máquina y de la naturaleza del producto.

D_p = Diámetro de la partícula en el producto.

Para reducir una alimentación grande hasta un tamaño que sólo permita el ingreso del 100 por ciento del producto a través de tamiz de 100 μ .m, se va utilizar la ecuación anterior que redefine un índice de trabajo W_i , como la energía total, en kilowatios hora por 2000 libras de alimentación. Esta definición conduce a una relación entre K_b y W_i . Si D_p está en milímetros. P en kilovatios y m en toneladas (2000 lb) por hora:

$$K_b = \sqrt{100 * 10^{-3}} * W_i = 0.3162 W_i$$

Si el 80 por 100 de la alimentación pasa a través de un tamaño de malla de D_{pa} mm y el 80 por 100 del producto a través de un tamaño de malla de D_{pb} mm, a partir de las ecuaciones anteriores se deduce que:

$$\frac{P}{m} = 0.3162 * W_i \left[\frac{1}{\sqrt{D_{pb}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{pa}}} \right]$$

El índice de trabajo incluye la fricción en el triturador, y la potencia dada por la ecuación en potencia bruta.

Así tenemos que nuestra alimentación, inicialmente, tiene un tamaño aproximado de 1cm o 150 mm, mientras que su final, un tamaño de partícula de 4mm.

De esta forma, $D_{pb} = 4$ y $D_{pa} = 150$ mm

Para triturar 209 kg de cáscara de cítrico seca, en un tiempo máximo de 30 minutos de trabajo, se tiene que una tonelada procesada requerirá las horas de:

$$\frac{209 \text{ kg}/30 \text{ min}}{1000 \text{ kg/Ton}} * 60 \text{ min/h} = 0.42 \text{ Ton/h}$$

Se determina un factor K_b de 2.715 kwh/Ton

Considerando como la resistencia de la cáscara de cítrico seca:

$$\frac{P}{0.42 \text{ Ton/h}} = 2.715 \text{ kwh/Ton} \left[\frac{1}{\sqrt{4}} - \frac{1}{\sqrt{150}} \right]$$

De esta forma:

$$P = 0.5 \text{ kw}$$

Sin embargo, la eficiencia promedio del molino es de 10%, de esta forma, se requerirá de una potencia de:

$$0.1 = \frac{0.5 \text{ Kw}}{P_T}$$

$$P_T = 5 \text{ Kw}$$

Donde el P_T es la Potencia Total.

Finalmente, se tiene como características del molino lo siguiente:

Tabla 9 Características del Molino de Martillo a usar

Características de Molino de Martillo	
Diámetro de alimentación D80pa (mm)	150
Diámetro de producto D80pb (mm)	4.0
Potencia requerida para la molienda (kw)	0.5
Potencia requerida del motor (kw)	5.0
Flujo de alimentación (kg/min)	7.3

Teniendo ya las dimensiones del secador y del molino procedemos a detallar los componentes del equipo de destilación, los cuales son: boiler, torre y refrigerante. Para el caso del boiler, se debe considerar las siguientes características en su funcionamiento:

Tabla 10 Características del funcionamiento del equipo de destilación

Peso cáscara seca (kg)	209.0
Peso aceite obtenido (kg)	14.63
Tiempo Operación (min)	120.0
mL de vapor obtenido por g de aceite extraído	3.0

En tal sentido al obtener el vapor por gramo de aceite extraído, se puede calcular el requerimiento de agua y volumen de boiler.

$$3 \times \left(\frac{\text{mL Vapor}}{\text{g aceite extraído}} \right) \times 14\,630.0 \text{ g aceite extraído} = 43.89 \text{ L}$$

Considerando las pérdidas por el calor en el equipo de 63.3%, se asume que el vapor es el fluido que transporta dicho calor, de esta forma, la cantidad de vapor que queda en el lecho de cáscara de naranja y que se condensa en contacto con las paredes del extractor resulta ser lo siguiente:

$$\frac{43.89 \text{ L} \times 100}{34} = 129.08 \text{ L} \approx 130 \text{ L}$$

Asumiendo un factor de seguridad de 20%, la capacidad del boiler es:

$$130 \text{ L} \times 1.2 = 156 \text{ L}$$

Siendo la ecuación de cálculo de volumen de un cilindro:

$$V_{\text{cilindro}} = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 H$$

Donde D es diámetro y H la altura de la torre.

Para el diseño del boiler, se asume una altura igual al diámetro, de esta forma la ecuación de volumen se transforma en:

$$V_{\text{boiler}} = \pi L^3/4$$

Donde L viene a ser la altura y diámetro del boiler, reemplazando se tiene:

$$0.16\text{m}^3 = \pi L^3/4$$

De donde se obtiene $L=0.6\text{m}$.

Para el dimensionamiento de la torre se toma en cuenta que en ella se colocará los 209.0 Kg de cáscara seca, los expertos señalan que el diámetro de una torre de extracción no puede superar el rango de 1.75 metros, y en el curso de un arrastre de vapor, se debe considerar una relación altura/diámetro de 4. De esta forma tenemos que $H=4D$, donde H es la altura de la torre y D el diámetro.

$$V_{\text{cilindro}} = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 H$$

De dicho cálculo se tienen que:

$$D = 0.65\text{m}$$

$$H = 2.6\text{m}$$

Ahora se procede a analizar el dimensionamiento para el condensador, sabemos que va a condensar 14.63 kg de aceite esencial y va circular, según lo previsto y manifestado con los expertos un volumen aproximado de 43.89 L de agua.

De esta forma, los flujos vienen a ser:

$$0.12 \text{ Kg. Aceite/segundo}$$

$$0.37 \text{ Kg. Agua/segundo.}$$

Considerando que ambos ingresan al condensador a 100°C y, son retirados a 40°C , donde el agua de enfriamiento asciende a 25°C .

La temperatura de salida del fluido frío va ser equivalente al promedio de la temperatura de entrada del fluido caliente y del fluido frío. A continuación se detalla las medidas de los equipos propuestos para el equipo a escala piloto.

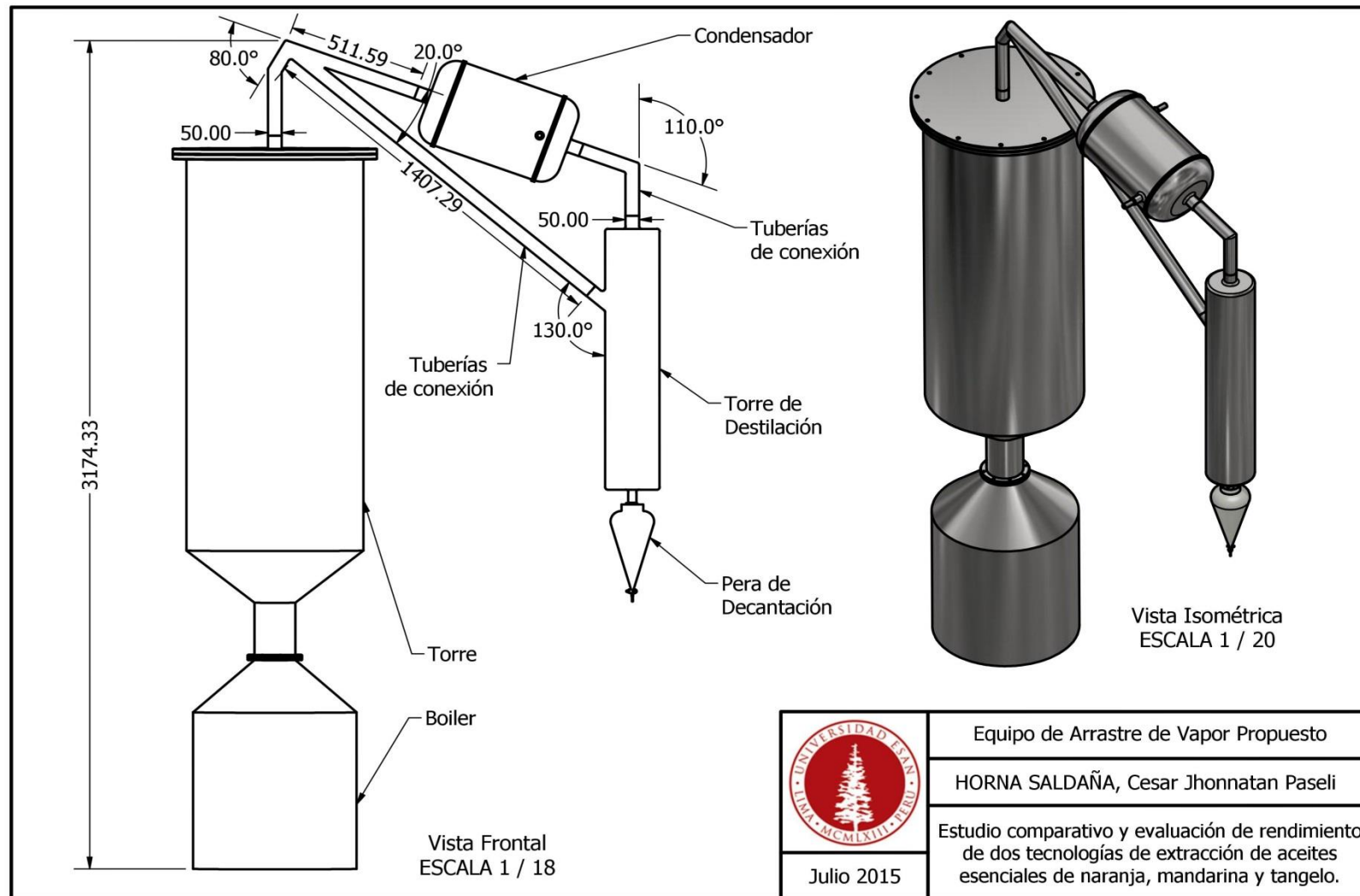


Figura 128. Propuesta de equipo de arrastre de vapor para extracción de aceites esenciales (Elaboración propia)

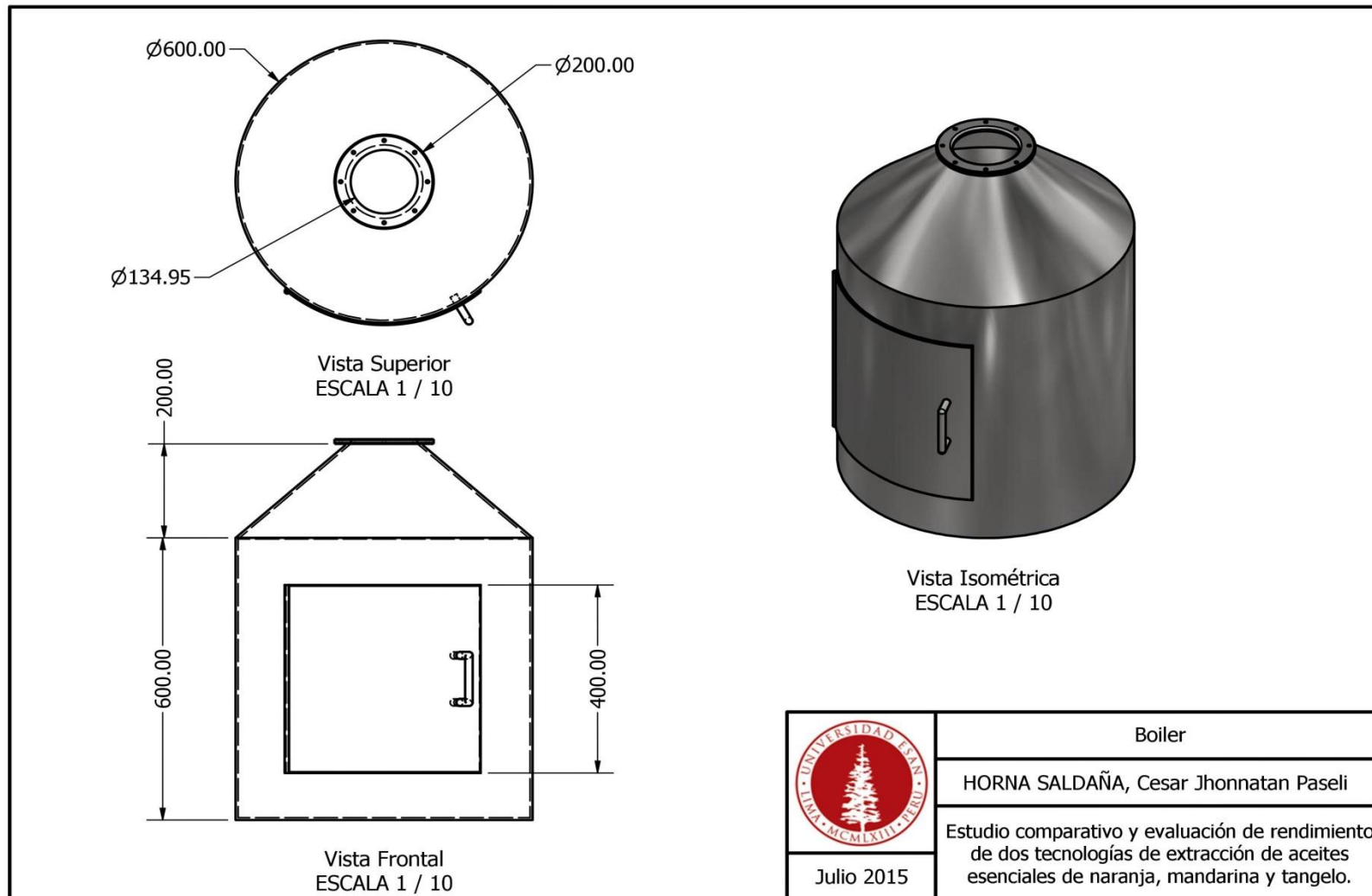


Figura 129. Boiler que forma parte del equipo de arrastre de vapor propuesto (Elaboración propia)

