

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

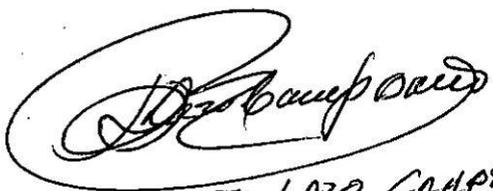


“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL  
ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE (*Zingiber  
officinale*)”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO QUÍMICO

MÓNICA GUTIÉRREZ MENESES *MúA*  
MARÍA TERESA NEYRA ALVA

Callao, Setiembre, 2017  
PERÚ

  
ROBERTO LAZO CAMPESANO



## PRÓLOGO DEL JURADO

La presente Tesis fue Expuesto por las Bachilleres **NEYRA ALVA MARÍA TERESA** y **GUTIÉRREZ MENESES MÓNICA** ante el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios:

Ing. Dr. ANCIETA DEXTRE CARLOS ALEJANDRO	PRESIDENTE
Ing. Dr. CALDERÓN CRUZ JULIO CÉSAR	SECRETARIO
Lic. Mg. REYNA SEGURA ANA MARÍA	VÓCAL
Ing. LAZO CAMPOSANO ROBERTO	ASESOR

Tal como está asentado en el Libro N° 1 Folio N° 16 y Acta N° 015 de Sustentación por la Modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis, de fecha **09 DE SETIEMBRE 2017**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado por Resolución N° 082–2011–CU de fecha 29 de abril de 2011 y Resolución N° 221–2012–CU de fecha 19 de setiembre de 2012.

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres y familiares que siempre nos apoyaron durante el desarrollo de la presente tesis.

## **AGRADECIMIENTO**

Concluida la presente tesis, se agradece a todas las autoridades, docentes, administrativos que de alguna forma participaron en el desarrollo de la presente tesis. Sin embargo, cabe manifestar el más sincero agradecimiento al ingeniero Leonardo Félix Machaca Gonzales, por su ayuda en el desarrollo experimental.

## ÍNDICE

INDICE.....	1
TABLAS DE CONTENIDO.....	6
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
CAPÍTULO I.....	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1.    Identificación del problema .....	13
1.2.    Formulación del problema .....	13
1.2.1. Problema General.....	13
1.2.2. Problemas Específicos .....	14
1.3.    Objetivos de la investigación .....	14
1.3.1. Objetivos General .....	14
1.3.2. Objetivos Específicos.....	14
1.4.    Justificación .....	14
1.4.1. Justificación teórica.....	15
1.4.2. Justificación Tecnológica .....	15
1.4.3. Justificación Económica.....	15
1.5.    Importancia.....	16
CAPÍTULO II.....	17
MARCO TEÓRICO .....	17

2.1.	Antecedentes del estudio.....	17
2.2.	Marco Conceptual.....	20
2.2.1.	Jengibre .....	20
2.2.2.	Taxonomía del jengibre .....	22
2.2.3.	Morfología General del Jengibre.....	22
2.2.4.	Composición nutricional del Jengibre .....	24
2.2.5.	Composición química del Jengibre .....	25
2.2.6.	Rizomas.....	26
2.2.7.	Cultivo de jengibre en el Perú.....	27
2.2.8.	Aceite esencial de Jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ).....	28
2.2.9.	Composición química del aceite esencial de jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ) .....	29
2.2.10.	Propiedades medicinales del aceite esencial de jengibre.....	30
2.2.11.	Métodos de extracción de los aceites esenciales .....	30
2.2.12.	Equipo para la Extracción por arrastre de Vapor .....	32
2.2.13.	Destilación Fraccionada.....	33
2.2.14.	Equipo para la Extracción por Destilación fraccionada .....	34
2.2.15.	Extracción Soxhlet .....	35
2.2.16.	Equipo de Extracción Soxhlet.....	36
2.2.17.	Equipo para Cromatografía de Gases .....	36

2.2.18. Índice de refracción.....	37
2.3.    Definiciones de términos básicos.....	38
CAPÍTULO III.....	40
VARIABLES E HIPOTESIS .....	40
3.1.    Variables de la investigación .....	40
3.2.    Operacionalización de variables .....	40
3.3.    Hipótesis .....	41
3.3.1. Hipótesis General .....	41
3.3.2. Hipótesis Específicas.....	42
CAPÍTULO IV.....	43
METODOLOGÍA .....	43
4.1.    Tipo de investigación .....	43
4.1.1. Por su finalidad .....	43
4.1.2. Por su diseño interpretativo .....	43
4.1.3. Por el énfasis en la naturaleza de los datos  manejados .....	43
4.1.4. Por su temporalidad.....	43
4.2.    Diseño de la Investigación .....	43
4.2.1. Definición del escenario de la investigación. ....	43
4.2.2. Materiales y equipos usados .....	44
4.2.3. Procedimiento experimental .....	50

4.2.4.	Diseño del equipo experimental.....	50
4.2.5.	Elegir el método o modelo de diseño.....	53
4.2.6.	Determinar las variables de diseño.....	53
4.3.	Población y muestra .....	61
4.3.1.	Población de estudio.....	61
4.3.2.	Tamaño de muestra.....	62
4.4.	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos .....	62
4.5.	Procedimientos de recolección de datos .....	62
4.6.	Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	63
CAPITULO V.....		64
RESULTADOS.....		64
CAPITULO VI.....		84
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		85
6.1.	Contrastación de hipótesis con los resultados.....	85
6.2.	Contrastación de resultados con otros estudios similares ....	85
CAPITULO VII.....		86
CONCLUSIONES .....		86
CAPÍTULO VIII.....		88
RECOMENDACIONES.....		88
CAPÍTULO IX.....		89

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
ANEXOS.....	92

## TABLAS DE CONTENIDO

### ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 2.1 TAXONOMÍA DEL JENGIBRE .....	22
TABLA N° 2.2 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL JENGIBRE.....	25
TABLA N° 2.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL JENGIBRE.....	26
TABLA N° 2.4 COMPOSICIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE.....	29
TABLA N° 4.1 FACTORES Y NIVELES.....	54
TABLA N° 4.2 FACTORES Y NIVELES.....	54
TABLA N° 4.3 DISEÑO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR CONDICIONES DE EXTRACCIÓN .....	55
TABLA N° 4.4 DISEÑO EXPERIMENTAL .....	56
TABLA N° 4.5 BALANCE DE MATERIA.....	57
TABLA N° 4.6 BALANCE DE MATERIA.....	57
TABLA N° 4.7 VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN.....	58
TABLA N° 4.8 VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN.....	58
TABLA N° 4.9 VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN.....	59
TABLA N° 4.10 VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN.....	59
TABLA N° 4.11 RENDIMIENTOS POR ARRASTRE DE VAPOR.....	60
TABLA N° 4.12 RENDIMIENTOS POR EL MÉTODO DE SOXHLET .....	61
TABLA N° 5.1 VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE POR ARRASTRE DE VAPOR.....	65

TABLA N° 5.2 VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE POR SOXHLET .....	66
TABLA N° 5.3 VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN.....	67
TABLA N° 5.4 VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN.....	67
TABLA N° 5.5 VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN.....	68
TABLA N° 5.6 VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN.....	68
TABLA N° 5.7 VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN.....	69
TABLA N° 5.8 VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN.....	69
TABLA N° 5.9 VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN.....	70
TABLA N° 5.10 VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN.....	70
TABLA N° 5.11 RENDIMIENTOS POR ARRASTRE CON VAPOR.....	75
TABLA N° 5.12 RENDIMIENTOS POR EL MÉTODO SOXHLET .....	75
TABLA N° 5.13RELACIÓN L/S PARA EL MÉTODO SOXHLET .....	76
TABLA N° 5.14 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE .....	76
TABLA N° 5.15 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 2.1 EL JENGIBRE .....	21
FIGURA N° 2.2 PLANTA DE JENGIBRE .....	24
FIGURA N° 2.3 RIZOMAS DEL JENGIBRE .....	27
FIGURA N° 2.4 EXPORTACIÓN DEL JENGIBRE.....	28
FIGURA N° 2.5 ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE .....	29
FIGURA N° 2.6 EQUIPO DE EXTRACCIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR .....	33
FIGURA N° 2.7 EQUIPO DE EXTRACCIÓN POR DESTILACIÓN FRACCIONADA.....	34
FIGURA N° 2.8 EQUIPO DE EXTRACCIÓN SOXHLET .....	36
FIGURA N° 2.9 DIAGRAMA DE UN EQUIPO DE CROMATOGRAFÍA DE GASES .....	37
FIGURA N° 4.1 LAVADO DEL JENGIBRE.....	46
FIGURA N° 4.2 OREADO DEL JENGIBRE.....	46
FIGURA N° 4.3 PICADO DEL JENGIBRE.....	46
FIGURA N° 4.4 PESADO DEL JENGIBRE.....	46
FIGURA N° 4.5 MEDICIÓN DEL SOLVENTE.....	47
FIGURA N° 4.6 LLENADO DEL SOLVENTE.....	47
FIGURA N° 4.7 COLOCACIÓN DEL JENGIBRE.....	47
FIGURA N° 4.8 EQUIPO DE ARRASTRE.....	47
FIGURA N° 4.9 OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL.....	47
FIGURA N° 4.10 ALMACENAMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL.....	47

FIGURA N° 4.11 PESADO DEL JENGIBRE.....	49
FIGURA N° 4.12 MEDICIÓN DEL SOLVENTE.....	49
FIGURA N° 4.13 LLENADO DEL JENGIBRE.....	49
FIGURA N° 4.14 ARMADO DEL EQUIPO SOXHLET.....	49
FIGURA N° 4.15 RECUPERACIÓN DEL SOLVENTE .....	50
FIGURA N° 4.16 DIAGRAMA DE EQUIPO DE ARRASTRE DE VAPOR. ....	51
FIGURA N° 4.17 DIAGRAMA DE EQUIPO SOXHLET .....	51
FIGURA N° 5.1 DIAGRAMA DEL PROCESO ELABORADO COMO RESULTADO DE LA EXPERIMENTACIÓN PARA ARRASTRE CON VAPOR.....	83
FIGURA N° 5.2 DIAGRAMA DEL PROCESO ELABORADO COMO RESULTADO DE LA EXPERIMENTACIÓN PARA SOXHLET.....	84

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA N° 5.1 VOLUMEN VS TIEMPO.....	71
GRÁFICA N° 5.2 VOLUMEN VS TIEMPO.....	71
GRÁFICA N° 5.3 VOLUMEN VS TIEMPO.....	72
GRÁFICA N° 5.4 VOLUMEN VS TIEMPO.....	72
GRÁFICA N° 5.5 VOLUMEN VS TIEMPO.....	73
GRÁFICA N° 5.6 VOLUMEN VS TIEMPO.....	73
GRÁFICA N° 5.7 VOLUMEN VS TIEMPO.....	74
GRÁFICA N° 5.8 VOLUMEN VS TIEMPO.....	74

## RESUMEN

Se ha obtenido el aceite esencial de Jengibre por dos métodos, el primero es el método de extracción por arrastre de vapor usando agua como solvente y el segundo método es la extracción sólido-líquido utilizando el equipo Soxhlet con recuperación de solvente el cual fue etanol (cañazo).

Las variables estudiadas fueron: para el método de extracción por arrastre de vapor, cantidad de masa (5 Kg y 7 Kg), volumen de solvente (6L y 7 L) y tamaño de partícula (0.5 cm y 1cm), el tiempo de extracción fue de 16 a 50 minutos.

Para el método extracción con equipo Soxhlet, cantidad de masa (50g y 60g), volumen de solvente (200 mL y 250 mL) y tamaño de partícula (0.5 cm y 1cm), el tiempo de extracción fue de 93 a 201 minutos.

Al realizar la prueba experimental en el rango de las variables de operación estudiadas en la extracción del aceite esencial de Jengibre, se ha logrado obtener un producto con las siguientes características: color ámbar oscuro, consistencia viscosa y aroma peculiar fuerte y picante.

Comparando ambos métodos se determinó que con el método que se obtiene mayor rendimiento de aceite esencial es por el equipo Soxhlet obteniendo un 15%.

También graficamos la ecuación cinética de la extracción del aceite esencial de Jengibre por el método de arrastre de vapor.

**Palabras clave:** Aceite esencial de Jengibre, condensación, extracción, arrastre con vapor, soxhlet.

## ABSTRACT

The ginger essential oil has been obtained by two methods, the first being the steam stripping method using water as the solvent and the second method is the solid-liquid extraction using Soxhlet equipment with solvent recovery which was ethanol (Shot).