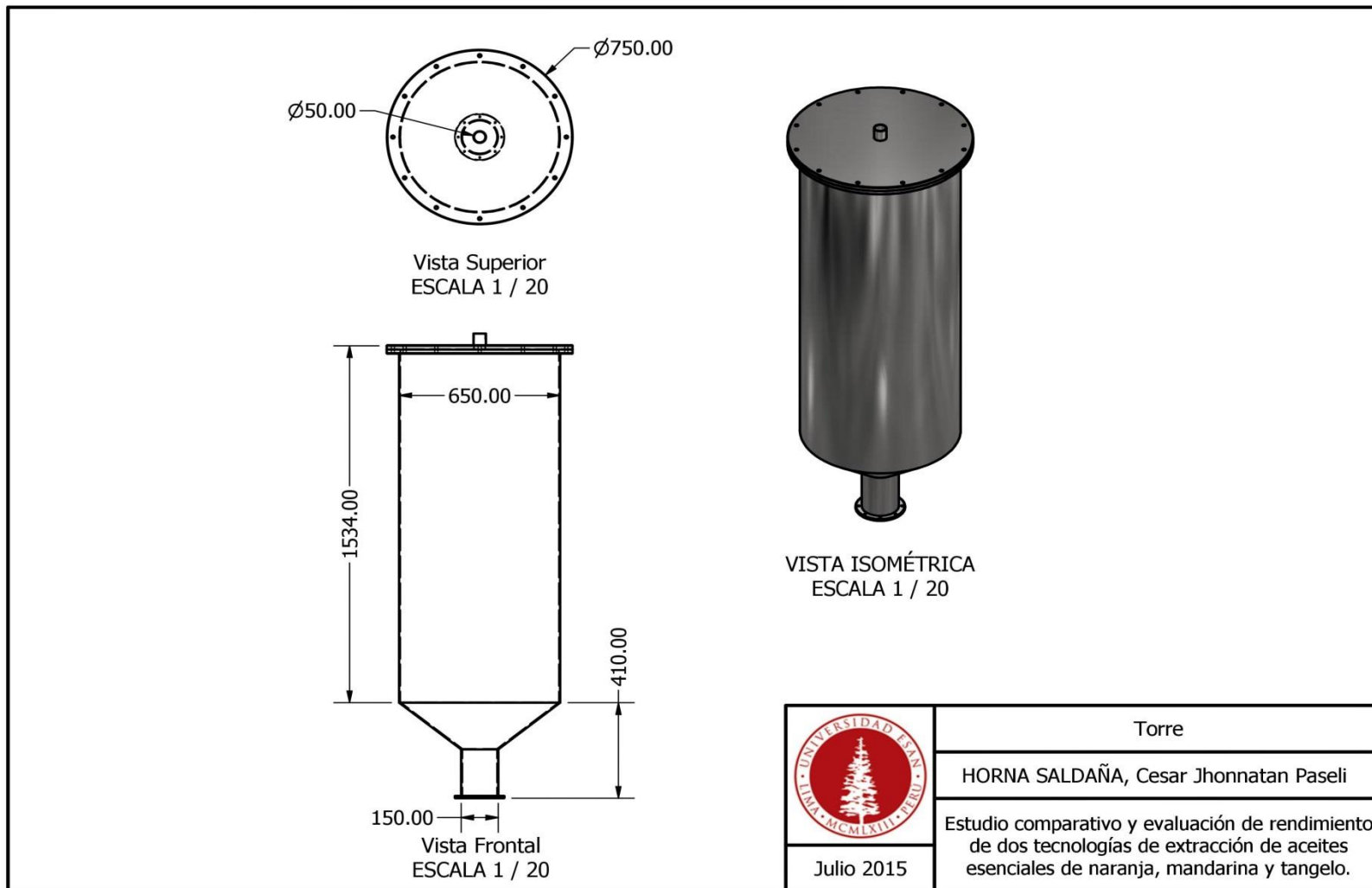


Figura 130. Torre que forma parte del equipo de arrastre de vapor propuesto (Elaboración propia)

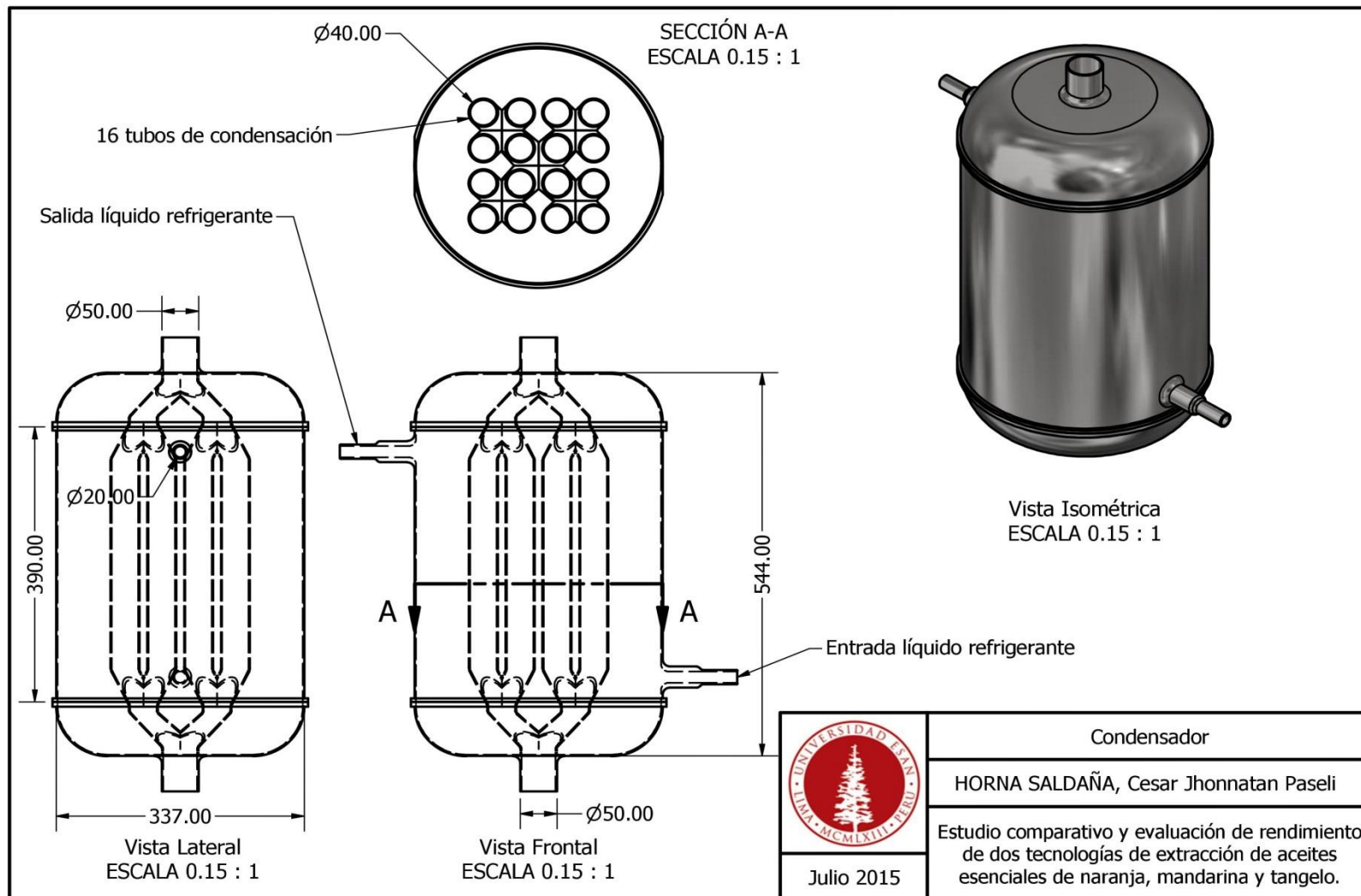


Figura 131. Condensador que forma parte del equipo de arrastre de vapor propuesto (Elaboración propia)

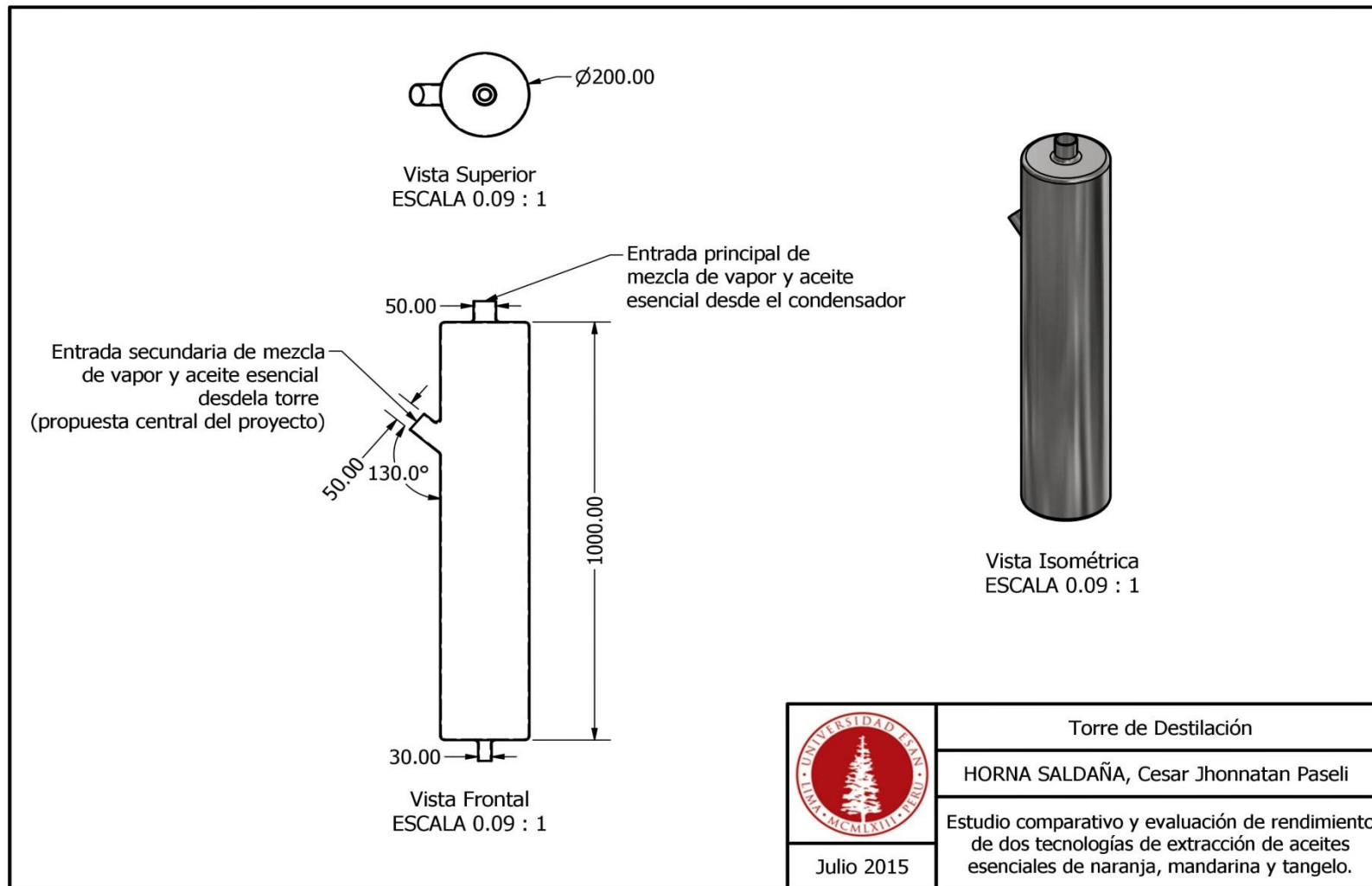


Figura 132. Torre de destilación que forma parte del equipo de arrastre de vapor propuesto (Elaboración propia)

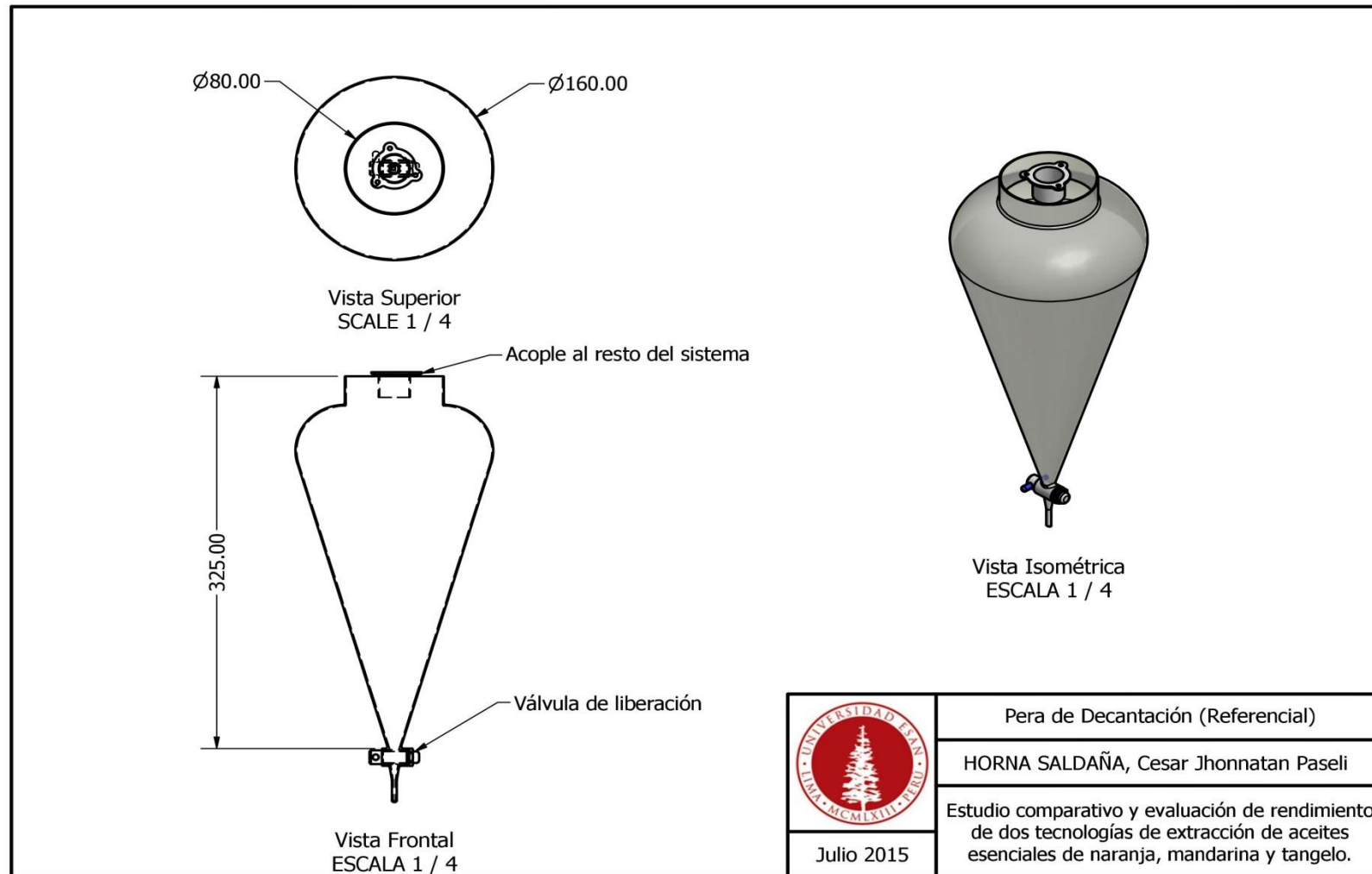


Figura 133. Pera de decantación que forma parte del equipo de arrastre de vapor propuesto (Elaboración propia)

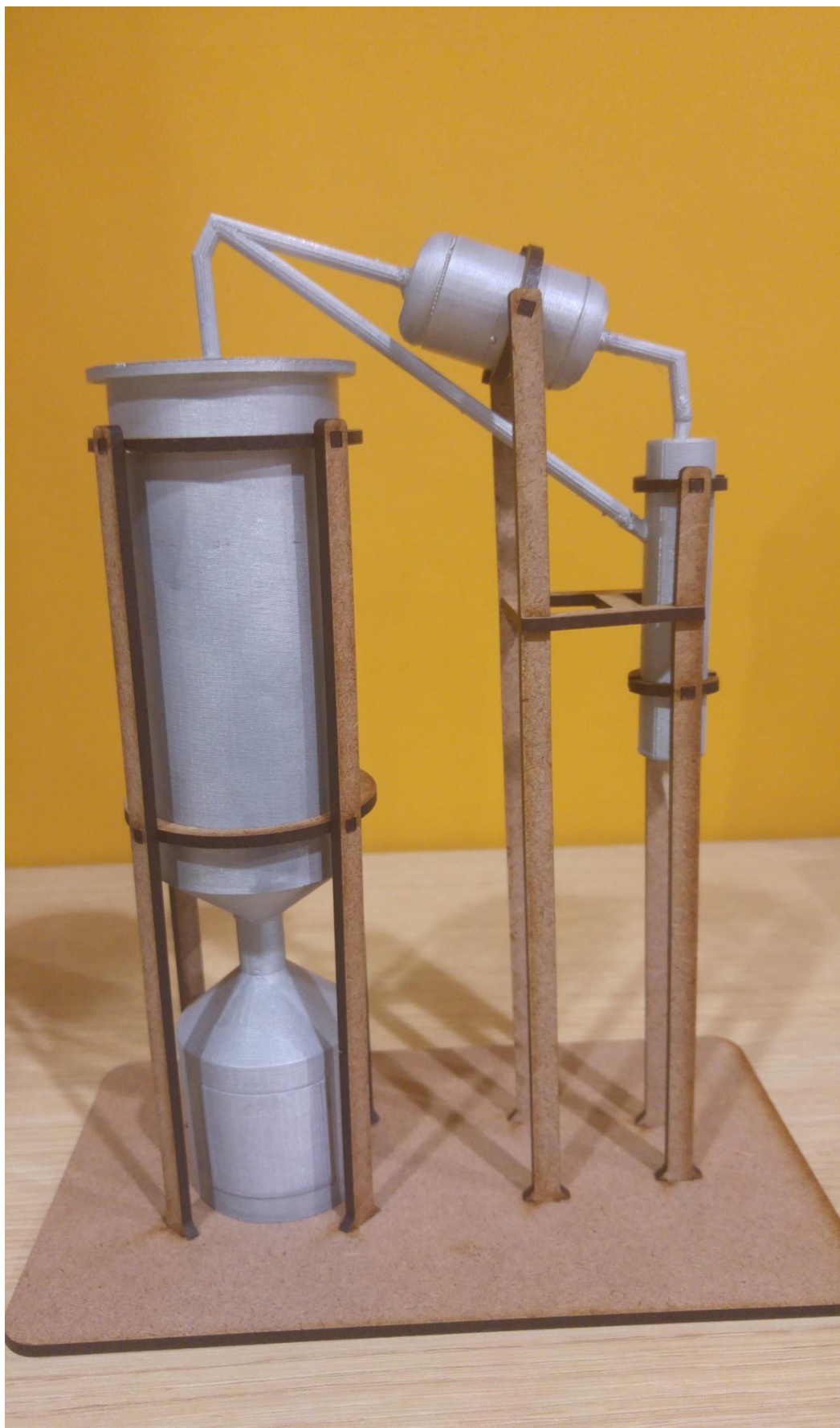


Figura 134. Equipo de arrastre de vapor propuesto impreso en 3D (Elaboración propia)

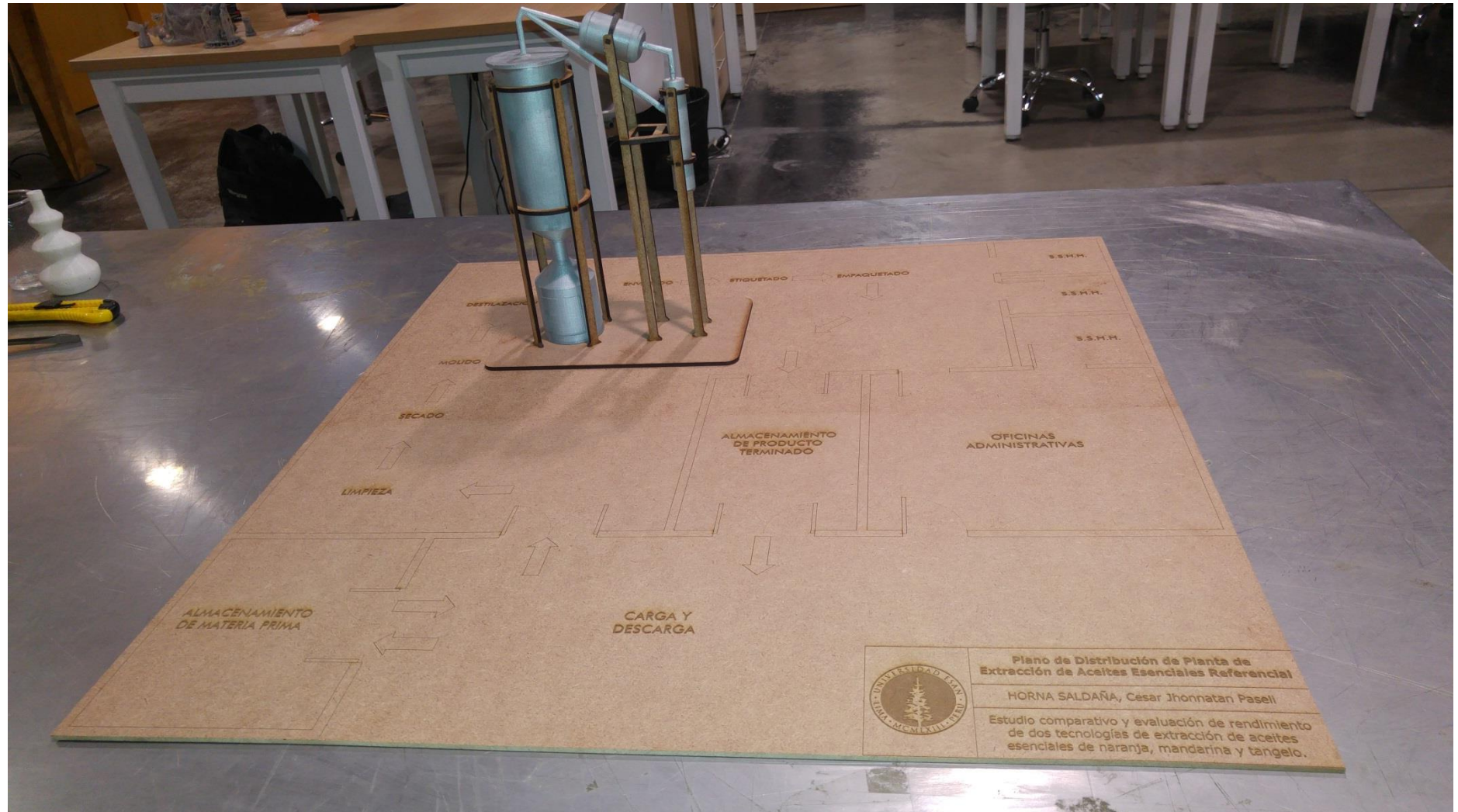


Figura 135. Plano de distribución de la planta de extracción de aceite esencial a escala piloto cortado y modelado en FabLab - ESAN(Elaboración propia)

5.2 Riesgos del proyecto:

Los riesgos asociados a la propuesta de implementar esta planta a escala piloto están vinculados con aspectos técnicos, sociales y del negocio como tal. Dentro de los aspectos técnicos se visualizan riesgos en las niveles de rendimiento tanto en la extracción del aceite esencial como en el volumen de la materia prima necesaria. En relación al aspecto social se identifica como riesgo el hecho de que la comunidad que cultiva los cítricos no se incorporen al proyecto o no participe activamente. Dentro de los aspectos del negocio se identifican como riesgos la variación que se puede presentar en el mercado de oferta y la demanda de los aceites esenciales. Por lo tanto, los principales riesgos que afectarían al proyecto según los expertos y la revisión de literatura serían los siguientes:

- ✓ Escasez de material vegetal recolectado
- ✓ Disminución en el rendimiento de extracción del aceite esencial
- ✓ Variación del precio del aceite esencial en el mercado
- ✓ Variación en los niveles de cultivo de cítricos
- ✓ Variación en la demanda de aceites esenciales
- ✓ Bajo posicionamiento de los aceites esenciales
- ✓ Producción de aceites sintéticos
- ✓ Impactos ambientales

El primer riesgo sobre la escasez del material vegetal recolectado, se debe a las fuerzas de mercado que afectan a los proveedores de materia prima (cáscaras de cítricos), y la posible ruptura de alianzas estratégicas con los proveedores, lo que conllevará a una baja productividad de aceites esenciales y posibles cambios en el esquema económico del proyecto; motivo por el cual el Plan de Acción que se plantea para el presente riesgo requiere la promoción de un programas de abastecimiento interno que previamente permita realizar alianzas estratégicas con los proveedores y así contar con diversos proveedores que manejen volúmenes significativos.

El segundo riesgo considerado para la presente investigación resulta ser la disminución en el rendimiento de extracción del aceite esencial; por la ausencia de mantenimiento de los equipos de destilación, variación en las características de la materia prima y los errores en el tratamiento y operaciones preliminares del

procedimiento; ocasionando una baja productividad de aceites esenciales y por ende, un retraso en el cumplimiento de programaciones de entrega con los clientes; siendo ello así se ha determinado como Plan de Acción, el establecimiento de procedimientos que permite un mantenimiento preventivo, así como contar con un plan de control de la producción, lo que permitirá tener lotes de producción para contingencias.

El tercer riesgo se refiere a la variación del precio del aceite esencial en el mercado, como consecuencia de variaciones en la oferta, demanda y precio del producto, así como el uso erróneo de productos sustitutos, productos y servicios derivados, originando cambios en el esquema económico del proyecto y la pérdida de competitividad. En tal sentido para el presente riesgo se ha proyectado como Plan de Acción, realizar alianzas estratégicas con clientes a largo plazo y contar con un sistema de información para el seguimiento del mercado.

El riesgo número cuatro trata sobre la variación en los niveles de cultivo de cítricos; en mérito a cambios climáticos anómalos, el incremento de la demanda de otros productos agrícolas y niveles de fertilidad de los suelos que conllevan a tener inconvenientes para la recolección de materia prima y por ello se genere un aumento de los costos de producción. En consecuencia el Plan de Acción debe corresponder a un establecimiento de alianzas estratégicas con proveedores que manejen volúmenes significativos, obteniendo lotes de materia prima para contingencias.

En el quinto riesgo advierte la variación en la demanda de aceites esenciales; debido a la variación en la oferta, demanda y precio del producto, la existencia de productos sustitutos, productos y servicios derivados; provocando variaciones en los costos de operaciones y almacenamiento, así como cambios en la estructura de trabajo que conlleven a mayores dilaciones de entrega del producto final; para cuyo efecto en la presente investigación se ha establecido como Plan de Acción alcanzar fondos económicos de contingencia, asimismo plantear un procedimiento de operaciones alternativo y operar un sistema de información para el seguimiento del mercado.

Como sexto riesgo, se tiene el bajo posicionamiento de los aceites esenciales, debido a la carencia de valoración de los atributos de los aceites esenciales, las dificultades en el abastecimiento del mercado y el incumplimiento de los estándares de calidad del mercado, creando un incremento de los costos relacionados a ventas y marketing, y por ende la pérdida de posición competitiva, en consecuencia el Plan de

Acción que se establece es definir las estrategias de marketing y ventas, así como resaltar los atributos del producto, para cuyo efecto se deberá realizar presentaciones en ferias y eventos ecoamigables.