The variables studied were: steam extraction, mass (5 kg and 7 kg), solvent volume (6L and 7L) and particle size (0.5 cm and 1cm), extraction time It was 16 to 50 minutes.

For the extraction method with Soxhlet equipment, amount of mass (50g and 60g), volume of solvent (200 mL and 250 mL) and particle size (0.5 cm and 1cm), extraction time was 93 to 201 minutes.

When performing the experimental test in the range of the operating variables studied in the extraction of the essential oil of Ginger, it has been possible to obtain a product with the following characteristics: Dark amber color, viscous consistency and peculiar strong and spicy aroma.

Comparing both methods it was determined that with the method that obtains greater yield of essential oil is The Soxhlet team obtaining a 15%. We also plot the kinetic equation of the extraction of the essential oil of Ginger by the method of drag of steam.

**Keywords:** Ginger essential oil, condensation, extraction, steam traction, soxhlet.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Identificación del problema

Los aceites esenciales son sustancias aromáticas que se encuentran en numerosas plantas. Estos pueden ser extraídos de diferentes partes tales como hojas, tallos, flores y raíces. Aquellos provenientes de especias y condimentos son cada vez más utilizados en la industria de los alimentos y farmacéutica.

A pesar de que existe amplia información sobre la composición del aceite esencial de Jengibre procedente de Asia y del África, no ocurre lo mismo con el jengibre de nuestro país. Es por ello que para el proyecto se utilizará Jengibre, también conocido como Kion, el cual es cosechado en la ciudad de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, del cual se obtendrá su aceite esencial.

Hoy en día se conocen varios métodos para la extracción de aceites esenciales, en nuestro proyecto se determinó qué método es el que nos da un mayor rendimiento, para esto se analizó que cantidad de masa, vapor de agua y tamaño de partícula.

#### 1.2. Formulación del problema

##### 1.2.1. Problema General

¿Cuál es el método que nos da un mayor rendimiento en la extracción del aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*)?

### 1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Qué características físicas y taxonómicas presenta el jengibre (*Zingiber officinale*)?
- b) ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del aceite esencial del Jengibre (*Zingiber officinale*)?
- c) ¿Cuáles deben ser las condiciones de extracción favorables para la obtención de aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*)?

## 1.3. Objetivos de la investigación

### 1.3.1. Objetivos General

Encontrar el método que nos da un mayor rendimiento en la extracción de aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*).

### 1.3.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar las características físicas y taxonómicas del jengibre (*Zingiber officinale*).
- b) Determinar las características fisicoquímicas del aceite esencial del Jengibre (*Zingiber officinale*).
- c) Determinar las condiciones de extracción favorables para la obtención del aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*).

## 1.4. Justificación

Las razones que justifican la presente investigación son las siguientes:

#### 1.4.1. Justificación teórica

En el presente trabajo se investigó cual es el método que nos da un mayor rendimiento en la extracción de aceite esencial de jengibre a nivel de laboratorio, basándonos en antecedentes bibliográficos que respalden nuestra investigación.

#### 1.4.2. Justificación Tecnológica

El presente trabajo de investigación pretendió encontrar un proceso de extracción en el cual la metodología a utilizar constituye una implicancia de tipo experimental y observacional, asimismo el ordenamiento y sistematización teórica constituye un aporte científico para el planteamiento del problema. Los resultados van a contribuir con la búsqueda de tecnologías de extracción, la optimización de los procesos de obtención de aceite.

#### 1.4.3. Justificación Económica

La exportación del Jengibre (*Zingiber officinale*) – Kión Perú en el primer trimestre del 2017 se incrementó en 12% por un valor de U\$ 6.5 millones a un precio promedio de U\$ 1.53 kilo promedio USA. En el mercado nacional el precio del Jengibre (*Zingiber officinale*) se comercializa en promedio a 4 soles por kilogramo, obteniéndose por 50 kilogramos de Jengibre 1 Kilogramo de aceite esencial. En el mercado nacional 10mL de este aceite está costando S/50.00 aproximadamente, por lo que se puede ver que su obtención es rentable.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del estudio

Para el siguiente trabajo de investigación se realizó una revisión bibliográfica del tema:

Flores., *et.al.* (2010), investigaron sobre “Los aceites esenciales, sus características y finalidad de uso. Análisis del Estado de su regulación en Chile y en el mundo”, inicialmente este trabajo se enfocó en los aceites esenciales, en su origen biológico, toxicidad, usos en productos farmacéuticos, cosméticos y alimentos, y en la evaluación de las propiedades por las cuales son utilizadas en la aromaterapia. En esta investigación se realizó un estudio exhaustivo de todo lo relacionado con los aceites, sean, los lugares de venta, de las formas de uso propuestas por los distribuidores, sean para inhalaciones o masajes, (sin perder de vista que algunos de ellos están recomendados para su ingesta); la forma de conservación y el envasado de los aceites esenciales. Se sugieren algunas técnicas para el control de calidad, necesarias para asegurar la identidad, eficacia y la conservación de los aceites esenciales. Para completar esta investigación, se revisó el tipo de regulación al que están sometidos estos productos en otros países de América y de Europa, encontrándose que la situación no es muy diferente a la de Chile.

Chiluisa., *et.al.* (2009), desarrollaron una investigación sobre “Proyecto de Extracción de aceite esencial de Jengibre como alternativa de exportación”,

el estudio está orientado a la determinación del método más adecuado para la obtención de aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*), y a la identificación de los componentes del aceite esencial. El principal demandante de este es los Estados Unidos con un 74% de la demanda mundial de aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*), por lo que el proyecto se orienta hacia este mercado.

Analizando el proyecto desde el punto de vista financiero, resulta rentable, por ser un producto nuevo, por lo que las expectativas de crecimiento son muy posibles, desde el punto de vista social, considerando los precios sombra de la economía ecuatoriana, resultan también rentable, por lo que se concluye que este proyecto es atractivo.

Vásquez., *et. al.* (2001), investigaron sobre "Extracción y caracterización del aceite esencial de Jengibre (*Zingiber officinale*)", el estudio estuvo orientado a la determinación del método más adecuado para la obtención de aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*), así como a la identificación de los componentes del aceite esencial. En forma adicional se realizaron pruebas para determinar si el aceite obtenido puede ejercer alguna acción antimicrobiana. Se encontró que las características físico-químicas del rizoma están dentro del rango reportado en la literatura (85% de humedad, 4.5% de grasa, 1.25% de cenizas, 2.12% de proteínas) sobre esta especie colectada en otras latitudes. En cuanto al aceite esencial, se encontró que el mejor método de extracción se realiza por arrastre de vapor, siendo necesario realizar un secado previo de la materia prima, así

como una molienda adecuada. La separación final del aceite esencial se realizó por decantación y luego por congelación, obteniéndose un rendimiento de 0.8% del peso del material seco. Las características físicas del aceite esencial son: índice de refracción 1.49, densidad 0.877 y soluble en etanol de 96°. El análisis del aceite por CG y EM, mostró una mayor presencia de sesquiterpenos, siendo que los principales componentes son el zingibereno (22.2%) y el  $\alpha$ -curcumeno (13.3%). La evaluación sensorial muestra un aceite con las características adecuadas, y la prueba de sensibilidad biológica indica que es activo ante el *Bacillus cereus*, y medianamente activo contra el *Staphylococcus aureus* y *S. faecalis*.

Cevallos., *et. al.* (2012), investigaron sobre "Obtención de aceite esencial crudo de jengibre (*Zingiber officinale*), mediante los métodos soxhlet y arrastre de vapor", el presente trabajo de titulación plantea la extracción del aceite esencial crudo de Jengibre (*Zingiber officinale*) a nivel industrial para fines comerciales dentro del Ecuador y puntualmente dentro de la Provincia de Pichincha, en la ciudad de Quito. Se ha identificado, mediante pruebas de laboratorio, el método más recomendado para esta actividad, se realizó también: un análisis financiero, sondeo de mercado y diseño de una planta industrial con características técnicas para llevar a cabo el proceso eficientemente.

El jengibre como un cultivo importante dentro del Ecuador es tomado en cuenta para este estudio pues su producción busca ampliar los mercados.

El proyecto aquí propuesto se presenta atractivo debido a que, gracias al sondeo de mercado, se evidenció una gran aceptación por parte de la población encuestada, pues presenta propiedades muy interesantes dentro de varios campos industriales, medicinales y alimenticios, los cuales son parcialmente conocidos. Se propone entonces difundir correctamente con respecto al jengibre y sus subproductos; se encontró también atractivo el presente estudio, en términos económicos, tal como lo demuestran los diferentes indicadores utilizados.

## **2.2. Marco Conceptual**

Los aceites esenciales en las plantas pueden encontrarse en las diferentes células oleíferas (jengibre, cúrcuma, vainilla), en los canales secretorios (pino, artemisia, anís, angélica), están presentes en las glándulas (cítricos, eucaliptos) o en los tricomas (muchas plantas de familias Labiadas, Asteráceas, Solanáceas, Geraniáceas). El material vegetal (planta esencial) de una gran variedad de sustancias volátiles, que recuerdan el olor, en forma muy concentrada, de la misma planta. Esta mezcla puede tener desde 50 hasta más de 300 sustancias químicas y está compuesta por hidrocarburos terpénicos, sus derivados oxigenados, alcoholes, aldehídos y cetonas, así como éteres, ésteres, compuestos fenólicos, fenilpropanoides y otros derivados. (Elena Stashenko, 2009).

### **2.2.1. Jengibre**

El jengibre (*Zingiber officinale*), llamado kión en los países andinos, (*Zingiberofficinale*) es una planta de la familia de las zingiberáceas,

cuya raíz está formada por rizomas horizontales muy apreciados por su aroma y sabor picante, es un tubérculo articulado, en forma de mano, de un olor fuerte aromático; sabor agrio y picante. La planta llega a medir 90 cm de altura, con largas hojas de 20 cm.

Crece en todas las regiones tropicales del mundo. Las variedades más caras y de mayor calidad generalmente proceden de Australia, India y Jamaica, mientras que las más comercializadas se cultivan en China y Perú

Los rizomas son de color cenizo por fuera y blanco amarillento por dentro. Las hojas son alargadas como las de maíz cuando apenas brotan de la tierra y envuelven con su vaina el tallo. Las flores son vistosas, están dispuestas en espigas cónicas y soportadas por escamas empizarradas.

*Fuente: <http://www.boletinagrario.com>. Año 2011.*

**FIGURA N° 2.1**  
**EL JENGIBRE**



*Fuente: <http://www.batidosverdesyzumos.com/el-jengibre-un-superalimento-de-lo-más-recomendable/>.*

### 2.2.2. Taxonomía del jengibre

La muestra vegetal (rizoma) ha sido estudiada y clasificada como: *Zingiber officinale* Roscoe y tiene la siguiente posición taxonómica según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988).

**TABLA N° 2.1**  
**TAXONOMÍA DEL JENGIBRE (ZINGIBER OFFICINALE)**

<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Liliopsida
<b>Subclase</b>	Zingiberiadae
<b>Orden</b>	Zingiberales
<b>Familia</b>	Zingiberaceae
<b>Género</b>	Zingiber
<b>Especie</b>	Zingiberofficinale

Fuente: Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de San Marcos.

### 2.2.3. Morfología General del Jengibre

La planta del jengibre está formada por rizomas subterráneos de los cuales parten hijuelos aéreos cubiertos por vainas envolventes de las hojas. La planta puede llegar a tener hasta un metro de altura, su follaje presenta un color verde pálido característico, y sus hojas tienen una vaina envolvente que termina en una lígula pequeña; el pecíolo

es muy corto, y la lámina, lanceolada y muy aguda al ápice, mide de 12 a 22 cm. de largo y 1.5 a 2.5 cm de ancho. Las hojas están bien espaciadas en el tallo aéreo, las hojas se colocan en posición horizontal en la parte inferior y oblicuamente en la superior, con lo que aprovechan la mayor cantidad de luz disponible.

El jengibre cuenta con un tallo sin hojas que lleva la inflorescencia, aunque se encuentran también, aunque escasos, tallos foliares corrientes; produce una inflorescencia en el ápice. El tallo floral en un vástago de 10 a 30 cm de diámetro, cubierto por brácteas en su parte inferior. En el ápice lleva una espiga cónica, de 4 a 6 cm de largo, forrada de brácteas compactas. La espiga posee un sin número de flores, mismas que están rodeadas por dos brácteas. La flor del jengibre es asimétrica, el cáliz tubular y corto, se divide en tres dientes. La corola, cilíndrica en la base, se abre arriba en tres pétalos oblongos. Los estambres salen del tubo de la corola. El estilo sale por un canal que atraviesa el estambre fértil y termina en un estigma largo y curvo. (León, 1968).