El séptimo riesgo identificado se refiere a la producción de aceites sintéticos, cuyo resultado se debe a la existencia de avances tecnológicos, costos competitivos y la capacidad de producción a escala, ello conlleva a la pérdida de mercado y variación en el esquema de ingresos; en consecuencia el Plan de Acción fomentará estrategias de comunicación que resalten los atributos ecoamigables del producto, para ello se promoverá la promoción de producto en ferias y eventos, así como analizar nuevas tecnologías amigables con el ambiente.

El octavo riesgo relacionado a los Impactos ambientales, referente a cambios en el espacio geográfico a consecuencia de la creación de infraestructura de la planta de extracción, así como la operación de extracción de aceites esenciales, acarreado consigo la existencia de daños al medio ambiente, quejas y reclamos de la comunidad, multas y sanciones; en atención a ello se definido como Plan de Acción establecer políticas de responsabilidad social y ambiental, promover procedimientos para el uso apropiado de recursos, así como realizar programas de acercamiento con la comunidad, promoviendo el reciclaje y el conservación de los recursos hídricos.

A continuación, en la matriz de riesgos se resumirá cada uno de los riesgos mencionados a fin de poder ver qué medidas tomar según sea el caso.





ID	CAUSA	RIESGO	EFEECTO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	IMPACTO	CRITICIDAD DEL RIESGO	PLAN DE ACCIÓN
R1	Fuerzas de mercado que afectan a los proveedores (cáscaras de cítricos), ruptura de alianzas estratégicas con los proveedores.	Escasez de material vegetal recolectado	Baja productividad de aceites esenciales, cambios en el esquema económico del proyecto	1	4		Establecer programa de abastecimiento interno, realizar alianzas estratégicas con los proveedores, contar con diversos proveedores que manejen volúmenes significativos
R2	Falta de mantenimiento de los equipos de destilación, variación en las características de la materia prima, errores en el tratamiento y operaciones preliminares	Disminución en el rendimiento de extracción del aceite esencial	Baja productividad de aceites esenciales, retraso en el cumplimiento con los clientes	2	3		Establecer procedimientos de mantenimiento preventivo, contar un plan de control de la producción, tener lotes de producción para contingencias
R3	Variación en la oferta, demanda y precio del producto, productos sustitutos, productos y servicios derivados	Variación del precio del aceite esencial en el mercado	Cambios en el esquema económico del proyecto, pérdida de competitividad	2	3		Realizar alianzas estratégicas con clientes a largo plazo, contar con un sistema de información para el seguimiento del mercado
R4	Cambios climáticos anómalos, incremento de la demanda de otros productos agrícolas, niveles de fertilidad de los suelos	Variación en los niveles de cultivo de cítricos	Inconvenientes para la recolección de materia prima, aumento de los costos de producción	2	3		Establecer alianzas estratégicas con los proveedores que manejen volúmenes significativos, tener lotes de materia prima para contingencias

Figura 136. Matriz de riesgos, riesgos del 01 al 04 (Elaboración propia)





ID	CAUSA	RIESGO	EFEECTO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	IMPACTO	CRITICIDAD DEL RIESGO	PLAN DE ACCIÓN
R5	Variación en la oferta, demanda y precio del producto, productos sustitutos, productos y servicios derivados	Variación de la demanda de aceite esenciales	Variación en los costos de operaciones y almacenamiento, cambios en la estructura de trabajo	2	5		Contar con fondos económicos de contingencia, plantear un procedimiento de operaciones alternativo, tener un sistema de información para el seguimiento del mercado
R6	Carencia de valoración de los atributos de los aceites esenciales, dificultades en el abastecimiento del mercado, el no cumplimiento de los estándares de calidad del mercado	Bajo posicionamiento de los aceites esenciales	Incremento de los costos relacionados a ventas y marketing, pérdida de posición competitiva	2	4		Definir las estrategias de marketing y ventas, resaltar los atributos del producto, tener presencia en ferias y eventos ecoamigables
R7	Avance tecnológico, costos competitivos, capacidad de producción a escala	Producción de aceites sintéticos	Pérdida de mercado, variación en el esquema de ingresos	4	3		Contar con las estrategias de comunicación que resalten los atributos ecoamigables del producto, tener presencia en ferias y eventos. Analizar nuevas tecnologías amigables con el ambiente.
R8	Operaciones de extracción de aceites esenciales, creación de infraestructura	Impactos ambientales	Daños al medio ambiente, quejas y reclamos de la comunidad, multas y sanciones	3	4		Definir políticas de responsabilidad social y ambiental, establecer procedimientos para el uso apropiado de recursos, establecer un programa de acercamiento con la comunidad, promoviendo el reciclaje y el conservación de los recursos hídricos

Figura 137. Matriz de riesgos, riesgos del 05 al 08 (Elaboración propia)

Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

En general, la demanda actual de los aceites esenciales va en aumento debido a la tendencia mundial de consumir productos más sanos y menos dañinos para la salud del ser humano y del medio ambiente. Las oportunidades de mercado son crecientes debido a la gran versatilidad del producto, puede ser aplicado a varias industrias y en cadenas de producción lo que lo hace un posible insumo de alto consumo. Internacionalmente las certificaciones orgánicas, Bio, Eco, Kosher, etc. obligan a los productores de alimentos y demás a tener prácticas ambientalmente amigables y es ahí donde se encuentra el futuro de los aceites esenciales. Sin embargo en Perú hay que realizar un trabajo de mercadotecnia bastante arduo, el desarrollo de investigaciones, tanto a nivel técnico-científico como de mercado, permitirá innovar en la extracción de productos nativos peruanos y sudamericanos, así como incrementar de forma directa el bienestar de diferentes grupos sociales a través de la generación de nuevas utilidades y sin dejar de lado las tecnologías amigables con el ambiente.

Hay un error de percepción por parte del consumidor en general, ya que ellos dan por sentado que al decir aceite esencial, es algo completamente natural y que no impacta al ambiente cuando en realidad el proceso es química que siempre tendrá impacto negativo sobre el ambiente, y si a esto le agregamos que solo entienden al aceite esencial como un aroma, desconociendo que en realidad abarca a una serie de propiedades muchas de ellas medicinales, es ahí donde toma mayor relevancia el tema del valor agregado. En general para que se pueda apreciar el valor agregado y la química verde es necesario de un trabajo de marketing planificado fundamentado en el desarrollo sostenible.

Dentro del proceso de extracción de aceites esenciales encontramos que existen partes del proceso que podrían parecer tener un impacto negativo al medio ambiente, sin embargo si son manejadas correctamente e involucradas en otros procesos, no tendría por qué ser un obstáculo para lograr una actividad sostenible. Tenemos por ejemplo el manejo de desechos, uno de los sub-productos de una destilación, son los restos generados a partir de ella. Si se acoplan a un sistema de producción de abonos orgánicos, los desechos pasan a ser parte de un nuevo proceso de generación de productos de alto valor comercial. Lo mismo sucede con el agua utilizada en el proceso, la cual debe ser recirculada y enfriada de manera natural para su

posterior uso, sin un gasto extra de energía. Luego tenemos el impacto social, sabemos que dentro del proceso están involucradas personas cuya actividad será la de proporcionar el material vegetal. El trabajo con estas personas o comunidades, de ser el caso, tendrá un impacto directo en su economía, el trabajo y comercio justo con ellos forma una parte importante dentro del proceso.

La fuente de calor que se utiliza en el proceso es uno de los puntos álgidos para el mismo. La elección del tipo de combustible será por lo tanto la diferencia entre un proceso amigable o con gran impacto ambiental. El manejo de los desechos, el ahorro de energía y el reciclaje de materiales deben de ser congruentes.

Los parámetros óptimos vinculados al volumen de aceite, tiempo de obtención del mismo y rendimiento en la extracción de aceites esenciales de naranja, mandarina y tangelo dependen del tipo de metodología de extracción y de las características de la muestra. Estos parámetros son: la preparación y el tamaño de la partícula de las muestras de los cítricos analizados.

El secado del material se hace con el fin de acumular una mayor cantidad de aceite esencial por peso del material antes del destilado, si el secado se realiza adecuadamente, no tendrían por qué haber pérdidas del mismo, se debe dejar en la estufa a una temperatura de 60 °C por dos días. Se logró determinar que el tamaño de la partícula molida debe estar en un rango de 4.00 a 6.00 milímetros, si se trata de la metodología Clevenger; la molienda se realiza con el fin de tener una mayor superficie expuesta al vapor, a mayor superficie, mayor será la cantidad de aceite esencial a extraer. Sin embargo, hay que tener en cuenta el tamaño de partícula obtenido en la molienda ya que si es muy pequeño, pueden existir pérdidas de aceite esencial en el proceso.

El principal problema de la metodología clásica es que no todo el aceite esencial podría llegar a ser arrastrado hacia el refrigerante, quedando estancado en el recipiente donde está contenida la parte de la muestra que se está utilizando para la extracción, incluso podría ocurrir que ese recipiente se llene con el solvente estropeando la extracción. Sin embargo, su ventaja es que principalmente solo hay que estar atentos en que la cantidad de solvente sea suficiente durante el proceso y que no requiere mucho procesamiento de la muestra. El método Clevenger, tiene la ventaja de lograr una mejor extracción y separación pero, requiere de un mayor procesamiento de la muestra para poder ser sometida a la extracción (desecada y molida), sin embargo si la muestra no presenta el tamaño de partícula adecuado (entre los 4.0

y 6.0 milímetros) la extracción tendrá menor rendimiento ya que habrán partes que generarían espuma, la cual con facilidad puede llegar a mezclarse con el aceite esencial extraído, arruinando procedimiento.

Comparando los tres cítricos analizados se tiene que la naranja al ser tratada con la metodología Clevenger presenta el mayor volumen (alrededor de 3.0 mL), no obstante la mandarina es la que presenta mayor volumen de aceite obtenido mediante la metodología clásica (alrededor de 0.8 mL con cáscara húmeda y 1.0 mL con cáscara semiseca); por su parte el tangelo se encuentra en medio de los otros dos cítricos, si se trata de la metodología Clevenger presenta un volumen mayor al de la mandarina (bordea los 1.50 mL) pero si es a nivel de la metodología clásica presenta un volumen mayor al de la naranja (bordeando 0.60 mL con cáscara húmeda y 0.80 mL con cáscara semiseca), con ello se evidencia que dependiendo del tipo de cítrico, presentación de la muestra y el método de extracción se obtendrá volúmenes distintos, aunque el tangelo siempre está intermedio respecto a la naranja y mandarina.

Tomando como base el tiempo de obtención de destilado, el método Clevenger es superior al método clásico, y si analizamos en relación al tipo de cítrico, la naranja tiene ligeramente superioridad (alrededor de 26.00 min) respecto al tangelo (bordeando los 28.00 min), y éste a su vez es ligeramente superior a la mandarina (alrededor de 28.42 min). Sin embargo, el tiempo de obtención de la naranja es mucho mayor cuando se somete a la metodología clásica a partir de la cáscara húmeda (alrededor de 40.00 min) y cuando es procesada como cáscara semiseca se encuentra en una posición intermedia (alrededor de 34.00 min) respecto a los otros dos cítricos, influye nuevamente el tipo de método de extracción y la presentación de la muestra.

Analizando el rendimiento, el método Clévenger es superior que la metodología clásica, en el caso de la naranja el rendimiento es 6.08% y 0.24% cuando se trata de cáscara húmeda, para la mandarina 0.41% con método clásico y cáscara húmeda, 0.56% con método clásico y cáscara semiseca y 1.31% con método Clevenger, para el tangelo 0.31% con método clásico y cáscara húmeda, 0.38% con método clásico y cáscara semiseca y 3.11% con método Clevenger.

Los resultados obtenidos de la caracterización de los aceites esenciales muestran que los aceites presentan valores de densidad y de índice de refracción muy similares, la mandarina presenta la mayor la densidad (1.4740 g/mL) y el mayor índice de refracción

(1.4765), seguido por aceite esencial de tangelo (1.4724 g/mL y 1.4744) y al finalmente el aceite esencial de naranja (1.4718 g/mL y 1.4738). Estos valores no están lejanos a los mostrados en la literatura (naranja: 1.4717 g/mL y 1.4737; mandarina: 1.4741 g/mL y 1.4764; tangelo: 1.4725 y 1.4745).

Los costos totales vinculados a las pruebas hechas a escala de laboratorio demuestran que la cáscara de mandarina semiseca al ser sometida por la metodología clásica es la que presenta mayor costo (S/.268.77), y su opuesto es la naranja sometida a la metodología Clevenger (S/. 191.78). Asimismo, la mandarina en cada una de las metodologías es la que presenta mayor costo, esto radica en el precio de la materia prima y el porcentaje de humedad que presenta. Si se lleva a una escala de planta piloto y luego de la estimación de los costos se calculó que la rentabilidad esperada por parte de los inversionistas es de 30% la cual es aprobatoria, teniendo como resultado un VAN positivo, haciendo que el proyecto sea viable. Asimismo, el periodo de recuperación se dará en 9 meses, con lo cual resulta rentable ya que es un periodo corto y teniendo en consideración que la rentabilidad esperada es de 30%.

6.2 Recomendaciones

Existe una gran oportunidad en la demanda de aceites esenciales en la industria de papelería, farmacéutica, plásticos, y otro tipo de industrias diferentes a las de alimentos o bebidas, pero se requiere hacer una exploración más específica.

Continuar la investigación ampliando el alcance de la extracción de aceites esenciales de naranja, mandarina, tangelo y demás cítricos, complementándola el proceso de fraccionamiento a escala piloto de los diversos componentes presentes en los aceites esenciales.

Promover el empleo de las cáscaras de naranja, mandarina y tangelo para de esta manera generar valor agregado a este material calificado como desecho, no solo para la obtención de aceite esencial, sino también para la obtención de pectinas o como materia prima en la fabricación de productos para la lombricultura.

Fuentes de Información

- **Referencias bibliográficas**

- Albaladejo Meroño, Q. (1999). *El aceite esencial de limón producido en España. Contribución a su evaluación por organismos internacionales*. (Tesis doctoral, Universidad de Murcia, Murcia, España) Recuperada de <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11059/Albaladejo.pdf;jsessionid=E2F5AB8F5CD4DB4B61E57BE536B18355.tdx2?sequence=1>
- Albarracín Montoya, G. & Gallo Palma, S (2003). *Comparación de dos métodos de extracción de aceite esencial utilizando piper aduncum (cordoncillo) procedente de la zona cafetera*. (Tesis, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia) Recuperada de <http://www.bdigital.unal.edu.co/989/1/gloriacristinaalbarracinmontoya.2003.pdf>
- Barreda, M. (2008). *Ficha de producto de El Salvador hacia el mercado de la Unión Europea: Aceites esenciales*. Recuperado de <http://www.minec.gob.sv/cajadeherramientasue/images/stories/fichas/el-salvador/sv-aceites-esenciales.pdf>
- Brack Egg, A. (2012). *Diccionario de frutas y frutos del Perú*. Lima: Universidad San Martín de Porres.
- Céron Salazar, I. & Cardona Alzate, C. (2011). Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de cáscara de naranja. *Ingeniería y Ciencia*, 7 (13): 65 – 86. Recuperado de <http://www.sci.unal.edu.co/pdf/ince/v7n13/v7n13a04.pdf>
- Ciani, G., Chancalay, G., Girotti, A., Glusman, A. & Pacheco, L. (2002). Extracción de aceite con fluido supercrítico. *Invenio*, 5 (9): 125 – 130. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87750911>
- Cótez, A. J. (1970). *Extracción de aceites esenciales de la naranja, variedad Valencia*. (Tesis). Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Charlin, M. & Rubio, M. (2011). *Factibilidad técnica económica para la producción y comercialización de aceites esenciales extraídos con CO2 en estado supercrítico en*

chile. (Tesis, Universidad Mayor, Santiago de Chile, Chile) Recuperada de http://www.docstoc.com/docs/document-preview.aspx?doc_id=103234194

De los Ángeles Márquez, L. (2003). *Extracción del aceite esencial de mandarina (citrus reticulata) utilizando dióxido de carbono en condición supercrítica como solvente*. (Tesis, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela) Recuperada de <http://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/123456789/514/1/EXTRACCI%C3%93N%20DEL%20ACEITE%20ESENCIAL%20DE%20MANDARINA%20TESIS%202.pdf>

Domínguez, L. & Parzanese, M. (2011). Fluidos supercríticos. *Tecnologías para la Industria Alimentaria*, 1(1): 1-12. Recuperado de http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/ficha_01_fluidos.pdf

Durango, D., García, C., Gil, J & Navarrete, C. (2010). Extracción y caracterización del aceite esencial de mandarina obtenido de residuos agroindustriales. *Dyna*, 77 (162): 85 – 92. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/5370/1/carolinanavarrete.2010.pdf>

En Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) se puede acceder al buscador de normas técnicas peruanas. (<http://www.indecopi.gob.pe/>)

En Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior (SIICEX) se puede acceder a normas, políticas y demás información actualizada y clasificada relacionada con el comercio nacional e internacional. (<http://www.siicex.gob.pe/>)

En TradeMap se puede acceder a estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, datos comerciales mensuales, trimestrales y anuales, valores de importación y exportación, volúmenes, tasas de crecimiento, cuotas de mercado, etc. (www.trademap.org)

Escobar Blanco, M. (2010). *Extracción de compuestos fenólicos de las cáscaras de cítricos producidos en México*. (Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México) Recuperada de <http://tesis.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/9612/1/34.pdf>

- Frete, F. & Martínez, M. (2011). *Aceites esenciales: análisis de la cadena de valor*. Recuperado de http://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/aceites_esenciales.pdf
- Giacomo, A. & Di. Retamar J.A. (1982). *Aceites esenciales de especies vegetales, diversidad de sus productos químicos*. Santa Fe de la Vera Cruz: IPNAYS.
- Gil Bravo, N. (2012). *Aporte del biocomercio a la conservación de la biodiversidad*. (Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú) Recuperada de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4466/GIL_BRAVO_NATHALIE_APORTE_BIOCOMERCIO.pdf?sequence=1
- Gómez Rivera, G. (2011). *El cultivo de la mandarina (citrus reticulata) en el Municipio de Martínez de la Torre Veracruz*. (Tesis, Universidad de Veracruz, Veracruz, México) Recuperada de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/31408/1/guillermogomezsriviera.pdf>
- Günther, E. (1948). *The Essential Oils: History and origin in Plants Production Analysis* (Vol. 1).New York: Krieger Publishing.
- Hernández Fernández, F. (2008). *Desarrollo de nuevos procesos biotecnológicos basados en el uso de líquidos iónicos, fluidos supercríticos y tecnología de membranas*. (Tesis doctoral, Universidad de Murcia, Murcia, España) Recuperada de <http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/10936/HernandezFernandez.pdf?sequence=1>
- King, J. W. (2002). Supercritical fluid extraction: present status and prospects. *Grasas y Aceites*, 53 (1): 8 – 21. Recuperado de <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/286/288>
- Lavabre, M. (1995). *Aromaterapia libro práctico*. México D.F.: Lasser Press Mexicana.
- Luna Berbesí, H. (2007). *Obtención, caracterización y estudio de la desterpenación del aceite esencial de naranja (Citrus sinensis)*. (Tesis, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia) Recuperada de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6264/2/122629.pdf>

Martínez, A. (2003). *Aceites esenciales*. Recuperado de <http://farmacia.udea.edu.co/~ff/esenciasp.pdf>

Mazariegos Monterroso, J. (2008). *Identificación y cuantificación de los componentes principales del aceite esencial del flavedo (cáscara) de Citrus reshni (mandarina cleopatra), Citrus reticulata (mandarina común) y Citrus reticulata Blanco o Citrus tangerina (mandarina dancy) por medio de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas*. (Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala, Nueva Guatemala de la Asunción, Guatemala) Recuperada de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2612.pdf

Naciones Unidas. (2007). *Principios y criterios sobre el Biocomercio*. Nueva York: Autor. Recuperado de <http://perubiodiverso.pe/assets/Principios-y-Criterios.pdf>

Orduz, J., Monroy, J., Barrera, S., Núñez, V & Ligarreto, G. (2012). Caracterización morfo-agronómica y molecular de mandarina Arrayana en el piedemonte del Meta (Colombia). *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13 (1): 5 – 12. Recuperado de <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Revista/RevistaCientificaCorpoica-Capitulo01.pdf>

Piedrasanta Batz, R. (2007). *Comparación química y de rendimiento del aceite esencial de hoja y raíz de valeriana (prionophylla standl) de dos diferentes localidades de Guatemala*. (Tesis de maestría, Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala) Recuperada de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4466/GIL_BRAVO_NATHALIE_APORTE_BIOCOMERCIO.pdf?sequence=1

Reátegui Díaz, L. (2005). *Hidroextracción y fraccionamiento del aceite esencial de cáscara de naranja*. (Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú) Recuperada de http://www.cybertesis.edu.pe/sdx/sisbib/envoi?dest=file:/D:/cybertesis/tesis/productio n/sisbib/2005/reategui_dl/xml/./pdf/reategui_dl.pdf&type=application/pdf

- Rios, H. (setiembre, 2011). Limoneno (D-Limonene). Recuperado el 12 de mayo de <http://elasombrososistemaarmonizado.blogspot.com/2011/09/limoneno-d-limonene.html>
- Rodríguez Buenfil, I. (s.f.). *Tecnologías para productos agropecuarios de mayor valor agregado*. Recuperado de http://www.aserca.gob.mx/artman/uploads/4_i_tecnolog_as_para_productos_agropecuarios.pdf
- Rodríguez, M. Alcaráz, L. & Real, S. (2012). *Procedimiento para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas*. Recuperado de <http://intranet.cibnor.mx/personal/bmurillo/docs/manual-aceites-esenciales.pdf>
- Ruiz Garay, G. & Saavedra Rotta, J. (2007). *Determinación de los parámetros óptimos de funcionamiento para un equipo de extracción sólido-líquido en la extracción de aceite esencial de naranja usando un sistema cáscara de naranja-alcohol etílico*. (Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú) Recuperada de http://www.cybertesis.edu.pe/sdx/sisbib/notice.xsp?id=sisbib.2007.ruiz_gg-principal&base=documents&qid=pcd-q&id_doc=sisbib.2007.ruiz_gg&dn=1
- Ruiz Sala, P. (1996). *Aplicación del dióxido de carbono supercrítico al procesado de alimentos: nata, subproductos del refinado de aceites vegetales y zumo de naranja*. (Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España) Recuperada de <http://pendientedemigracion.ucm.es/BUCM/tesis/19911996/D/1/AD1013201.pdf>
- Silva Chandía, S. (2012). *Optimización del proceso de extracción supercrítica de los polifenoles de la vaina de tara (Caesalpinia spinosa)*. (Tesis, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile) Recuperada de http://tesis.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111202/silva_sp.pdf?sequence=1
- Tapia Chugá, M. (2005). *Proyecto de prefactibilidad para la producción y exportación de aceites esenciales al mercado español, periodo 2005-2014*. (Tesis, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador) Recuperada de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/7040/1/27096_1.pdf
- Tornero, A. (Junio, 2012). *Aplicaciones de la tecnología de fluidos supercríticos (FSC) a la industria de productos naturales*. Recuperado de

http://ippn.org.pe/pdf/APLICACION_DE_LA_TECNOLOGIA_DE_FLUIDOS_SUPERCRITICOS.pdf

Velasco, R., Villada, H. & Carrera, J. (2007). Aplicaciones de los fluidos supercríticos en la agroindustria. *Revista Información Tecnológica*, 18 (1): 53 – 66. Recuperado de <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v18n1/art09.pdf>

Anexo 01: Matriz de consistencia

Tema: Estudio comparativo y evaluación de rendimiento de dos metodologías de extracción de aceites esenciales de naranja, mandarina y tangelo

Problema General	Objetivo General	Propuesta de mejora	Variables de estudio	Instrumento de medida	Fuente (unidades de análisis)
¿Cuáles son los parámetros adecuados para obtener aceite esencial de la cascara de naranja, mandarina y tangelo empleando las técnicas de arrastre a vapor: clásico y Clevenger?	Determinar los parámetros adecuados para la extracción de aceites esenciales, a partir de la cascara de naranja, mandarina y tangelo, mediante la técnica de arrastre a vapor clásica y el método Clevenger, siendo éstas tecnologías amigables con el medio ambiente.	Extracción y caracterización de los aceites esenciales de naranja, mandarina y tangelo obtenidos arrastre de vapor bajo las metodologías clásicas y Clevenger, evaluando los rendimientos en volumen de extracción, consumo de energía, tiempo y calidad del aceite, con el propósito de lograr un máximo aprovechamiento industrial de esta materia prima.	Cantidad de aceite obtenido. Rendimientos. Tiempo de extracción. Características organolépticas (olor, color, apariencia)	Registros de laboratorio. Guías de observación en laboratorio. Guía de entrevista a experto.	Muestras obtenidas en laboratorio (aceites esenciales). Experto. Cáscaras de naranja (húmeda, semiseca, pulverizada).

			Determinaciones Físicas (densidad, poder rotatorio, índice de refracción). Índice de acidez.		Cáscaras de mandarina (húmeda, semiseca, pulverizada). Cáscaras de tangelo (húmeda, semiseca, pulverizada).
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables de estudio	Instrumento de medida	Fuente (unidades de análisis)
¿Cuál es la situación actual del sector agroindustrial a nivel nacional y mundial en lo concerniente a la obtención de aceites esenciales cítricos?	Realizar un diagnóstico de la situación actual de la extracción de aceite esencial cítrico en el sector agroindustrial nacional y mundial.	Existe un mercado potencial para la exportación de aceites esenciales, y dicho mercado presentará un crecimiento constante.	Descripción de la problemática. Niveles de producción Niveles de exportación.	Guía de entrevista. Cuestionario.	Reportes estadísticos. Revistas especializadas. Expertos en canales de comercialización.