**FIGURA N° 2.2**  
**PLANTA DE JENGIBRE ZINGIBER OFFICINALE**



Fuente: <http://www.lineaysalud.com/salud/embarazof/jengibre>

#### 2.2.4. Composición nutricional del Jengibre

La composición nutricional del jengibre es importante puesto que este puede ser utilizado para alimento de animales o como parte de la formulación de alimento balanceado para ellos cuando este sea ya considerado como desecho en la extracción del aceite esencial.

**TABLA N° 2.2**  
**COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL JENGIBRE**

Componentes	Contenido de 100 g. de parte comestible
Calorías	47
Carbohidratos	9 gramos
Cenizas	1 gramo
Fibra	0.9 gramos
Grasa Total	1.6 gramos
Ácido Ascórbico	2 mg.
Calcio	44 mg.
Fósforo	66 mg.
Hierro	1.8 mg.
Niacina	0.7 mg.
Riboflavina	0.06 mg.
Tiamina	0.02 mg.

Fuente: Muller 2005

#### 2.2.5. Composición química del Jengibre

La composición química es tomada en cuenta el momento de determinar niveles de toxicidad del aceite esencial de Jengibre.

**TABLA N° 2.3**  
**COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL JENGIBRE**

Componentes	Porcentajes
Agua	10 %
Materias nitrogenadas	7.5 %
Materias grasas	3.5 %
Aceites esenciales	2 %
Almidón	54 %
Otras materias extractivas no nitrogenadas	13 %
Celulosa	4.5 %
Cenizas	5.5 %

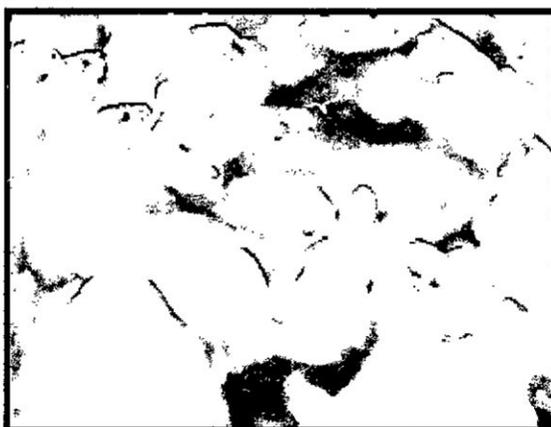
Fuente: Maestre, J, Las plantas de especias

#### 2.2.6. Rizomas

Un rizoma se define como un eje que se desarrolla al ras del suelo o subterráneamente. Una característica principal de los rizomas es su crecimiento plagiotropo. Los entrenudos son cortos, lo que causa que las inserciones de las hojas estén muy juntas en muchas especies que presentan rizomas, estos son catafilos incoloros y membranosos, y su vida es muy corta. Mientras el rizoma crece gracias a la formación de nuevas partes del eje muere la parte vieja de atrás, con un continuo proceso de traslado de aquellas sustancias que fueron almacenadas a partes más jóvenes (Muller, 2000).

### FIGURA N° 2.3

#### RIZOMAS DEL JENGIBRE ZINGIBER OFFICINALE



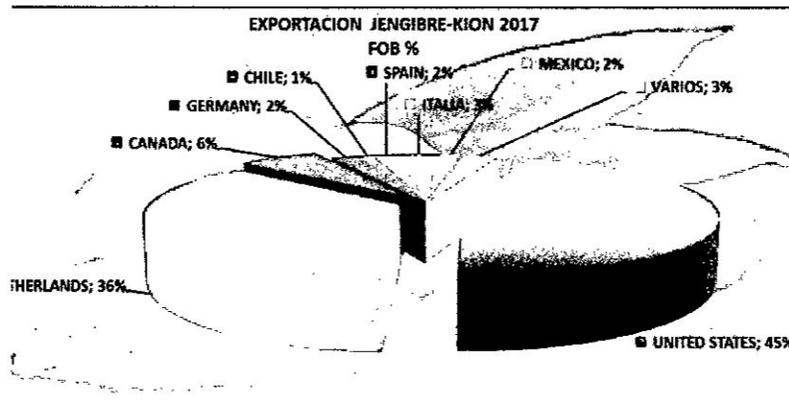
Fuente: <https://www.jardineriaon.com/que-es-el-rizoma.html>

#### 2.2.7. Cultivo de jengibre en el Perú

Los habitantes de la selva central de la región Junín han apostado por el cultivo de kión, como una nueva alternativa de exportación muy rentable gracias al apoyo de la empresa privada y Sierra Exportadora. Empresas como La Campiña han optado por el cultivo orgánico del kion. Esto se ha logrado gracias al apoyo de Sierra Exportadora, que, con ayuda de sus gestores de campo, se brinda asistencia técnica, así como apoyo en certificaciones orgánicas y de calidad. Gracias a las certificaciones orgánicas obtenidas, la empresa ha logrado exportar 22 toneladas semanales de kion a sus principales mercados: Holanda y Estados Unidos, valorizadas aproximadamente en 100 mil soles por contenedor.

**FIGURA N° 2.4**

**EXPORTACIÓN DEL JENGIBRE (KIÓN) 2017**



Fuente: <http://www.agrodataperu.com/>. Año 2017

**2.2.8. Aceite esencial de Jengibre (*Zingiber officinale*)**

El aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*) tiene un aroma peculiar, fuerte y picante. Es de color ámbar oscuro y se caracteriza por tener una consistencia viscosa.

El aceite de jengibre es un aceite esencial de los denominados calientes. Esto implica que es adecuado para tratar problemas que se agravan con el frío o la humedad, como pueden ser dolores articulares, reuma o artritis.

Fuente: Biobeauty. Aceite de Jengibre. Disponible en: <http://beauty.biotrendies.com/aceites-esenciales/jengibre>. Artículo web. Consultada el 15 de Abril del 2016.

**FIGURA N° 2.5**  
**ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE**



Fuente: <http://beauty.biotrendies.com/aceites-esenciales/jengibre>.

2.2.9. Composición química del aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*)

El aceite esencial del Jengibre presenta la siguiente composición química:

**TABLA N° 2.4**  
**COMPOSICIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE (ZINGIBER OFFICINALE)**

Sustancia	Porcentaje ( %)
a-zingibereno	22.22
Ar-curcumeno	13.11
b-sesquifelanderno	9.44
Teraniol	3.33
b- mirceno	1.47
Citral	1.25
Geranial	1.10
No identifica	48.08

Fuente: Revista Amazónica de Investigación Alimentaria: Extracción y Caracterización del Aceite Esencial del Jengibre (*Zingiber Officinale*).

#### 2.2.10. Propiedades medicinales del aceite esencial de jengibre

Desde hace cientos de años se le atribuyen diversas propiedades medicinales al aceite esencial. Entre ellas tenemos: La falta de apetito puede ser el resultado de una simple indigestión o puede deberse a una causa más profunda como la depresión. El aceite esencial de Jengibre no sólo equilibra el sistema digestivo, también eleva el ánimo de un espíritu solitario con su aroma picante.

- El aceite esencial es usado para curar flatulencias, fiebres y para estimular el apetito.
- Se emplea para eliminar los cólicos menstruales, náuseas y dolores de estómago.
- También es añadido a los masajes para atenuar los dolores reumáticos y de lesiones óseas.

*Fuente:* Academia Internacional de Aromaterapia. ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE. Disponible en <http://aromaterapiaenlinea.com/>. Artículo web. Consultada el 15 de Abril del 2016.

#### 2.2.11. Métodos de extracción de los aceites esenciales

La obtención y pureza del aceite esencial depende del tratamiento que se aplique al material antes y durante la extracción; muchas veces los

aceites de las distintas partes de la planta son de composición parecida, mientras que en otros casos son de diferente composición.

Los aceites esenciales son en extremo delicados por lo que requieren para su obtención una atención y cuidado muy especiales. (Romero M, 2004).

Existen varios métodos de extracción de los aceites, los más conocidos y utilizados son:

a) Expresión

De todos los procesos este es el más sencillo; se trata de presionar fuertemente sobre las cáscaras y semillas frescas de los cítricos.

b) Destilación

Es el método más antiguo y se necesitan aparatos que controlen temperaturas.

c) Percolación

Consiste en darle al material vegetal alta y luego baja presión, no es aconsejado para todas las plantas.

d) Extracción por CO<sub>2</sub>

Es un método sumamente costoso y apto para especies de bajísimos rendimientos.

e) Método por Arrastre de Vapor

Este método es el más viejo de todos, la técnica consiste en que el vapor de agua que se genera por ebullición impregna toda la materia vegetal que está contenida en un vaso, disuelve y extrae las

moléculas aromáticas que se condensan gracias al pasaje progresivo de agua fría que circula por una serpentina; de esta manera se recupera el aceite esencial.

A la salida del refrigerante, el producto de la destilación se separa en dos líquidos distintos: el agua aromática a la que se le llama "Hidrolato" y el aceite esencial. Generalmente el aceite esencial es más liviano que el hidrolato y este a su vez más liviano que el agua.

El aceite esencial debe quedar en reposo en un vaso de vidrio para que todas las moléculas se estabilicen, esta condición es necesaria para que adopte sus características antes del uso.

El hidrolato aromático se conserva sin problema, y contiene muchas moléculas en estado hidrodisperso, tiene propiedades terapéuticas complementarias de los aceites esenciales, más debe permanecer en reposo al igual que el aceite esencial, antes de su aprovechamiento.

*Fuente: Tesis "Obtención de aceite esencial crudo de Jengibre (Zingiber Officinale) mediante los métodos Soxhlet y arrastre de vapor."*

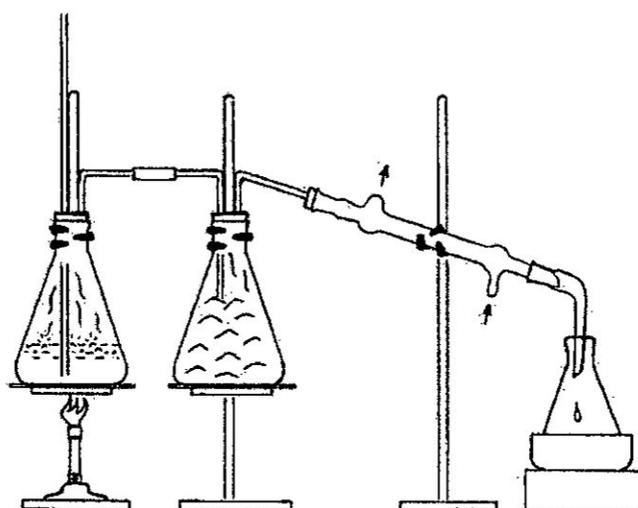
#### 2.2.12. Equipo para la Extracción por arrastre de Vapor

Factores que influyen:

- a) Temperatura: La temperatura de destilación debe ser lo más cercana a 100°C.
- b) Presión: Debe ser ligeramente superior a la presión atmosférica.
- c) Tiempo: Generalmente debe ser superior a una hora.

- d) Rendimiento: Las plantas tropicales son algunos ejemplos de concentraciones muy altas (15-18%); la rosa es un ejemplo de concentraciones muy bajas (0.002%).

**FIGURA N° 2.6**  
**EQUIPO DE EXTRACCIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR**



Fuente: <http://labquimica.wordpress.com/2007/10/03/destilacion-por-arrastre-con-vapor-los-fundamentos>.

### 2.2.13. Destilación Fraccionada

En este tipo de destilación, la fase vapor que se separa del seno del líquido, atraviesa una columna de fraccionamiento, llega a un refrigerante donde condensa y luego se recolecta. La destilación fraccionada es la combinación de muchas destilaciones simples en una sola operación, para lo cual se utiliza una columna de fraccionamiento rellena con un material inerte (perlas de vidrio, trozos

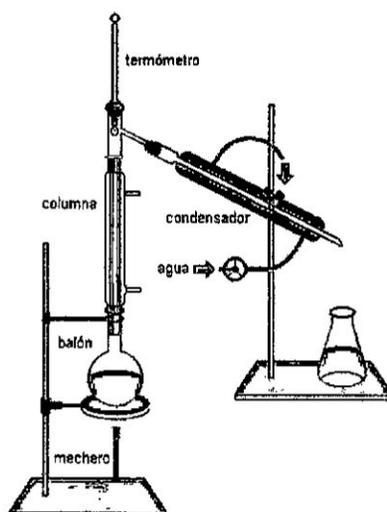
de plato poroso, etc.), en el ya ocurren sucesivas evaporaciones y condensaciones hasta que finalmente el vapor alcanza el extremo de la columna y condensa en el refrigerante.