			<p>Niveles de importación.</p> <p>Variables económicas, sociales y productivas.</p>		<p>Gerentes de empresas exportadoras de aceite esencial.</p> <p>Gerentes de empresas productoras de aceite esencial.</p>
<p>¿Cuál es el aporte fundamental del empleo de estos dos métodos de extracción de aceites esenciales de cascara de naranja y mandarina?</p>	<p>Determinar el aporte fundamental del empleo de la técnica de arrastre a vapor clásica y el método Clevenger para la obtención de aceites esenciales de naranja.</p>	<p>El aporte fundamental del empleo de estas dos técnicas radica en que no emplean solventes orgánicos para la extracción, siendo las técnicas en cuestión amigables con el ambiente.</p>	<p>Costos.</p> <p>Tiempo.</p> <p>Ahorro de energía.</p> <p>Facilidad y replicabilidad del proceso.</p> <p>Rendimiento</p>	<p>Guías de laboratorio.</p> <p>Guía de entrevista a experto.</p> <p>Cuestionario.</p>	<p>Reporte de caracterización del aceite esencial de naranja</p> <p>Experto</p>

	<p>Determinar el aporte fundamental del empleo de la técnica de arrastre a vapor clásica y el método Clevenger para la obtención de aceites esenciales de mandarina.</p>	<p>El aporte fundamental del empleo de estas dos técnicas radica en que no emplean solventes orgánicos para la extracción, siendo las técnicas en cuestión amigables con el ambiente.</p>	<p>Costos. Tiempo. Ahorro de energía. Facilidad y replicabilidad del proceso productivo. Rendimiento</p>	<p>Guías de laboratorio. Guía de entrevista a experto. Cuestionario</p>	<p>Reporte de caracterización del aceite esencial de mandarina Experto</p>
	<p>Determinar el aporte fundamental del empleo de la técnica de arrastre a vapor clásica y el método Clevenger para</p>	<p>El aporte fundamental del empleo de estas dos técnicas radica en que no emplean solventes orgánicos para la extracción, siendo las técnicas en cuestión amigables con el ambiente.</p>	<p>Costos. Tiempo. Ahorro de energía.</p>	<p>Guías de laboratorio.</p>	<p>Reporte de caracterización del aceite esencial de tangelo</p>

	la obtención de aceites esenciales de tangelo.		Facilidad y replicabilidad del proceso productivo. Rendimiento	Guía de entrevista a experto. Cuestionario	Experto
¿Cuáles son las ventajas del empleo del método Clevenger frente al método clásico?	Determinar las ventajas de la extracción de aceite esencial por el método Clevenger frente al arrastre a vapor clásico. Caracterizar los aceites esenciales obtenidos a partir de los dos métodos de extracción.	El método Clevenger, presentará mayor rendimiento y menor costo, en comparación con el método clásico	Costos. Tiempo. Ahorro de energía. Facilidad y replicabilidad del proceso productivo. Rendimiento	Matriz de comparación de resultados de pruebas de laboratorio. Guía de entrevista a experto.	Reporte de la caracterización de los aceites esenciales. Opinión de expertos. Estándares o caracterización según el tipo de método de extracción.

Anexo 02: Norma técnica peruana: productos elaborados a partir de frutas y otros vegetales. Determinación de aceites esenciales

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 203.075
1 de 3

PRODUCTOS ELABORADOS A PARTIR DE FRUTAS Y OTROS VEGETALES. Determinación de aceites esenciales

1. OBJETO

1.1 La presente Norma Técnica Peruana establece el método para determinar el contenido de aceites esenciales en los productos elaborados a partir de frutas y otros vegetales.

2. APARATOS NECESARIOS

2.1 Transformadora de aceite, con su condensador a reflujo, Véase Figura 1.

2.2 Matraz de fondo redondo, de 2 000 cm³ de capacidad, con una conexión 20/40 .

2.3 Probeta, de 1 000 cm³ .

2.4 Estufa u hornillo eléctrico.

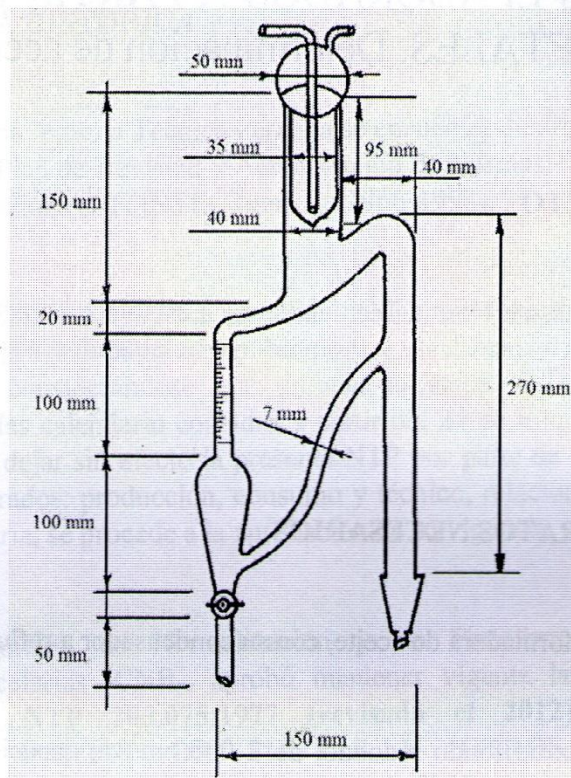


FIGURA 1

3. PROCEDIMIENTO OPERATORIO

3.1 Se colocan 1 000 cm³ de muestra en el matraz y se agrega perlas de vidrio para facilitar la ebullición.

3.2 Se llena con agua destilada de trampa separadora de aceite, se conecta con el matraz y el condensador y se hierve cuidadosamente el contenido del matraz durante 1 hora.

3.3 Se retira la fuente de calor y se deja en reposo durante varios minutos.

3.4 Se abre la llave de la trampa y se elimina de ella suficiente cantidad de agua para permitir que la capa de aceite llegue a la parte graduada de la trampa.

3.5 Se deja en reposo durante 5 minutos, para que el aceite baje completamente y se mide la cantidad de aceite desde el fondo del menisco inferior hasta el fondo del menisco inferior hasta el fondo del menisco superior.

4. OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 El contenido de aceite esencial se expresa en centímetros cúbicos por 1 000 cm³ de producto, y se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$A = \frac{1000 V_1}{V}$$

En donde:

A = Contenido de aceite esencial en el producto, en cm³/1 000 cm³.

V₁ = Volumen de aceite esencial leído en la porción graduada de la trampa, en centímetros cúbicos.

V = Volumen de la muestra empleada en la determinación, en centímetros cúbicos.

5. ANTECEDENTES

5.1 Anteproyecto de Norma COPANT 7:3-063.

Anexo 03: Norma técnica peruana: aceites esenciales. Aceite esencial de naranja dulce, exprimida

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 319.095
1 de 5

ACEITES ESENCIALES. Aceite esencial de naranja dulce, exprimida

NORMAS A CONSULTAR

NTP 319.075	ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de refracción
NTP 319.076	ACEITES ESENCIALES. Determinación del poder rotatorio específico y de la desviación polarimétrica
NTP 319.077	ACEITES ESENCIALES. Preparación de la muestra para análisis
NTP 319.078	ACEITES ESENCIALES. Determinación de los constituyentes carbonilados
NTP 319.079	ACEITES ESENCIALES. Extracción de muestras
NTP 319.080	ACEITES ESENCIALES. Envases
NTP 319.081	ACEITES ESENCIALES. Determinación de la densidad y de la densidad relativa
NTP 319.083	ACEITES ESENCIALES. Rotulado
NTP 319.089	ACEITES ESENCIALES. Determinación del residuo por evaporación

1. OBJETO

1.1 La presente Norma Técnica Peruana establece los requisitos que debe cumplir el aceite esencial de naranja dulce, exprimida.

2. DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN

2.1 **aceite esencial de naranja dulce exprimida:** Es el aceite esencial aromático y sávido obtenido por la expresión en frío de la cáscara de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L.).

3. REQUISITOS

3.1 Características organolépticas

3.1.1 **Aspecto:** Líquido límpido que puede enturbiarse por enfriamiento.

3.1.2 **Color:** De amarillo a anaranjado.

3.1.3 **Olor:** Característico de la cáscara de naranja.

3.2 Características físicas

3.2.1 Densidad relativa a 20 °C/20 °C

Mínimo	0,842
Máximo	0,850

3.2.2 Índice de refracción a 20 °C

Mínimo	1,470
Máximo	1,476

3.2.3 Desviación polarimétrica a 20 °C en tubo de 1 dm

Límites comprendidos entre + 94 ° y + 99 ° .

3.3 Características químicas**3.3.1 Residuos de evaporación**

Mínimo	1,0 %
Máximo	5,0 %

3.3.2 Tenor en constituyentes carbonilados expresados en decanal

Mínimo	0,9 %
Máximo	5,0 %

3.3.3 No deberá ser coloreado artificialmente.

3.4 Conservación: Deberá conservarse al abrigo del aire, de la luz y a temperatura inferior a 20 °C .

4. EXTRACCIÓN DE MUESTRAS Y RECEPCIÓN

4.1 El muestreo se efectuará de acuerdo a la NTP 319.079.

4.2 El volumen mínimo de 50 ml de la muestra a ensayar, permite efectuar por lo menos una vez, cada uno de los ensayos necesarios.

5. MÉTODOS DE ENSAYO

5.1 Los ensayos se efectúan de acuerdo a las Normas Técnicas correspondientes.

6. ENVASE Y ROTULADO

6.1 Envases

6.1.1 Deberán cumplir con lo establecido en la NTP 319.080.

6.2 Rotulado

6.2.1 Deberán cumplir con la NTP 319.083.

6.2.2 Deberá indicarse:

6.2.2.1 “Aceite Esencial de naranja dulce exprimida”.

- 6.2.2.2 Marca.
- 6.2.2.3 Peso bruto, tara y peso neto, en unidades del sistema métrico decimal.
- 6.2.2.4 Cualquier otro dato exigido por Ley o Reglamento.

Anexo 04: Ficha comercial de la naranja

Naranja

NOMBRE COMERCIAL Naranja

NOMBRE CIENTÍFICO Citrus sinensis.



Partida	Descripción
0805100000	NARANJAS, FRESCAS O SECAS

PRESENTACIÓN Fresco

ESPECIES Y VARIEDADES Grupo Navel: Lane late, washington navel, cara cara, fukumoto, navelate, navelina, newhall, powell.
Grupo Blancas: Valencia, cadenera.
Delta.
Midnight.

ZONAS DE PRODUCCIÓN La Libertad, Huánuco, Ucayali, Junín e Ica.

USOS Y APLICACIONES Destaca su escaso valor energético, gracias a su elevado contenido en agua y su riqueza de vitamina C, ácido fólico y minerales como el potasio, el magnesio y calcio. Este último apenas se absorbe por el organismo.
Contiene cantidades apreciables de beta-caroteno, responsable de su color típico y conocido por sus propiedades antioxidantes; además de los ácidos málico, oxálico, tartárico y cítrico. Este último potencia la acción de la vitamina C.
La cantidad de fibra es apreciable y ésta se encuentra sobre todo en la parte blanca entre la pulpa y la corteza por lo que su consumo favorece el tránsito intestinal.

PRINCIPALES MERCADOS

Mercado	%Var 11-10	%Part. 11	FOB-11
Países Bajos	-25%	28%	1,426.73
Reino Unido	73%	26%	1,327.49
Portugal	413%	8%	418.73
Estados Unidos	-55%	7%	342.99
Colombia	77%	7%	336.48
Suecia	--	5%	228.48
Costa Rica	183%	4%	208.85
Ecuador	13%	4%	177.82
Otros Países(8)	---	8%	420.67
Martinica	813%	3%	176.61

VENTANA COMERCIAL

Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
.



Anexo 05: Ficha comercial de la mandarina

Partida	Descripción
0805201000	MANDARINAS (INCLUIDAS LAS TANGERINAS Y SATSUMAS) FRESCAS O SECAS

DESCRIPCIÓN	<p>La mandarina es el fruto del árbol mandarino, frutal perenne, perteneciente a la familia de las rutáceas. Su cultivo es propicio en los países de clima cálido o templado (temperaturas entre 12° y 20° C y 80% de humedad) y su producción se obtiene a partir del cuarto año después del trasplante.</p> <p>La mandarina es una fruta que presenta una piel de color amarillo vivo o anaranjado, que es delgada, rugosa y fácilmente despegable de la pulpa. La pulpa está dividida en 10 ó 12 gajos y tiene un sabor dulce agradable, además de ser muy aromática.</p>
PRESENTACIÓN	Fresco.
ESPECIES Y VARIEDADES	<p>Grupo clementinas (citrus reticulata): Arrufalina, clemenpons, clemenules, clementina, dancy, esbal, fernandina, fina, lorelina, marisol, monreal, nusetina, oronules, oroval.</p> <p>Grupo satsumas (citrus unshiu): Clausellina, okitsu, owari, satsuma.</p> <p>Grupo híbridos: Clememilla, elendale, fortune, kara, nova, ortanique, ortánica, temple.</p>
ZONAS DE PRODUCCIÓN	Lima e Ica.
ORIGEN	Asia Oriental (China e Indochina).
USOS Y APLICACIONES	<p>La pulpa contiene vitamina C, vitamina B, ácido cítrico, azúcar reductora y caroteno. Tiene propiedades broncodilatadoras y antiinflamatorias.</p> <p>Adecuada en el tratamiento de úlceras, ayuda el intestino y la digestión.</p> <p>Ejerce una clara acción antiinfecciosa.</p> <p>Combate el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, degenerativas y cáncer.</p> <p>Tiene efecto diurético, beneficioso en caso de hiperuricemia o gota.</p>



AGRO



Sistema Integrado de Información
de Comercio Exterior

PRINCIPALES MERCADOS

Mercado	%Var 11-10	%Part. 11	FOB-11
Reino Unido	3%	31%	12,567.21
Canadá	29%	19%	7,824.37
Países Bajos	58%	18%	7,398.72
Estados Unidos	-6%	17%	6,988.01
Irlanda	54%	5%	1,839.78
Federación Rusa	-21%	2%	939.18
Suecia	50%	2%	744.56
Costa Rica	105%	1%	466.70
Italia	-16%	1%	413.99
Otros Países(22)	---	3%	1,214.94

VENTANA COMERCIAL

Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*



Sistema Integrado de Información
de Comercio Exterior

Anexo 06: Ficha comercial del tangelo



Tangelo

NOMBRE COMERCIAL Tangelo

NOMBRE CIENTÍFICO Citrus reticulata x citrus paradisi.



Partida	Descripción
080202009	TANGELO (CITRUS RETICULATA X CITRUS PARADISI)

DESCRIPCIÓN El tangelo es una especie de cítrico. Puede ser un híbrido entre mandarina y pampelmusa o mandarina y pomelo. Los frutos pueden ser del tamaño del puño de una persona adulta y tienen un sabor parecido a la mandarina, pero más jugoso, hasta el punto de no tener demasiada pulpa pero sí producir un excelente zumo. Los tangelos tienen generalmente la piel libre y son más fáciles de pelar que las naranjas.

PRESENTACIÓN Fresco.

ESPECIES Y VARIETADES Minneola (P. Duncan x M. Dancy).