Se dice que una columna de destilación fraccionada posee varios cientos de platos teóricos, siendo cada uno de ellos el equivalente a una destilación simple para las primeras porciones del destilado. Por lo tanto, la eficacia de una columna de destilación fraccionada es mayor en cuantos más platos teóricos posee.

Fuente: Destilación fraccionada. Disponible en [https://www.ecured.cu/Destilaci%C3%B3n\\_fraccionada](https://www.ecured.cu/Destilaci%C3%B3n_fraccionada). Artículo web. Consultado el 25 de Mayo del 2017.

#### 2.2.14. Equipo para la Extracción por Destilación fraccionada

**FIGURA N°2.7**  
**EQUIPO DE EXTRACCIÓN POR DESTILACIÓN FRACCIONADA**



Fuente: <https://www.ecured.cu/images/f/fa/Destilacin-fraccionada.gif>.

### 2.2.15. Extracción Soxhlet

La extracción Soxhlet ha sido (y en muchos casos, continúa siendo) el método estándar de extracción de muestras sólidas más utilizado desde su diseño en el siglo pasado, y actualmente, es el principal método de referencia con el que se comparan otros métodos de extracción. Además de muchos métodos de la EPA (U.S. Environmental Protection Agency) y de la FDA (Food and Drugs Administration) utilizan esta técnica clásica como método oficial para la extracción continua de sólidos.

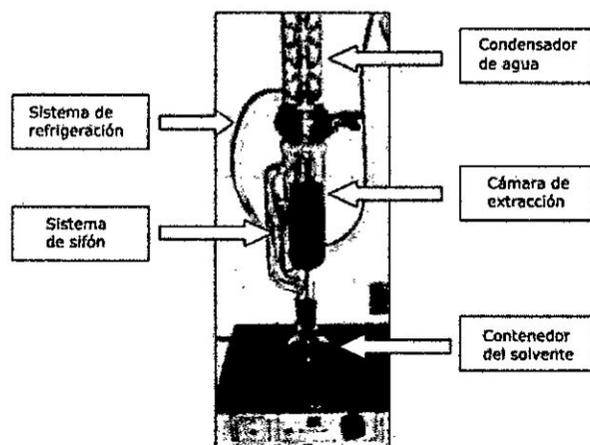
En este procedimiento la muestra sólida finamente pulverizada se coloca en un cartucho de material poroso que se sitúa en la cámara del extractor soxhlet.

Se calienta el disolvente extractante, situado en el matraz, se condensan sus vapores que caen, gota a gota, sobre el cartucho que contiene la muestra, extrayendo los analitos solubles. Cuando el nivel del disolvente condensado en la cámara alcanza la parte superior del sifón lateral, el disolvente, con los analitos disueltos, asciende por el sifón y retorna al matraz de ebullición. Este proceso se repite hasta que se completa la extracción de los analitos de la muestra y se concentran en el disolvente.

Fuente: Grupo de Investigación en Bioquímica y Nutrición Animal- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Determinación del contenido graso de leche en polvo: extracción soxhlet.

## 2.2.16. Equipo de Extracción Soxhlet

**FIGURA N° 2.8**  
**EQUIPO DE EXTRACCIÓN SOXHLET**



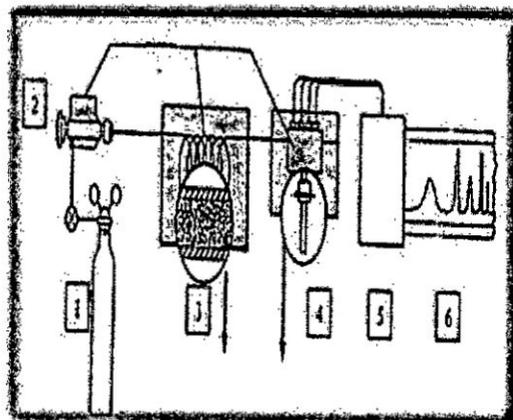
Fuente: [http://www.bvs.sld.cu/revistas/pla/vol18\\_1\\_13/pla141113.htm](http://www.bvs.sld.cu/revistas/pla/vol18_1_13/pla141113.htm). Año 2012.

## 2.2.17. Equipo para Cromatografía de Gases

Es una técnica cromatográfica en la que la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica. La fase móvil es un gas inerte, (nitrógeno o helio) que transporta la muestra volatilizada en el inyector a través de la columna cromatográfica. La fase estacionaria generalmente está constituida por una columna de metil polisiloxano, o derivados de éste.

FIGURA N°2.9

DIAGRAMA DE UN EQUIPO DE CROMATOGRAFÍA DE GASES



Fuente: <https://es.slideshare.net/BessyCaroiz/cromatografia-de-gases-38041704>.

Donde:

1. Gas de arrastre o portador.
2. Puerto de inyección.
3. Una columna.
4. Un registrador o cualquier otro dispositivo de salida para medir la señal del detector.
5. Un detector.
6. Cromatogramas.

2.2.18. Índice de refracción

El índice de refracción de un aceite se define como la razón de la velocidad de la luz en el vacío con respecto a la velocidad de la luz en el aceite evaluado.

El índice de refracción en un aceite guarda una relación directa con su viscosidad. Parte del control de calidad durante la producción de aceites es asegurar una viscosidad constante.

Medir la viscosidad directamente implica tomar una muestra del aceite, mientras que medir el índice de refracción es más rápido y se hace usando métodos ópticos sin siquiera tocar el aceite.

El índice de refracción es característico dentro de ciertos límites para cada aceite por lo que es un indicador de pureza del aceite.

Fuente: Control de calidad de aceites vegetales. Disponible en <https://es.slideshare.net/maryluz/control-de-calidad-de-aceites-vegetales-por-qf-maril-roxana-soto-vsquez>. Artículo web Consultado el 25 de Mayo del 2017.

### **2.3. Definiciones de términos básicos**

**a) Aceite esencial.** - son sustancias que se encuentran en diferentes tejidos vegetales. Los antiguos alquimistas los llamaban "alma de las plantas", pues contienen numerosos compuestos químicos naturales, procedentes de la planta de la que se extraen, que podemos utilizar como remedio casero en numerosas situaciones.

**b) Aceite esencial de Jengibre.** - es un aroma cálido y especiado. Tiene propiedades antiinflamatorias.

**c) Condensación.** - se conoce como condensación el proceso físico consistente en el paso de una sustancia de estado vapor a estado líquido.

**d) Ebullición.** - temperatura a la cual una sustancia pasa de estado líquido a gas.

**e) Extracción.** - es la técnica de separación de un compuesto a partir de una mezcla sólida o líquida, aprovechando las diferencias de solubilidad de los componentes de la mezcla en un disolvente adecuado.

**f) Jengibre.** - es una planta de la familia de las zingiberáceas, cuyo tallo subterráneo es un rizoma horizontal muy apreciado por su aroma y sabor picante.

**g) Presión de vapor.** - es la presión que provoca el vapor en equilibrio con el líquido o el sólido que lo origina a una determinada temperatura.

## CAPÍTULO III

### VARIABLES E HIPÓTESIS

#### 3.1. Variables de la investigación

- a) Método que nos da un mayor rendimiento de aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*).
- b) Características físicas y taxonómicas del jengibre (*Zingiber officinale*).
- c) Las características fisicoquímicas del aceite esencial del Jengibre (*Zingiber officinale*).
- d) Condiciones de extracción favorables para la obtención del aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*).

#### 3.2. Operacionalización de variables

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
Método que nos da un mayor rendimiento de aceite esencial de jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ).	- Cantidad de aceite esencial de jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ) extraído.	- Porcentaje de aceite esencial extraído (%).	- Experimento en laboratorio.
VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO

<p>X<sub>1</sub>=Características físicas y taxonómicas del jengibre (<i>Zingiber officinale</i>).</p>	<p>-Estudio botánico.</p>	<p>- Tamaño. - División. - Familia. - Especie.</p>	<p>-Estudio botánico.</p>
<p>X<sub>2</sub> = Las características fisicoquímicas del aceite esencial de Jengibre (<i>Zingiber officinale</i>).</p>	<p>- Propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de jengibre (<i>Zingiber officinale</i>).</p>	<p>- Densidad (g/cm<sup>3</sup>). - Densidad relativa (g/cm<sup>3</sup>). -Composición química (%).</p>	<p>-Cromatografía de gases Espectrometría de masas (CGEM).</p>
<p>X<sub>3</sub>= Condiciones de extracción favorables para la obtención del aceite esencial de jengibre (<i>Zingiber officinale</i>).</p>	<p>- Condiciones de extracción favorables.</p>	<p>-Cantidad de jengibre (gr). - Cantidad de solvente (ml). - Tamaño de partícula (mm).</p>	<p>- Experimento en laboratorio.</p>

### 3.3. Hipótesis

#### 3.3.1. Hipótesis General

El método que nos da un mayor rendimiento de aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*) es por extracción mediante equipo Soxhlet.

### 3.3.2. Hipótesis Específicas

- a) Las características físicas y taxonómicas del jengibre (*Zingiber officinale*) son: tamaño, división, familia y especie.
- b) Las características fisicoquímicas del aceite esencial del Jengibre (*Zingiber officinale*) son: densidad, densidad relativa y composición química.
- c) Las condiciones de extracción favorables para la obtención del aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*) son: cantidad de masa de jengibre, la cantidad de solvente y tamaño de partícula.

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA**

#### **4.1. Tipo de investigación**

##### **4.1.1. Por su finalidad**

Nuestra investigación fue del tipo aplicada ya que nuestros resultados servirán para ser aplicadas en la práctica.

##### **4.1.2. Por su diseño interpretativo**

Nuestra investigación fue del tipo experimental ya que nuestros estudios se realizarán mediante la observación, registro y análisis de las variables intervinientes.

##### **4.1.3. Por el énfasis en la naturaleza de los datos manejados**

Nuestra investigación fue del tipo cuantitativo y cualitativo.

##### **4.1.4. Por su temporalidad**

Nuestra investigación fue transversal, ya que se realizará en un momento determinado.

#### **4.2. Diseño de la Investigación**

##### **4.2.1. Definición del escenario de la investigación.**

La investigación se realizó en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios (LOPU) y laboratorio de Investigación y Desarrollo de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao.

#### 4.2.2. Materiales y equipos usados

##### Materia prima e insumos

- Para el método por arrastre de vapor
  - a) Materia Prima: Jengibre, (fresco).
  - b) Solvente: Agua.
- Para el método Soxhlet
  - a) Materia Prima: Jengibre, (fresco).
  - b) Solvente: Etanol (Cañazo)

##### Equipos y accesorios

- Para el método por Arrastre de Vapor

Se usará el equipo de extracción por arrastre de vapor que consta de:

  - Dos recipientes de acero
  - Un Termómetro.
  - Un condensador.
  - Un florentino.
  - Envases de vidrio de color ámbar.
  - Cronometro digital.
  - Balanza digital.
- Para el método Soxhlet

Se ha usado el equipo Soxhlet que consta de:

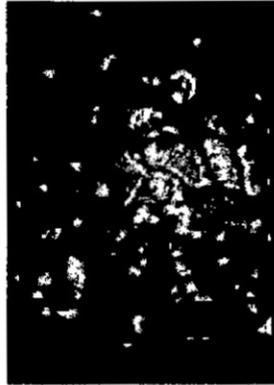
  - Cocina eléctrica de 1500 watts.