ZONAS DE PRODUCCIÓN Lima e Ica.

PRINCIPALES MERCADOS

Mercado	%Var 11-10	%Part. 11	FCB-11
Países Bajos	18%	37%	7,270.75
Estados Unidos	11%	27%	5,356.29
Reino Unido	78%	15%	2,972.68
Suecia	58%	3%	679.80
Irlanda	33%	3%	609.76
Finlandia	33%	3%	620.74
Colombia	158%	3%	542.90
Canadá	-15%	2%	325.72
Federación Rusa	35%	2%	306.38
Otros Países(14)	---	5%	939.04

VENTANA COMERCIAL

Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
.



Sistema Integrado de Información
de Comercio Exterior

Anexo 07: Proforma de caracterización de aceites esenciales



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

Jr. Almirante Guise 2580 Lima - Lima, Perú - email: satperu@satperu.com

Teléfono: 2069280 web: www.satperu.com

Página 1 de 1

Servicio: SERV-04009-2014

PROFORMA DE SERVICIOS N° PRO-04009-2014-01

Ciente : **Horna Saldaña Cesar Jhonnatan Paseli** F. Emisión : 2014/05/02
 Dirección : **Jr. San Martín N° 681 (Dentro de Bazar Brenda) Huaraz - Huaraz - Ancash**
 RUC : **10445444052**
 Contacto : **Cesar Jhonnatan Paseli Horna Saldaña** Teléfono : **941494256** E-mail : **jhonachs@gmail.com**
 Doc. Final : **División Técnica - Informe de Ensayo**
 Referencia : **Correo Electrónico** Doc. Solicitado Para : **Control de Calidad**

SERVICIOS SOLICITADOS

ANÁLISIS	MÉTODO	VÍAS	N°MUESTRA	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL S/.
Aceites esencial de naranja, Aceites esencial de mandarina, Aceites esencial de tangelo			3	112.50	337.50
Cant. Requerida : 450.00 ml		Presentación Sugerida : Envase sellado			
Observaciones : 150 ml/muestra					
Muestra Dirimente : Solo en el caso que requiera dejar muestra dirimente entregar 450.00 ml en custodia de SAT.					
Densidad relativa	AOAC 920.212 (2005)	1			
Índice de refracción	NTP 209.121 (1979)	1			
PRECIO NETO S/.					337.50
DESCT. 0.00 %					0.00
I.G.V 18% S/.					60.75
PRECIO TOTAL S/.					398.25

NOTAS

- Cancelar el 50% al momento de la aceptación de la proforma y el saldo a la entrega del Informe y/o Certificado. Devolver la proforma firmada si es aceptada a la central telefónica N° 206-9280
- No se entregara informe de ensayo con el logo de acreditado, ya que los métodos de ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación por INDECOPI-SNA.

CONDICIONES DE VENTA

Días de Entrega : 3 días de ingresada la muestra al laboratorio y/o culminada la Inspección
 Condición de Pago : 50-50%
 Validez de la Proforma : 30 días

 Cesar Jhonnatan Paseli Horna
 Solicitante

 Eliana Vega Portocarrero

CUENTAS CORRIENTES

Banco	Dólares	Soles
Banco Continental	011-186-0100003298-45	011-186-0100002828-40
Banco de Crédito	193-1142268-1-69	193-1720267-0-33
Banco de la Nación	(Deducción 12%)	00-000-602825
Banco Scotiabank		5969492

Anexo 08: Informe de caracterización de aceite esencial de naranja



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.
 Jr. Almirante Guisse 2580 Lince - Lima, Perú - email: satperu@satperu.com
 Telefax: 2069280 web: www.satperu.com

Página 1 de 1

Servicio: SERV-04009-2014

INFORME DE ENSAYO N° INF-04009-2014-01

Cliente : **Horna Saldaña Cesar Jhonnatan Paseli** F. Emisión : 08/11/2014
 Dirección : Jr. San Martín N° 681 (Dentro de Bazar Brenda) Huaraz - Huaraz - Ancash
 RUC : 10445444052
 Contacto : Cesar Jhonnatan Paseli Horna Saldaña Teléfono : 941494256 E-mail : jhonachs@gmail.com
 Doc. Final : División Técnica - Informe de Ensayo
 Doc. Solicitado Para : Control de Calidad

Muestra recibida: 10 mL aceite

Resultados del análisis:

Propiedades	Aceite Esencial de Naranja
Apariencia	liquido oleoso limpido, olor citrico característico
Color	Ligeramente amarillo lechoso
Densidad (g/mL)	1.4718
Índice de refracción	1.4738
Solubilidad en agua	No
Solubilidad en alcohol	Si
Solubilidad en cloroforno	Si
Solubilidad en éter etílico	Si

Anexo 09: Informe de caracterización de aceite esencial de mandarina



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.
 Jr. Almirante Guisse 2580 Lince - Lima, Perú - email: satperu@satperu.com
 Telefax: 2069280 web: www.satperu.com

Página 1 de 1

Servicio: SERV-04009-2014

INFORME DE ENSAYO N° INF-04009-2014-02

Cliente : **Horna Saldaña Cesar Jhonnatan Paseli** F. Emisión : 2014.04.22
 Dirección : Jr. San Martín N° 681 (Dentro de Bazar Brenda) Huaraz - Huaraz - Ancash
 RUC : 10445444052
 Contacto : Cesar Jhonnatan Paseli Horna Saldaña Teléfono : 941494256 E-mail : jhonachs@gmail.com
 Doc. Final : División Técnica - Informe de Ensayo
 Doc. Solicitado Para : Control de Calidad

Muestra recibida: 10 mL aceite

Resultados del análisis:

Propiedades	Aceite Esencial de Mandarina
Apariencia	líquido oleoso limpio, olor cítrico característico
Color	Ligeramente lechoso
Densidad (g/mL)	1.4740
Índice de refracción	1.4765
Solubilidad en agua	No
Solubilidad en alcohol	Sí
Solubilidad en cloroformo	Sí
Solubilidad en éter etílico	Sí

Anexo 10: Informe de caracterización de aceite esencial de tangelo



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.
 Jr. Almirante Guisse 2580 Lince - Lima, Perú - email: satperu@satperu.com
 Telefax: 2069280 web: www.satperu.com

Página 1 de 1

Servicio: SBRV-04009-2014

INFORME DE ENSAYO N° INF-04009-2014-03


Cliente : **Horna Saldaña Cesar Jhonnatan Paseli** F. Emisión : 08/11/2014
 Dirección : Jr. San Martín N° 681 (Dentro de Bazar Brenda) Huaraz - Huaraz - Ancash
 RUC : 10445444052
 Contacto : Cesar Jhonnatan Paseli Horna Saldaña Teléfono : 941494256 Email : jhonachs@gmail.com
 Doc. Final : División Técnica - Informe de Ensayo
 Doc. Solicitado Para : Control de Calidad

Muestra recibida: 10 mL aceite

Resultados del análisis:

Propiedades	Aceite Esencial de Tangelo
Apariencia	líquido oleoso limpio, olor cítrico característico
Color	Ligeramente amarillo lechoso
Densidad (g/mL)	1.4724
Índice de refracción	1.4744
Solubilidad en agua	No
Solubilidad en alcohol	Sí
Solubilidad en cloroformo	Sí
Solubilidad en éter etílico	Sí

Anexo 11: Norma técnica peruana empleada para prueba de densidad relativa

PERU NORMA TECNICA NACIONAL	<u>ACEITES ESENCIALES</u> Determinación de la Densidad y de la Densidad Relativa	ITINTEC 319.081 Diciembre, 1974
		
<u>NORMAS A CONSULTAR</u>		
ITINTEC	319.077	Aceites Esenciales. Preparación de la Muestra para Análisis
ITINTEC	319.079	Aceites Esenciales. Extracción de Muestras
1.- <u>OBJETO</u>		
1.1 La presente Norma establece el método para determinar la densidad y la densidad relativa de los aceites esenciales, líquidos a la temperatura de 20°C.		
2.- <u>DEFINICIONES Y CLASIFICACION</u>		
2.1 <u>Densidad a 20°C de un aceite esencial.</u> - Es la relación entre el peso (masa) de un volumen dado de aceite esencial y su volumen, determinados a 20°C.		
2.1.1 Esta cantidad se expresa en gramos por mililitro y su símbolo es P_{20} .		
2.2 <u>Densidad relativa a 20°C ó a 4°C de un aceite esencial.</u> - Es la relación entre la densidad del aceite a 20°C y la del agua destilada a 20°C ó a 4°C.		
2.2.1 Esta cantidad no tiene dimensión y su símbolo es d_{20}^{20} ó d_{4}^{20} .		
2.2.2 Todas las pesadas se hacen en aire.		
20 DIC. 1975		
3.- <u>METODOS DE ENSAYO</u>		
3.1 <u>Principio del método</u>		
3.1.1 Esta Norma requiere de valores con una precisión de tres cifras decimales: Se usa un picnómetro para pesar volúmenes iguales del líquido en ensayo, con el objeto de obviar el uso de grandes cantidades de éste.		
3.2 <u>Aparatos</u>		
3.2.1 Balanza analítica, con una precisión de 0,5 mg		
3 páginas		

- 2 -

- 3.2.2 Baño de agua, mantenido a $20^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$
- 3.2.3 Embudos y sifones para picnómetros
- 3.2.4 Picnómetro de 50 ml, 25 ml ó 10 ml de capacidad, de acuerdo al volumen de aceite esencial disponible.
- 3.2.5 Termómetro normalizado, dividido en quintos o décimos de grados Celsius para determinaciones de temperatura entre 10°C y 30°C .

3.3 Procedimiento

- 3.3.1 La preparación de la muestra para el análisis se efectúa según la Norma ITINTEC 319.077.
- 3.3.2 Se lava cuidadosamente el picnómetro, se escurre, se enjuaga sucesivamente con etanol y éter diétilico y se seca el interior por medio de una corriente de aire seco.
 - 3.3.2.1 Se seca la parte externa del picnómetro con una tela seca ó un papel de filtro y se inserta el tapón.
 - 3.3.2.2 Se coloca el picnómetro en la balanza y se le deja durante 30 minutos, luego se pesa.
- 3.3.3 Se llena el picnómetro con agua destilada a aproximadamente 20°C y recientemente hervida, teniendo cuidado de evitar la presencia de burbujas de aire.
 - 3.3.3.1 Se coloca el picnómetro en un baño de agua a $20^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ durante 30 minutos. Se comprueba la temperatura del baño de agua por medio del termómetro normalizado y se enrasa con agua destilada hasta la marca.
 - 3.3.3.2 Se inserta el tapón al picnómetro y se seca la parte exterior con una tela seca ó un papel de filtro.
 - 3.3.3.3 Se coloca el picnómetro en la balanza, y se deja durante 30 minutos, luego se pesa con el contenido (P_1).
- 3.3.4 Se vacía el picnómetro, se lava con etanol y después con éter diétilico y se seca por medio de una corriente de aire seco.
- 3.3.5 Se llena el picnómetro con el aceite esencial, que debe estar a aproximadamente 20°C , evitando la presencia de burbujas de aire.
 - 3.3.5.1 Se vuelve a colocar el picnómetro en el baño de agua a $20^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ y se le deja durante 30 minutos. Se enrasa con aceite esencial hasta la marca y se procede como en 3.3.3.2 y 3.3.3.3 obteniéndose un peso (P_2)

- 3 -

3.4 Expresión de resultados

3.4.1 Sea:

P el peso, en gramos, del picnómetro vacío

P_1 el peso, en gramos, del picnómetro lleno con agua destilada a 20°C

P_2 el peso, en gramos, del picnómetro lleno con aceite esencial a 20°C

3.4.2 La densidad ρ_{20} , en gramos por mililitro, se da por la siguiente fórmula:

$$0,99718 \frac{P_2 - P}{P_1 - P}$$

3.4.3 La densidad relativa d_{20}^{20} se da por la fórmula siguiente:

$$\frac{P_2 - P}{P_1 - P}$$

3.4.4 La densidad relativa d_4^{20} se da por la fórmula siguiente:



$$0,99823 \times d_{20}^{20}$$

3.5 Precisión de los resultados

La densidad ρ_{20} , la densidad relativa d_{20}^{20} y la densidad relativa d_4^{20} de un aceite esencial se expresan con una precisión de por lo menos tres cifras decimales.

Anexo 12: Norma técnica peruana empleada para prueba de índice de refracción

PERU NORMA TECNICA NACIONAL	ACEITES ESENCIALES Determinación del índice de refracción	ITINTEC 319.075-01 Diciembre, 1974
-----------------------------------	--	--

1. OBJETO

1.1 La presente Norma establece el método para determinar el índice de refracción de los aceites esenciales.

2. DEFINICIONES Y CLASIFICACION

2.1 Índice de refracción de un aceite esencial.- Es 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 mantenido a una temperatura constante.

3. METODO DE ENSAYO

3.1 Principio del método.

3.1.1 Consiste en la medición del ángulo de refracción del aceite esencial mantenido en condiciones de transparencia e isotropismo siendo la longitud de onda de la luz de 589,3 nm (*), que corresponde a la línea D del sodio y siendo la temperatura de 20°C. (Nota 1).

Nota 1.- Cuando el aceite esencial no se encuentra al estado sólido a 20°C ó de 30°C, según el valor presumido de su punto de fusión.

3.2 Aparatos

3.2.1 Refractómetro clásico que permite la lectura directa de los índices de refracción comprendidos entre 1,3000 y 1,7000 con precisión de $\pm 0,0002$ y calibre de manera a obtener, a la temperatura de 20°C, los siguientes índices de refracción. (Nota 2).

Nota 2.- Ciertos aparatos se pueden graduar por medio de una lámina de vidrio de índice de refracción conocido de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

1,3330	para el agua destilada
1,5011	para el benceno de uso crioscópico
1,6585	para el bromo - naftaleno

(*). Conocido también como línea D.

R.D. N° 409-74 ITINTEC DG/UN 74-12-30 2 Páginas.

3.2.2 Dispositivo regulador de la temperatura, que mantiene el aparato en una temperatura constante a $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$.

3.2.3 Fuente luminosa.- Luz de sodio (longitud de onda 589,3 nm) o, si el refractómetro está provisto de un dispositivo óptico compensador, luz difusa de día o de una lámpara eléctrica.

3.3 Procedimiento.

3.3.1 Preparación de la muestra destinada al laboratorio.

Se efectúa de acuerdo a la Norma correspondiente.

3.3.2 Determinación.-

3.3.2.1 Se verifica que la temperatura a la cual se efectúan las mediciones, no difiera más de 2°C de la temperatura de referencia y que se mantenga constante a $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ durante la operación.

3.3.2.2 Se lleva el aceite esencial a una temperatura aproximadamente igual a aquella en que se debe hacer la medición y se coloca en el dispositivo del aparato.

3.3.2.- Se espera a que la temperatura se establezca y se efectúa entonces la lectura

3.3.3 Expresión de resultados.

3.3.3.1 Sea $n_D^{t'}$ el valor de la lectura a la temperatura t' , el índice de refracción n_D^t a la temperatura de referencia t , es dado por la siguiente fórmula.

$$n_D^t = n_D^{t'} + a (t' - t)$$

3.3.3.2 En general y salvo indicaciones contrarias, se menciona $a = 0,0004$.

3.3.3.3 El índice de refracción del aceite esencial se expresa por un número con cuatro decimales.

3.3.4 Informe

3.3.4.1 El informe debe, además de los resultados, mencionar todas las condiciones del ensayo, los detalles del procedimiento no previstos en la Norma o facultativos, así como todos los incidentes que puedan influir en los resultados.

Anexo 13: Norma técnica peruana empleada para de solubilidad en etanol

INSTITUTO DE INVESTIGACION TECNOLÓGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS (ITINTEC) LIMA PERU	PERU	<u>ACEITES ESENCIALES</u>	ITINTEC
	NORMA TÉCNICA	Determinación de la Solubilidad en Etanol	319.084
	NACIONAL		Diciembre, 1974
		NORMAS A CONSULTAR	
	ITINTEC 319.075	Aceites Esenciales. Determinación del Índice de Refracción	
	ITINTEC 319.077	Aceites Esenciales. Preparación de la Muestra para Análisis	
	ITINTEC 319.079	Aceites Esenciales. Extracción de Muestras.	
	1.- <u>OBJETO</u>		
	1.1	La presente Norma establece el método de determinación de la solubilidad de aceites esenciales en diluciones de etanol.	
	2.- <u>DEFINICIONES Y CLASIFICACION</u>		
	2.1	<u>Aceite esencial soluble en V o más volúmenes de etanol de graduación dada t.</u> - Es aquel cuya solución clara en V volúmenes de etanol de graduación dada t, permanece igual después de la adición posterior de etanol de la misma concentración, hasta completar un total de 20 volúmenes del etanol empleado.	
	2.2	<u>Aceite esencial soluble en V volúmenes de etanol en graduación dada t que se enturbia al diluir.</u> - Es aquel cuya solución clara en V volúmenes de etanol de graduación dada t se enturbia y permanece así después de la adición gradual de etanol de la misma concentración hasta un total de 20 volúmenes del etanol empleado.	
	2.3	<u>Aceite Esencial soluble en V volúmenes de etanol de graduación dada t, que se enturbia en V' volúmenes ($V' < 20$).</u> - Es aquel cuya solución clara en V volúmenes de etanol de graduación dada t se enturbia y permanece así después de la adición gradual de etanol de la misma concentración hasta un total de V' volúmenes del etanol empleado.	

- 2 -

- 2.4 Aceite esencial soluble, con opalescencia.- Es aquel cuya solución alcohólica al ser diluida muestra una tonalidad azul, siendo este color similar al del patrón de opalescencia recientemente preparado de acuerdo con 4.4.2.

3.- EXTRACCION DE MUESTRAS Y RECEPCION

- 3.1 Se realizará de acuerdo a lo indicado en la Norma ITINTEC -- 319.079.

4.- METODOS DE ENSAYO

4.1 Preparación de la muestra a ensayar

- 4.1.1 Se realiza de acuerdo a lo indicado en la Norma ITINTEC -- 319.077

4.2 Principio del Método

- 4.2.1 A la temperatura de 20°C se adiciona progresivamente, al aceite esencial, una solución acuosa de etanol de concentración adecuada y conocida y se observa el grado de solubilidad.

4.3 Aparatos

- 4.3.1 Bureta de 25 ml ó 50 ml, graduada al 0,1 ml
- 4.3.2 Probeta de 25 ml ó 30 ml de capacidad, con tapa esmerilada.
- 4.3.3 Baño de temperatura constante, que pueda ser mantenido a 20°C \pm 0,2°C
- 4.3.4 Termómetro calibrado, graduado en quintos o décimos de grados Celsius, que permita la determinación de temperaturas entre 10°C y 30°C

4.4 Reactivos

- 4.4.1 Soluciones diluidas de etanol.- Se usará normalmente soluciones de 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 y 95 % (V/V). Para preparar estas soluciones se debe usar el etanol más pu-

- 3 -

//.ro posible y según las directivas dadas en la Tabla. Se controla su concentración con un alcoholímetro, un densímetro o por medida del índice de refracción.

- 4.4.2 Solución patrón para opalescencia.- A 50 ml de una solución 0,0002 N de cloruro de sodio, se añade 0,5 ml de solución 0,1 N de nitrato de plata y una gota de ácido nítrico concentrado ($d_{20} = 1,38$ g/ml). Se agita la solución y se deja en reposo por cinco minutos.

4.5 Procedimiento

- 4.5.1 Se coloca dentro de una probeta (4.3.2) 1 ml de aceite esencial, medido con una pipeta, pesado con una exactitud de ± 5 mg *.
- 4.5.2 Se coloca la probeta y su contenido en el baño de temperatura constante (4.3.3) mantenido a $20^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.
- 4.5.3 Usando la bureta (4.3.1), se añade la solución diluida de etanol de concentración conocida (4.4.1) -el cual se debe haber llevado previamente a una temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ - en incrementos de 0,1 ml hasta que el aceite se disuelva completamente, agitando frecuente y vigorosamente durante la adición del solvente. Cuando la solución sea perfectamente clara, se anota el volumen de la solución de etanol (4.4.1) añadido.
- 4.5.4 Se continúa añadiendo el solvente en incrementos de 0,5 ml hasta llegar a 20 ml y se sigue agitando después de cada adición. Si la solución se pone turbia u opalescente antes de haber agregado un volumen total de 20 ml de etanol, se anota el volumen en el momento en que aparece la turbidez u opalescencia, y eventualmente el volumen en el cual desaparece (V'').
- 4.5.5 Si no se obtiene una solución clara después de añadir 20 ml de solvente, se repite el procedimiento con la siguiente concentración más alta de la solución de etanol dada en la Tabla.

* Cuando el estado físico del aceite esencial no permite utilizar una pipeta, se pesa $1\text{ g} \pm 0,005\text{ g}$ del mismo. En este caso los resultados se deben expresar en peso y volumen.

4.6 Expresión de resultados

4.6.1 Sí:

V es el volumen, en ml, de solución de etanol a la dilución t necesaria para obtener una solución clara;

V' es el volumen, en ml, de solución de etanol a la dilución t , que produce turbidez, seguida de claridad, si ello ocurre;

V'' es el volumen, en ml, de solución de etanol a la dilución t , en el cual desaparece la turbidez.

La solubilidad del aceite esencia en la solución diluida de etanol de concentración t será: el volumen en V volúmenes con turbidez entre V' y V'' volúmenes.

4.6.2 Exactitud de los resultados. - Se expresan los valores V, V' y V'' por números hasta con un decimal. Si la solución no es completamente clara sino sólo opalescente, se anota si la opalescencia es "mayor que", "igual a" ó "menor que" aquella de la solución patrón (4.4.2)

4.7 Informe

4.7.1 El informe del ensayo debe mencionar, además de los resultados, el método empleado, el método de expresión de resultados, cualquier particularidad observada durante las determinaciones y cualquier detalle no señalado en esta Norma o considerada como opcional, pero que pueda haber afectado los resultados.

T A B L A

Diluciones de etanol en volumen y en peso

Diluciones: ml de etanol en 100 ml de la mezcla ($\frac{v}{v}$) a \pm 0,1%	Volumen de agua destilada a 20°C que debe ser aña- dido a 100 ml de etanol al 95% ($\frac{v}{v}$) a la misma temperatura con una tolerancia en tre $\pm 0,50$, para la preparación de las diluciones corres- pondientes. ml	Peso de Etanol 95% ($\frac{v}{v}$)	Peso del Agua añadi- da	Límites de la Densidad Relativa y la densidad aparente		Índice de re- frac- ción a 200 C
				d 20	d ₄ ²⁰	
50	95,8	46	54	0,9316 \pm 0,9320	0,9300 \pm 0,9304	1,3590
55	77,9	51,1	48,9	0,9214 \pm 0,9218	0,9198 \pm 0,9202	1,3598
60	62,9	56,4	43,6	0,9105 \pm 0,9110	0,9089 \pm 0,9094	1,3514
65	50,2	61,9	38,1	0,8990 \pm 0,8994	0,8974 \pm 0,8978	1,3525
70	33,1	67,5	32,4	0,8863 \pm 0,8873	0,8852 \pm 0,8857	1,3533
75	29,5	73,4	26,6	0,8740 \pm 0,8745	0,8725 \pm 0,8730	1,3640
80	20,7	79,5	20,4	0,8604 \pm 0,8610	0,8589 \pm 0,8595	1,3648
85	13,3	86	14	0,8460 \pm 0,8466	0,8445 \pm 0,8451	1,3648
90	6,4	92,7	7,3	0,8303 \pm 0,8309	0,8288 \pm 0,8294	1,3645
95	0,0	100	0	0,8123 \pm 0,8131	0,8109 \pm 0,8117	1,3638

Anexo 14: Norma técnica peruana empleada para los envases de aceites esencialesNORMA TÉCNICA
PERUANANTP 319.080
1 de 2**ACEITES ESENCIALES. Envases****1. OBJETO**

1.1 La presente Norma Técnica Peruana establece las características de los envases para aceites esenciales.

2. REQUISITOS

2.1 Los aceites esenciales deberán envasarse en recipientes que por su naturaleza, no alteren al producto y que lo protejan.

2.2 Los envases a usar podrán ser:

2.2.1 Envases metálicos: Deberán ser herméticos, nuevos o en buen estado, limpios y secos, que no hayan contenido ningún producto capaz de alterar la calidad, la composición y el olor del aceite esencial.

2.2.1.1 Para los aceites esenciales de uso alimenticio, serán:

- a) Únicamente de fierro perfectamente estañado o vitrificado o revestido interiormente con barniz esmalte o con pintura esmalte, inatacables.
- b) De aluminio

2.2.1.2 Para otros aceites esenciales, serán:

- a) De fierro perfectamente estañado, galvanizado o vitrificado o revestido interiormente con barniz esmalte o con pintura esmalte, inatacables.

- b) De cobre, estañado o no.
- c) De fierro blanco
- d) De aluminio

2.2.1.3 Los recipientes de capacidad superior a 100 l deberán estar provistos de bandas de rodamiento o de nervaduras en el mismo.

2.2.1.4 El cerrado se efectuará por un sistema de tornillo (tapa de rosca) provista de juntas herméticas. La tapa y el cuello estarán atravesados por un agujero que permita el pasaje de un alambre de fierro para la colocación del plomo de sellado.

2.2.2 Envases de vidrio: De cualquier capacidad o forma con la condición de que estén protegidos contra la luz y las roturas.

2.2.3 Envases de material plástico o revestidos interiormente de material plástico: Con tal que satisfagan las condiciones indicadas en el apartado 2.2.1, que sean inertes frente al aceite esencial contenido y que respondan, si hay lugar, a especificaciones que puedan establecerse ulteriormente.

2.3 Llenado: Se dejará un espacio libre comprendido entre 5 % y 10 % de la capacidad de recipiente, según el modo de transporte utilizado.

2.4 Tapas: Podrán ser de corcho, vidrio o de cualquier otro material adecuado. Cuando no sean de vidrio, la superficie en contacto con el aceite esencial deberá ser de estaño, de aluminio o de cualquier otro material inerte para el producto.

Las tapas deberán estar protegidas por sellos que garanticen la inviolabilidad del aceite esencial.

Anexo 15: Norma técnica peruana empleada para el rotulado de los envases de aceites esenciales

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 319.083
1 de 2

ACEITES ESENCIALES. Rotulado

1. OBJETO

1.1 La presente Norma Técnica Peruana establece la información general que todo aceite esencial envasado, debe llevar en el envase.

2. DEFINICIONES Y CLASIFICACION

2.1 **rotulado de un recipiente:** Es el procedimiento que permite la identificación y la especificación del contenido de un recipiente por medio de un rótulo, que puede o no formar parte integrante de ese recipiente.

3. ROTULADO

3.1 Todos los recipientes destinado al envasado de los aceites esenciales, tendrán un rótulo que lleve las siguientes indicaciones mínimas:

3.1.1 Nombre y dirección del fabricante o del exportador.

3.1.2 Nombre comercial del aceite esencial y si es posible, se indicará la parte de la planta de la cual es extraído y el procedimiento utilizado cuando el aceite esencial es obtenido por destilación o por expresión.

3.1.3 Peso bruto, tara y peso neto.

3.1.4 Porcentaje del constituyente principal, cuando el valor del aceite esencial depende de él.

3.2 Los rotulos que se adhieren, al recipiente (etiquetas), deberán colocarse por medio de un procedimiento que haga imposible sus sustitución o su utilización para otros fines.