**FIGURA N°4.1  
LAVADO DEL JENGIBRE**



Fuente: Foto tomada en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarias

**FIGURA N°4.2  
OREADO DEL JENGIBRE**

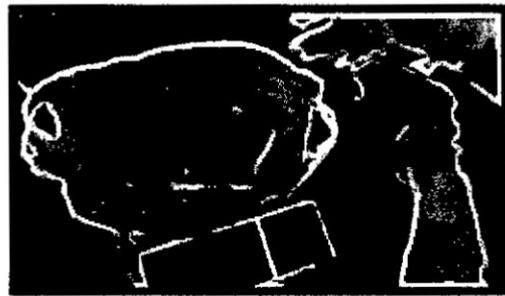


Fuente: Foto tomada en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarias

**FIGURA N°4.3  
PICADO DEL JENGIBRE**

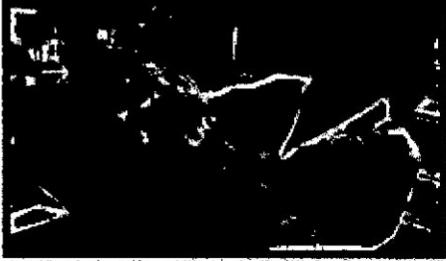


**FIGURA N°4.4  
PESADO DEL JENGIBRE**



Fuente: Foto tomada en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarias

**FIGURA N°4.5  
MEDICIÓN DEL SOLVENTE**



**FIGURA N°4.6  
LLENADO DEL SOLVENTE**



Fuente: Foto tomada en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarias

**FIGURA N°4.7  
COLOCACIÓN DEL JENGIBRE**



**FIGURA N°4.8  
EQUIPO DE ARRASTRE**



Fuente: Foto tomada en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarias

**FIGURA N° 4.9  
OBTENCIÓN DEL ACEITE  
ESENCIAL**



**FIGURA N°4.10  
ALMACENAMIENTO DEL  
ACEITE ESENCIAL**



Fuente: Foto tomada en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarias

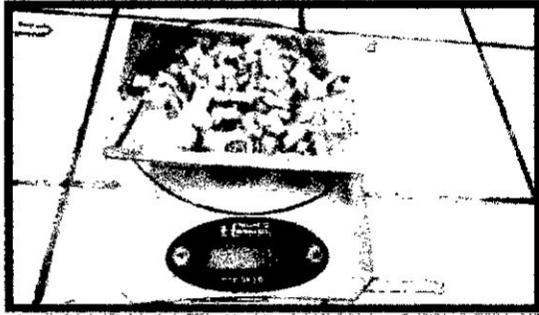
❖ Para el Método Soxhlet

Se obtuvieron 440 gr de jengibre de la ciudad de Pichanaki, la muestra fue previamente acondicionada, para esto se realizó una limpieza para eliminar restos de tierra adherida, luego se procedió a lavarlo para retirar últimos vestigios de tierra que pudiera tener se lo deja escurrir y se le dejó orear por 2 horas para eliminar el exceso de humedad, luego se cortó el jengibre con espesores de 1 y 0.5 cm, los diferentes pesos y tamaño de partícula se muestran en la Tabla N° 4.4. La muestra de jengibre se colocó en el cuerpo de Soxhlet, en un balón de 250mL de capacidad y se agregó el solvente destilado a un balón de 250ml de capacidad. (Véase Tabla N° 4.4.).

La cocina eléctrica fue conecta a baja temperatura, el solvente al calentarse se evapora y asciende hacia la parte superior del cuerpo donde se condensó por refrigeración con agua y cae sobre la muestra, regresando posteriormente al matraz por el sifón arrastrando consigo el aceite, generándose el ciclo cerrado. Se colocó el recuperador de solvente al aparato cuando contiene poco solvente (momento antes que sea que este sea sifonado desde el cuerpo).

Luego hemos evaporado, concentrado y recuperado el solvente, finalmente se pesó y determinó la cantidad total del aceite extraído de la muestra y expresarlo en porcentaje.

**FIGURA N°4.11  
PESADO DEL JENGIBRE**



**FIGURA N°4.12  
MEDICIÓN DEL SOLVENTE**



Fuente: Foto tomada en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarias

**FIGURA N°4.13  
LLENADO DEL JENGIBRE**



**FIGURA N°4.14  
ARMADO DEL EQUIPO SOXHLET**



Fuente: Foto tomada en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarias

**FIGURA N°4.15  
RECUPERACIÓN DEL SOLVENTE**



Fuente: Foto tomada en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarias

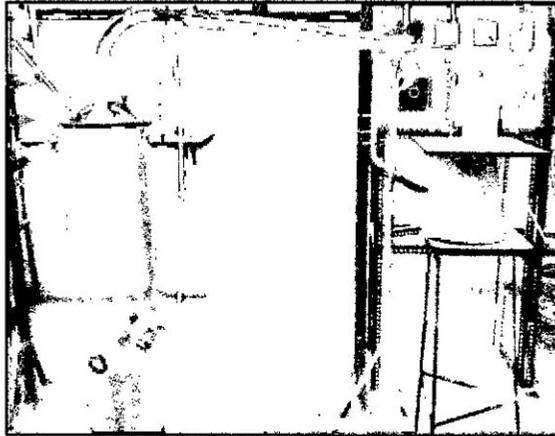
#### 4.2.4. Diseño del equipo experimental

Para la realización del desarrollo experimental de la extracción de aceite esencial de jengibre mediante el método de arrastre con vapor y Soxhlet, se evaluaron las características del equipo experimental que se usará.

- ❖ Equipo para el Método de Arrastre con Vapor

**FIGURA N° 4.16**

**DIAGRAMA DE EQUIPO DE ARRASTRE CON VAPOR**



Fuente: Foto tomada en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarias

❖ Equipo para el Método Soxhlet

**FIGURA N° 4.17**

**DIAGRAMA DE EQUIPO DE ARRASTRE DE VAPOR**



Fuente: Foto tomada en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ingeniería Química – UNAC

#### 4.2.5. Elegir el método o modelo de diseño

Dado los fundamentos del proceso de extracción de aceites esenciales, los métodos que se usarán serán: el de arrastre con vapor y Soxhlet con la finalidad de comparar los rendimientos de estos métodos de extracción.

##### ❖ Método por Arrastre con Vapor

Se ha usado el equipo de arrastre de vapor que se encuentra en el Laboratorio de Operaciones de Procesos Unitarios (LOPU). La muestra de jengibre fue lavada, cortada y pesada. Dicha muestra se colocó en el recipiente cilíndrico de acero.

El solvente que es el agua se colocó en el tanque inferior, dicho solvente al calentarse genera vapor que asciende hacia la parte superior del cuerpo donde se encuentra la muestra siendo arrastrado a un condensador luego se obtiene el aceite en un florentino.

##### ❖ Método Soxhlet

Se ha usado el equipo de Soxhlet con recuperación de solvente. La muestra de jengibre fue lavada, picada y pesada. La muestra se coloca en el cuerpo de Soxhlet y se ha agregado el solvente destilado hasta que una parte del mismo sea sifonada hacia el matraz.

La cocina eléctrica fue conectada a baja temperatura, el solvente al calentarse se evapora y asciende hacia la parte superior del cuerpo donde se condensa por refrigeración con agua y cae sobre la

muestra, regresando posteriormente al matraz por el sifón arrastrando consigo el aceite, generándose el ciclo cerrado, se coloca el recuperador de solvente al aparato cuando contiene poco solvente (momento antes que sea que este sea sifonado desde el cuerpo).

Luego hemos evaporado, concentrado y recuperado el solvente, finalmente se ha pesado y determinado la cantidad total del aceite extraída de la muestra y expresarlo en porcentaje.

#### 4.2.6. Determinar las variables de diseño

Se ha estudiado la extracción de aceite esencial de Jengibre en forma experimental mediante el método de arrastre con vapor como solvente el agua y el método del Soxhlet con etanol como solvente.

Las variables cuantitativas de importancia a controlar son: Cantidad de materia prima (alimentación de jengibre picado), cantidad de solvente, relación líquido - sólido, % rendimiento de extracción, tiempo y velocidad de extracción.

Los experimentos se realizaron a nivel de laboratorio para determinar los efectos de las variables mencionadas sobre el rendimiento de extracción del aceite esencial de Jengibre, tiempo de extracción y la relación de solvente a materia prima; y el performance de los equipos e instrumentos de medición.

Para este caso se usó el diseño factorial para analizar los efectos causados por los diferentes factores estudiados durante el proceso de

extracción. La estructura del diseño de experimento tiene como modelo  $2^n$ , donde "n" es el número de variables que se usaron, para este trabajo "n" es igual a 3, el cual nos permitió obtener el máximo de su información que se realizó para nuestras tres variables de estudio que serán: tamaño de partícula, cantidad de jengibre y cantidad de solvente, dando un total de 8 experimentos para obtención de aceite esencial de jengibre por el método de arrastre con vapor y Soxhlet.

**TABLA N° 4.1**  
**FACTORES Y NIVELES (MÉTODO DE ARRASTRE CON VAPOR)**

FACTOR	ASIGNACIÓN	NIVEL BAJO	NIVEL ALTO
Masa de Jengibre(Kg)	A	5	7
Cantidad de Solvente (L)	B	6	7
Tamaño de la partícula (cm)	C	0.5	1.0

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N°4.2**  
**FACTORES Y NIVELES (MÉTODO SOXHLET)**

FACTOR	ASIGNACIÓN	NIVEL BAJO	NIVEL ALTO
Masa de Jengibre(g)	A	50	60
Cantidad de Solvente (mL)	B	200	250
Tamaño de la partícula (cm)	C	0.5	1.0

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N°4.3****DISEÑO EXPERIMENTAL (MÉTODO DE ARRASTRE CON VAPOR)  
PARA DETERMINAR CONDICIONES DE EXTRACCIÓN**

Número de experiencias	Variables			Vector de respuesta	
	a	b	c	% Extracción	Tiempo de Extracción
1	5	6	1.0	E <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>
2	7	6	1.0	E <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>
3	5	6	0.5	E <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>
4	7	6	0.5	E <sub>4</sub>	T <sub>4</sub>
5	5	7	1.0	E <sub>5</sub>	T <sub>5</sub>
6	7	7	1.0	E <sub>6</sub>	T <sub>6</sub>
7	5	7	0.5	E <sub>7</sub>	T <sub>7</sub>
8	7	7	0.5	E <sub>8</sub>	T <sub>8</sub>

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

a = masa de jengibre (Kg)

b = cantidad de solvente (L)

c = tamaño de partícula (cm)

**TABLA N°4.4**  
**DISEÑO EXPERIMENTAL (MÉTODO SOXHLET)**  
**PARA DETERMINAR CONDICIONES DE EXTRACCIÓN**

Número de experiencias	Variables			Vector de respuesta	
	a	b	C	% Extracción	Tiempo de Extracción
1	50	200	1.0	E <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>
2	60	200	1.0	E <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>
3	50	200	0.5	E <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>
4	60	200	0.5	E <sub>4</sub>	T <sub>4</sub>
5	50	250	1.0	E <sub>5</sub>	T <sub>5</sub>
6	60	250	1.0	E <sub>6</sub>	T <sub>6</sub>
7	50	250	0.5	E <sub>7</sub>	T <sub>7</sub>
8	60	250	0.5	E <sub>8</sub>	T <sub>8</sub>

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

a = masa de jengibre (g)

b = cantidad de solvente (mL)

c = tamaño de partícula (cm)

a) Balance de Materia

Materia Prima e Insumos

El material vegetal que se usó en la extracción de aceite esencial de Jengibre fue material fresco proveniente de la ciudad de Pichanaqui.

De acuerdo al número de corridas experimentales son:

**TABLA N°4.5**

**BALANCE DE MATERIA (MÉTODO DE ARRASTRE CON VAPOR)**

Material	Cantidades (Kg)	Densidad aparente	Volumen
Jengibre	48 Kg	0.48 Kg/L	100 L
Agua	52kg	1 Kg/L	52L

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N°4.6**

**BALANCE DE MATERIA (MÉTODO SOXHLET)**

Material	Cantidades (gr)	Densidad aparente	Volumen
Jengibre	440	0.68 gr/mL	647. 06 mL
Agua	1800	1 gr/mL	1800 mL

Fuente: Elaboración propia

❖ Parámetros a evaluar

- Velocidad de Extracción (Método arrastre con Vapor)

Se realizó el gráfico tiempo vs volumen extraído de aceite esencial de jengibre.

**TABLA N°4.7****VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN (EXPERIENCIA 1-VER TABLA N 4.3)**

V (mL)	T (s)
V <sub>1</sub>	T <sub>0</sub>
V <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>
V <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>
V <sub>4</sub>	T <sub>3</sub>
V <sub>5</sub>	T <sub>4</sub>
V <sub>6</sub>	T <sub>5</sub>
V <sub>7</sub>	T <sub>7</sub>
V <sub>8</sub>	T <sub>8</sub>

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N°4.8****VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN (EXPERIENCIA 2-VER TABLA N 4.3)**

V (mL)	T (min)
V <sub>1</sub>	T <sub>0</sub>
V <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>
V <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>
V <sub>4</sub>	T <sub>3</sub>
V <sub>5</sub>	T <sub>4</sub>
V <sub>6</sub>	T <sub>5</sub>
V <sub>7</sub>	T <sub>7</sub>
V <sub>8</sub>	T <sub>8</sub>

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N°4.9****VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN (EXPERIENCIA 3-VER TABLA N 4.3)**

V (mL)	T (min)
V <sub>1</sub>	T <sub>0</sub>
V <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>
V <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>
V <sub>4</sub>	T <sub>3</sub>
V <sub>5</sub>	T <sub>4</sub>
V <sub>6</sub>	T <sub>5</sub>
V <sub>7</sub>	T <sub>7</sub>
V <sub>8</sub>	T <sub>8</sub>

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N°4.10****VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN (EXPERIENCIA 4-VER TABLA N 4.3)**

V (mL)	T (min)
V <sub>1</sub>	T <sub>0</sub>
V <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>
V <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>
V <sub>4</sub>	T <sub>3</sub>
V <sub>5</sub>	T <sub>4</sub>
V <sub>6</sub>	T <sub>5</sub>
V <sub>7</sub>	T <sub>7</sub>
V <sub>8</sub>	T <sub>8</sub>

Fuente: Elaboración propia

- Rendimiento de Extracción

Para el Método de Arrastre de Vapor

Se halló el rendimiento con la siguiente fórmula:

$$\%R = \frac{vf}{vi} = \frac{\text{cantidad extraido}}{\text{cantidad inicial}}$$

**TABLA N°4.11**

**RENDIMIENTOS POR ARRASTRE CON VAPOR**

N° de Experiencia	Masa de Jengibre (Kg)	Masa de Aceite Esencial (g)	Rendimiento (%)
1	5.0	M <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>
2	7.0	M <sub>2</sub>	R <sub>2</sub>
3	5.0	M <sub>3</sub>	R <sub>3</sub>
4	7.0	M <sub>4</sub>	R <sub>4</sub>
5	5.0	M <sub>5</sub>	R <sub>5</sub>
6	7.0	M <sub>6</sub>	R <sub>6</sub>
7	5.0	M <sub>7</sub>	R <sub>7</sub>
8	7.0	M <sub>8</sub>	R <sub>8</sub>

Fuente: Elaboración propia

Para el Método de Soxhlet

Se halló el rendimiento con la siguiente fórmula:

$$\%R = \frac{vf}{vi} = \frac{\text{cantidad extraido}}{\text{cantidad inicial}}$$

#### 4.3.2. Tamaño de muestra

El tamaño de la muestra de estudio fue de 50 Kg. de jengibre para la extracción por arrastre de vapor y Soxhlet.

#### 4.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Hemos usado en la presente tesis la técnica observacional, técnica de análisis químicos e instrumentales.

a) Determinación de las propiedades físicas de los aceites esenciales

➤ Determinación de la densidad y de la densidad relativa.

NTP NTP-ISO 279:2011

Principio del método: Se halló la densidad del aceite esencial mediante la relación de masa sobre volumen extraído.

➤ Identificación y cuantificación de los componentes del aceite esencial del jengibre por cromatografía de gases

Esta técnica permite obtener el espectro de masas de cada componente del aceite esencial con el cual se obtiene el peso molecular e información estructural.

Instrumentos de recolección de datos.

#### 4.5. Procedimientos de recolección de datos

En esta etapa se procedió a desarrollar la extracción de aceite esencial de jengibre, posteriormente se determinaron sus propiedades fisicoquímicas con la finalidad de cumplir con los objetivos y las hipótesis de la presente

tesis. También se realizó la recolección de información sobre las características físicas y taxonómicas del jengibre y de su aceite esencial.

#### **4.6. Procesamiento estadístico y análisis de datos**

En esta investigación se trabajó con gráficos estadísticos, para lo cual es usó el programa de Excel 2016, el cual nos ayudó a identificar el grado de importancia en la investigación.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

Con el objetivo de encontrar el método que nos da un mayor rendimiento en el proceso de extracción de aceite esencial de jengibre, al cambiar las variables independientes tales como: masa de jengibre, cantidad de solvente y tamaño de partícula usando vapor de agua y etanol como solventes extractores, se ha realizado el programa experimental diseñado en la tabla N° 4.3 y tabla N° 4.4.

En base al diseño factorial  $2^3$ , se hicieron 8 corridas con agua y 8 corridas con etanol y se obtuvieron los resultados que se muestran en las tablas N°5.1 y N°5.2.

Los resultados de la obtención y caracterización del aceite esencial de Jengibre con la que se obtuvo un mayor rendimiento fue con la extracción Soxhlet a las condiciones óptimas con etanol (masa de jengibre g, mL de solvente y mm de tamaño de partícula).

Se muestran las propiedades físicas en la tabla N° 5.9 y en las propiedades químicas en la tabla 5.10.

Los valores de volumen (ml) y tiempo (min) medidos durante la extracción por arrastre de vapor se muestran en las tablas N° 5.3, 5.4, 5.5, 5.6.

Los rendimientos de Extracción por los métodos de arrastre de vapor y Soxhlet se muestran en las tablas N° 5.7 y N° 5.8 respectivamente.

**TABLA N°5.1****VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE  
ESENCIAL DE JENGIBRE POR ARRASTRE CON VAPOR**

Número de experiencias	Variables			Vector de respuesta	
	a	B	c	% Extracción	Tiempo de Extracción (min)
1	5	6	1.0	0.042	43
2	7	6	1.0	0.053	46
3	5	6	0.5	0.068	41
4	7	6	0.5	0.049	26
5	5	7	1.0	0.023	38
6	7	7	1.0	0.031	20
7	5	7	0.5	0.014	50
8	7	7	0.5	0.083	16

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

a = masa de jengibre (Kg)

b = cantidad de solvente (L)

c = tamaño de partícula (cm)

**TABLA N°5.2****VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE  
ESENCIAL DE JENGIBRE POR SOXHLET**

Número de experiencias	Variables			Vector de respuesta	
	a	b	C	% Extracción	Tiempo de Extracción (min)
1	50	200	1.0	11%	98
2	60	200	1.0	12%	110
3	50	200	0.5	12%	130
4	60	200	0.5	14%	120
5	50	250	1.0	12%	105
6	60	250	1.0	15%	93
7	50	250	0.5	12%	201
8	60	250	0.5	15%	175

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

a = masa de jengibre (g)

b = cantidad de solvente (mL)

c = tamaño de partícula (cm)

**TABLA N°5.13****VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN (EXPERIENCIA 1-VER TABLA N° 4.3)**

V (mL)	T (min)
1.0	0.00
1.5	2.50
1.5	5.00
2.0	10.75
2.5	18.25
3.0	23.66
3.5	35.60
4.0	43.00

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N°5.14****VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN (EXPERIENCIA 2-VER TABLA N° 4.3)**

V (mL)	T (min)
1.0	0.00
2.0	2.03
3.0	3.03
4.0	6.45
5.0	8.45
6.0	13.88
7.0	26.88
8.0	46.88

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 5.5****VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN (EXPERIENCIA 3-VER TABLA N° 4.3)**

V (mL)	T (min)
1.0	0.00
1.8	1.33
2.0	2.57
3.0	3.78
4.0	5.55
4.5	9.03
5.0	14.38
6.0	18.68
6.5	22.68

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 5.6****VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN (EXPERIENCIA 4-VER TABLA N° 4.3)**

V (mL)	T (min)
1.0	0.00
2.0	1.23
3.0	3.48
4.0	8.10
5.0	11.18
6.0	19.83
7.0	26.50
8.0	27.73

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 5.7****VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN (EXPERIENCIA 5-VER TABLA N° 4.3)**

V (mL)	T (min)
1.0	0
2.0	5.15
2.5	10.7
3.0	18.2
3.0	23.23
3.0	34.85
3.2	37.96

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N°5.8****VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN (EXPERIENCIA 6-VER TABLA N° 4.3)**

V (mL)	T (min)
1.0	0.00
2.0	2.16
3.0	7.00
3.0	13.16
3.5	19.68

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 5.9**

**VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN (EXPERIENCIA 7-VER TABLA N° 4.3)**

V (mL)	T (min)
1.0	0.00
2.0	20.00
2.0	30.00
2.5	40.00
2.5	50.00

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 5.10**

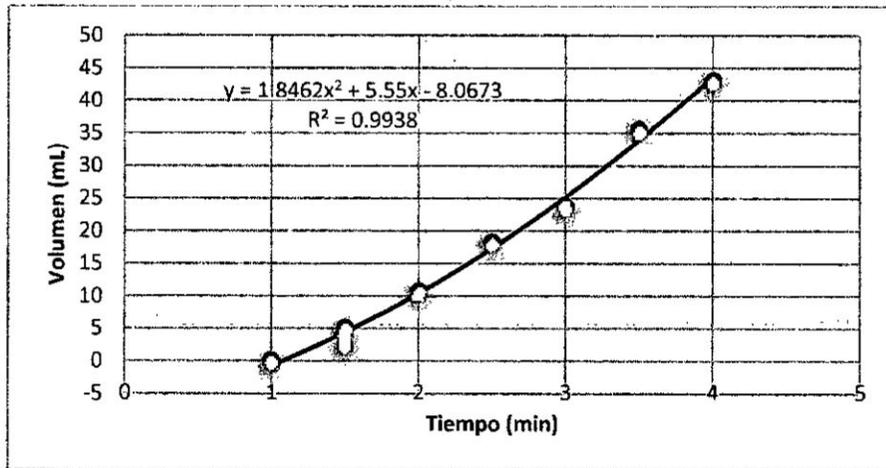
**VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN (EXPERIENCIA 8-VER TABLA N° 4.3)**

V (mL)	T (min)
1.0	0.00
2.0	3.17
2.5	5.08
3.0	8.08
4.0	12.45
4.5	16.2

Fuente: Elaboración propia

### GRÁFICA N° 5.1

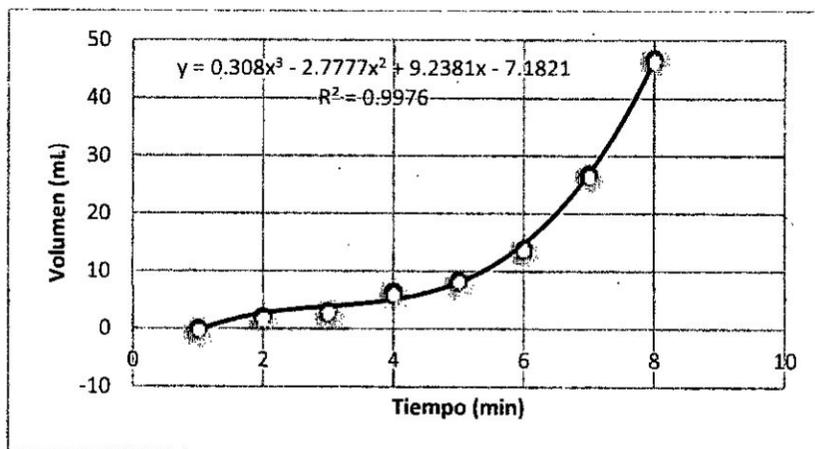
#### VOLUMEN VS TIEMPO (VER TABLA N° 5.3)



Fuente: Elaboración propia

### GRÁFICA N° 5.2

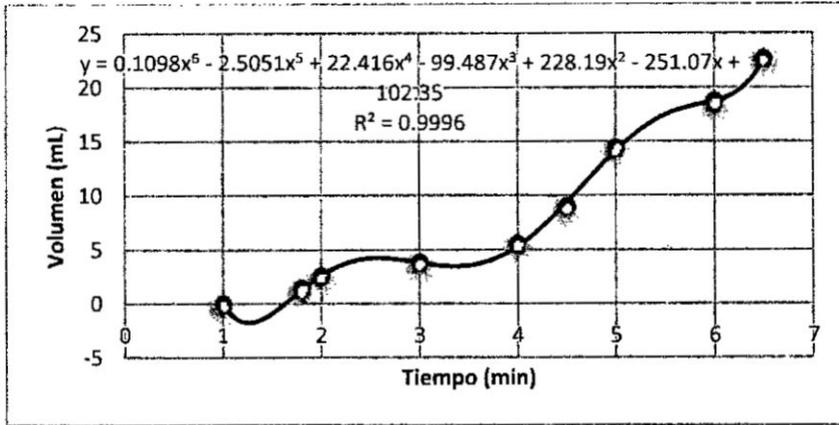
#### VOLUMEN VS TIEMPO (VER TABLA N° 5.4)



Fuente: Elaboración propia

### GRÁFICA N° 5.2

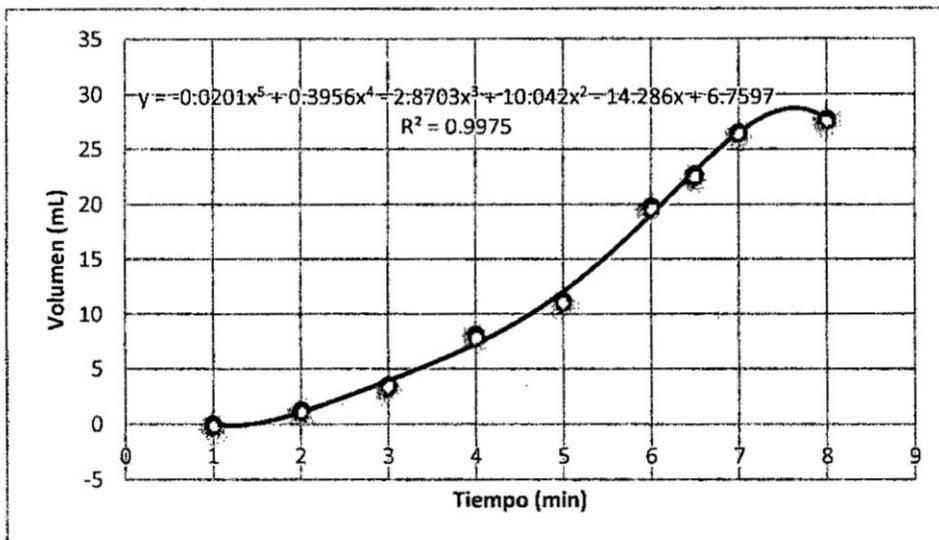
#### VOLUMEN VS TIEMPO (VER TABLA N° 5.5)



Fuente: Elaboración propia

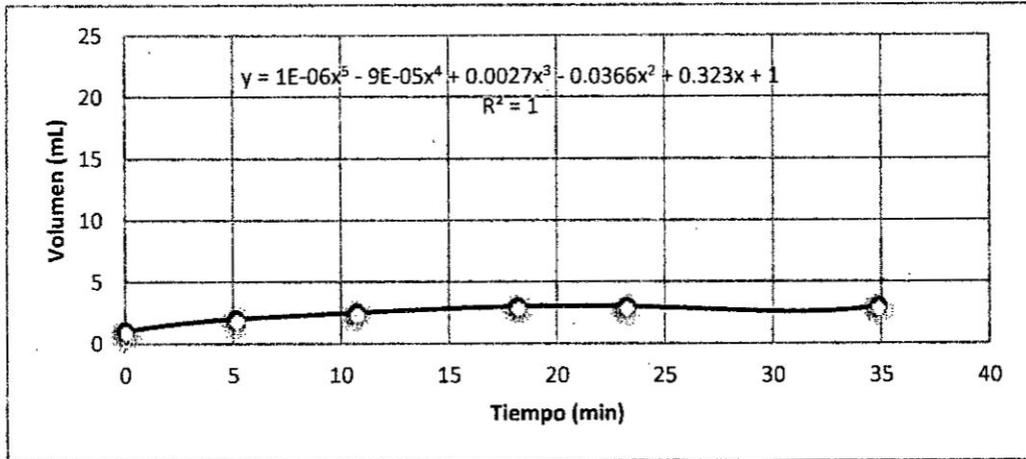
### GRÁFICA N° 5.3

#### VOLUMEN VS TIEMPO (VER TABLA N° 5.6)



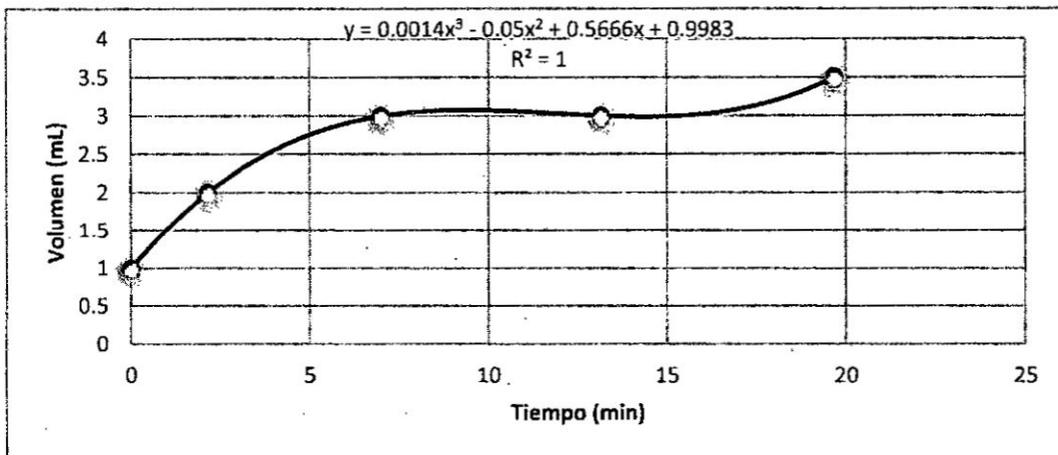
Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICA N° 5.5**  
**VOLUMEN VS TIEMPO (VER TABLA N° 5.7)**



Fuente: Elaboración propia

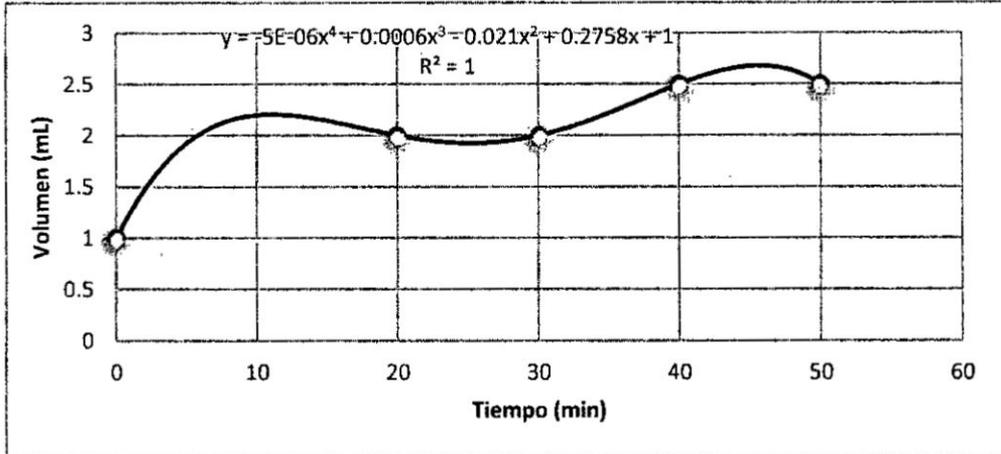
**GRÁFICA N° 5.6**  
**VOLUMEN VS TIEMPO (VER TABLA N° 5.8)**



Fuente: Elaboración propia

### GRÁFICA N° 5.7

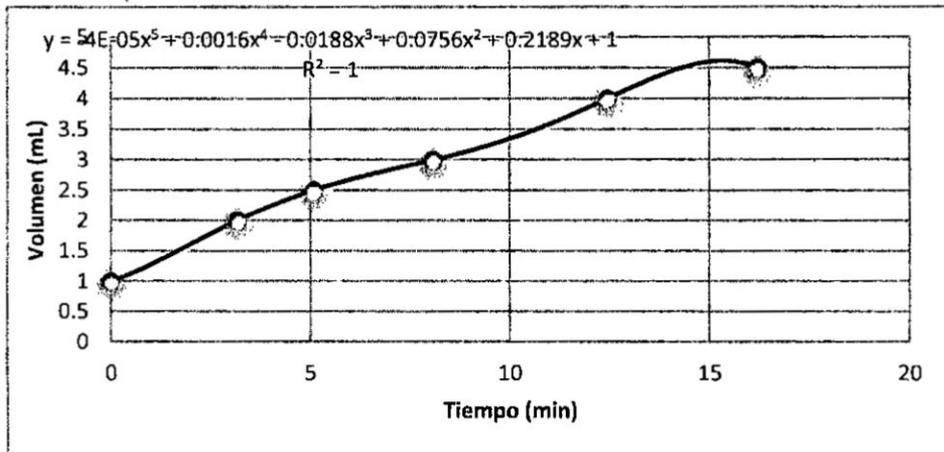
#### VOLUMEN VS TIEMPO (VER TABLA N° 5.9)



Fuente: Elaboración propia

### GRÁFICA N° 5.8

#### VOLUMEN VS TIEMPO (VER TABLA N° 5.10)



Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 5.11****RENDIMIENTOS POR ARRASTRE CON VAPOR**

N° de Experiencia	Masa de Jengibre (Kg)	Masa de Aceite Esencial (g)	Rendimiento (%)
1	5.0	2.1	0.042
2	7.0	3.7	0.053
3	5.0	3.4	0.068
4	7.0	3.4	0.049
5	5.0	1.1	0.023
6	7.0	2.5	0.031
7	5.0	0.7	0.014
8	7.0	5.8	0.083

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 5.12****RENDIMIENTOS POR EL MÉTODO DE SOXHLET**

N° de Experiencia	Masa de Jengibre (g)	Masa de Aceite Esencial (g)	Rendimiento (%)
1	50	5.5	11
2	60	7.0	12
3	50	6.0	12
4	60	8.3	14
5	50	6.0	12
6	60	9.0	15
7	50	6.0	12
8	60	9.0	15

Fuente: Elaboración propia

$$V_1 = V_\infty$$

$$\int_{V_0=0}^V \frac{dV}{V_0 - V} = \int_{t=0}^t K_v dt$$

$$\ln \left| \frac{V_\infty - V_0}{V_\infty - V} \right| = K_v dt \quad \dots (11)$$

$$V = V_\infty (1 - e^{-K_v t}) \quad \dots (12)$$

$$\frac{K_m \cdot \rho_{aceite} \cdot A_{ST}}{\rho_{ap} \cdot \varepsilon} = m$$

Se conoce el  $A_{ST} = \pi * \frac{D^2}{4}$ , para todos los casos el  $D = 21 \text{ cm}$

$$A_{ST} = 3.1416 * \frac{21^2}{4}$$

$$A_{ST} = 346.361 \text{ cm}^2$$

La densidad aparente para un tamaño de partícula de 0.5cm es 0.512gr/ml y para un tamaño de partícula de 1cm es 0.640 gr/ml.

Reemplazando los valores obtenidos para cada experiencia se tiene:

- Experiencia N°1

Haciendo un ajuste lineal para cada gráfica se obtuvo la pendiente:

$$m = 14.781$$

$$\text{La } \rho_{aceite} = 0.995 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}$$

$$\rho_{ap} = 0.640 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}$$

Reemplazando en la ecuación 13, se obtuvo

$$\frac{K_m * 0.995 * 346.361}{0.640 * 0.042} = 14.781$$

g/m<sup>2</sup>.min.gr

$$K_m = 0.0012 \frac{g}{m^2 \cdot \text{min} \cdot gr}$$

- Experiencia N°2

$$m = 5.797$$

$$\text{La } \rho_{\text{aceite}} = 0.995 \frac{gr}{ml}$$

$$\rho_{ap} = 0.640 \frac{gr}{ml}$$

Reemplazando en la ecuación 13, se obtuvo

$$\frac{K_m * 0.995 * 346.361}{0.640 * 0.053} = 5.797$$

$$K_m = 0.00057 \frac{g}{m^2 \cdot \text{min} \cdot gr}$$

- Experiencia N°3

$$m = 4.032$$

$$\text{La } \rho_{\text{aceite}} = 0.995 \frac{gr}{ml}$$

$$\rho_{ap} = 0.512 \frac{gr}{ml}$$

Reemplazando en la ecuación 13, se obtuvo

$$\frac{K_m * 0.995 * 346.361}{0.512 * 0.068} = 4.032$$

$$K_m = 0.00041 \frac{g}{m^2 \cdot \text{min} \cdot gr}$$

- Experiencia N°4

$$m = 4.496$$

$$\text{La } \rho_{\text{aceite}} = 0.995 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}$$

$$\rho_{\text{ap}} = 0.512 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}$$

Reemplazando en la ecuación 13, se obtuvo

$$\frac{K_m * 0.995 * 346.361}{0.512 * 0.049} = 4.496$$

$$K_m = 0.00033 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \cdot \text{min} \cdot \text{gr}}$$

- Experiencia N°5

$$m = 0.053$$

$$\text{La } \rho_{\text{aceite}} = 0.995 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}$$

$$\rho_{\text{ap}} = 0.640 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}$$

Reemplazando en la ecuación 13, se obtuvo

$$\frac{K_m * 0.995 * 346.361}{0.6402 * 0.023} = 0.053$$

$$K_m = 0.0000023 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \cdot \text{min} \cdot \text{gr}}$$

- Experiencia N°6

$$m = 0.110$$

$$\text{La } \rho_{\text{aceite}} = 0.995 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}$$

$$\rho_{\text{ap}} = 0.640 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}$$

Reemplazando en la ecuación 13, se obtuvo

$$\frac{K_m * 0.995 * 346.361}{0.640 * 0.031} = 0.110$$

$$K_m = 0.0000063 \frac{g}{m^2 \cdot \text{min} \cdot \text{gr}}$$

- Experiencia N°7

$$m = 0.030$$

$$\text{La } \rho_{\text{aceite}} = 0.995 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}$$

$$\rho_{\text{ap}} = 0.512 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}$$

Reemplazando en la ecuación 13, se obtuvo

$$\frac{K_m * 0.995 * 346.361}{0.512 * 0.014} = 0.030$$

$$K_m = 0.0000006316 \frac{g}{m^2 \cdot \text{min} \cdot \text{gr}}$$

- Experiencia N°8

$$m = 0.213$$

$$\text{La } \rho_{\text{aceite}} = 0.995 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}$$

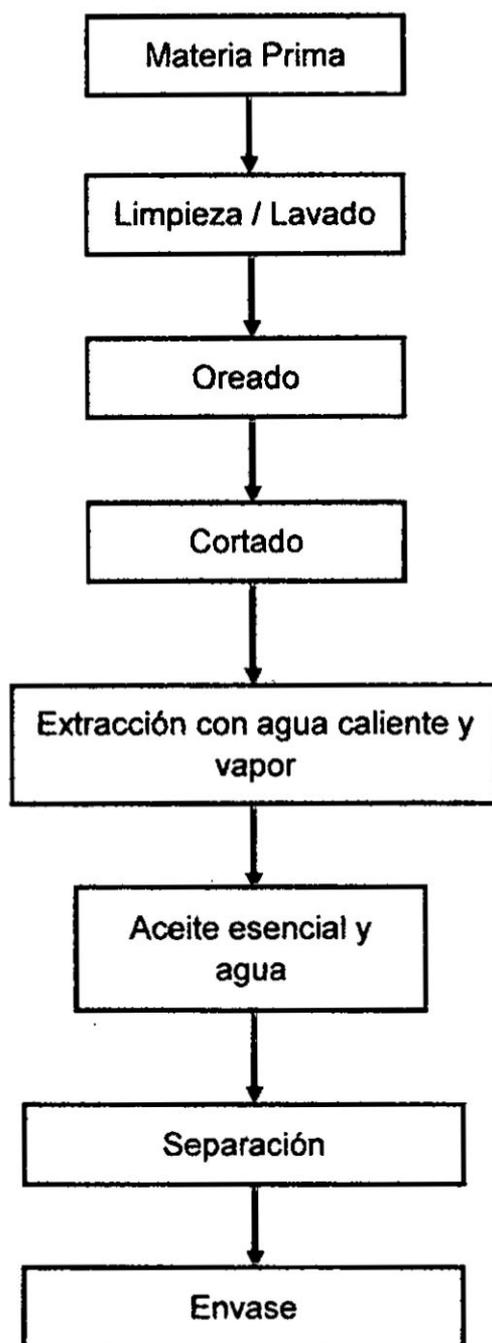
$$\rho_{\text{ap}} = 0.512 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}$$

Reemplazando en la ecuación 13, se obtuvo

$$\frac{K_m * 0.995 * 346.361}{0.512 * 0.083} = 0.213$$

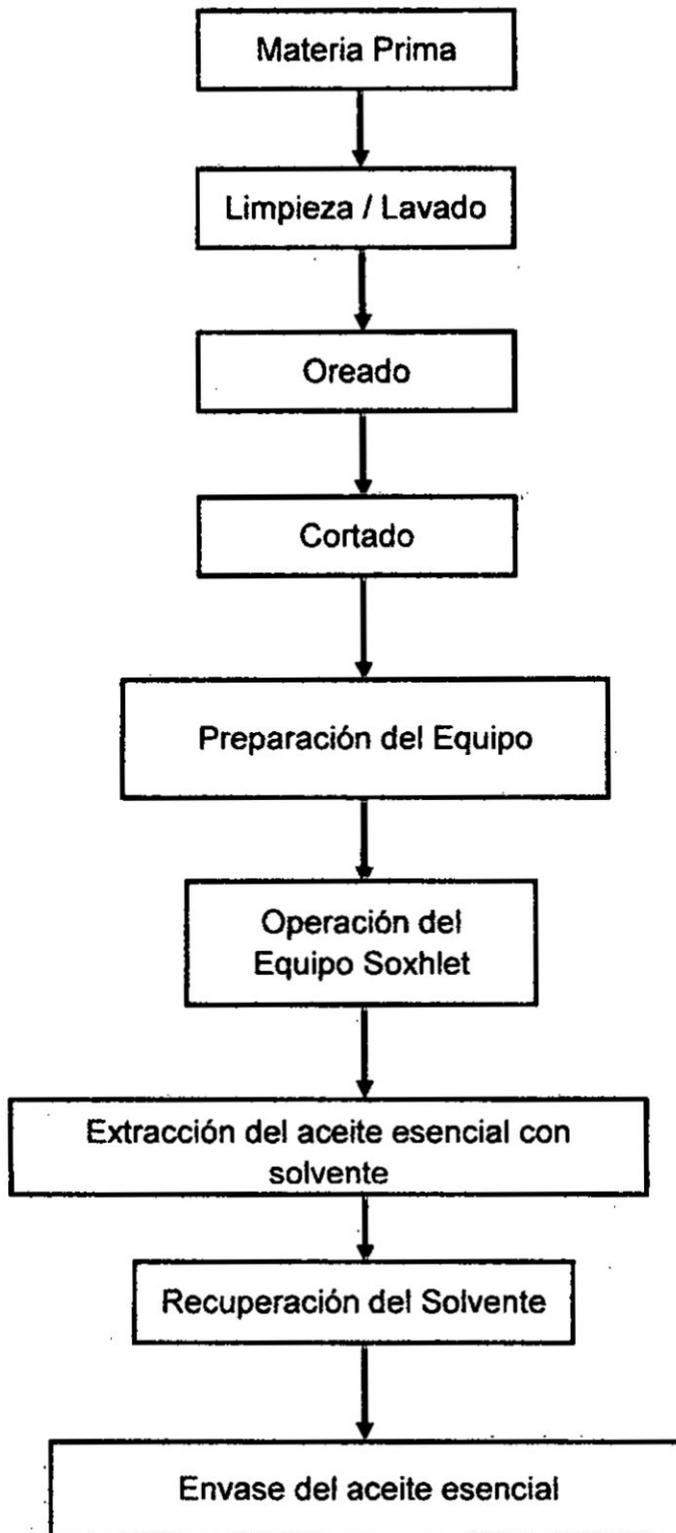
$$K_m = 0.000026 \frac{g}{m^2 \cdot \text{min} \cdot \text{gr}}$$

**FIGURA N ° 5.1**  
**DIAGRAMA DEL PROCESO ELABORADO COMO RESULTADO DE LA**  
**EXPERIMENTACIÓN PARA ARRASTRE CON VAPOR**



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA N ° 5.2**  
**DIAGRAMA DEL PROCESO ELABORADO COMO RESULTADO DE LA**  
**EXPERIMENTACIÓN PARA SOXHLET**



Fuente: Elaboración propia

## **CAPITULO VI**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

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

A partir de los resultados obtenidos se cumple con la hipótesis general el cual establece que aplicando el método Soxhlet nos dio un mayor rendimiento en la obtención del aceite esencial del Jengibre.

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

De acuerdo con los resultados obtenidos no existe una relación con lo que sostienen los antecedentes de estudio, con respecto al método de obtención del aceite esencial de Jengibre, el cual menciona que el mejor método es de arrastre con vapor, esto pudo ser ocasionado por diversos factores, siendo uno de ellos el tratamiento de la materia prima (Jengibre).

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES

1. Se concluye debido al desarrollo experimental de ambos métodos de extracción, que el método que nos da un mayor rendimiento de aceite esencial de Jengibre es por medio del Equipo Soxhlet obteniendo un rendimiento del 15%, a comparación del método de arrastre de vapor donde se obtuvo un rendimiento de 0.083%.
2. El jengibre peruano usado fue de color amarillo, poseía un olor fuerte-picante, en cuanto a su taxonomía pertenece a la división: Magnoliophyta, clase: Liliopsida y a la subclase: Zingiberidae.
3. En la obtención del aceite esencial de jengibre se observó que era de color ámbar oscuro, de consistencia viscosa con una densidad de 0.995 gr/ml y se encontró que el componente principal es el eucalyptol con 32.96%, seguido del citral con 8.59%.
4. Se ha desarrollado el proceso de extracción del aceite esencial de Jengibre experimentalmente a nivel de laboratorio por medio del tipo de extracción por arrastre de vapor y se ha encontrado que el tamaño de partícula, la cantidad de masa del Jengibre y cantidad de solvente influyen en las condiciones del proceso de extracción del aceite esencial de Jengibre, puesto que los resultados muestran que operando con 7 Kilogramos de Jengibre, de 0.5 cm de tamaño de partícula, con 7 Litros de agua como solvente extractor se ha encontrado los siguientes

vectores de respuesta: rendimiento de extracción es del 0.083%, tiempo de extracción 16 minutos.

5. Por otra parte también se desarrolló el proceso de extracción del aceite esencial de Jengibre a nivel de laboratorio por medio del equipo Soxhlet y se ha encontrado que el tamaño de partícula, la cantidad de masa del jengibre y la cantidad de solvente influyen en las condiciones del proceso de extracción de aceite esencial de Jengibre, puesto que los resultados muestran que operando con 60 gramos de jengibre, de 1 cm de tamaño de partícula, con 250 ml de etanol como solvente extractor se ha encontrado los siguientes vectores de respuesta: rendimiento de extracción es del 15%, tiempo de extracción 93 minutos y etapas de extracción optimas 4.

## **CAPITULO VIII**

### **RECOMENDACIONES**

Al concluir la presente tesis, recomendamos:

1. Antes de realizar las experiencias en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios (LOPU) se debe verificar que las conexiones eléctricas se encuentren en buen funcionamiento.
2. Durante el proceso de extracción del aceite esencial de Jengibre por el método de arrastre de vapor verificar que cuando la cantidad de aceite extraída se mantiene constante guardar inmediatamente en un frasco ámbar para evitar su oxidación.

## CAPITULO IX

### REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

1. ACADEMIA INTERNACIONAL DE AROMATERAPIA. **Aceite esencial de jengibre**. Disponible en <http://aromaterapiaenlinea.com/>. Artículo web. Consultada el 02 de mayo del 2017.
2. BIOBEAUTY. **Aceite de Jengibre**. Disponible en: <http://beauty.biotrendies.com/aceites-esenciales/jengibre>. Artículo web. Consultada el 02 de mayo del 2017.
3. BOLETIN AGRARIO. **El Jengibre**. Disponible en: <http://www.boletinagrario.com>. Artículo web. Consultada el 28 de abril del 2017.
4. CEVALLOS MONCAYO, Karen Verónica. **Obtención de aceite esencial crudo de jengibre, Zingiber officinale, mediante los métodos soxhlet y arrastre de vapor**. Tesis pre grado. Quito. Universidad de las Américas. 2012
5. CHILUISA CORDOVA, Jorge; ULLOA CEDEÑO, Paola; MEJÍA CORONEL, Marco Tulio. **Proyecto de extracción de aceite esencial de jengibre como alternativa de exportación**. Tesis de grado. Ecuador. 2009.
6. ECURED. **Destilación fraccionada**. Disponible en [https://www.ecured.cu/Destilaci%C3%B3n\\_fraccionada](https://www.ecured.cu/Destilaci%C3%B3n_fraccionada). Artículo web. Consultado el 05 de mayo del 2017.

16. VÁSQUEZ RIBEYRO, Oscar. **Extracción y caracterización del aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*)**. Revista amazónica de investigación alimentaria. Vol. I: 38 a 42. 2001.

# **ANEXOS**

**“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE (*Zingiber officinale*)”**

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cuál es el método que nos da un mayor rendimiento en la extracción de aceite esencial de jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> )?	Encontrar el método que nos da un mayor rendimiento en la extracción de aceite esencial de jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ).	El método que nos da un mayor rendimiento de aceite esencial de jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ) es por el método de Soxhlet.	X = Método que nos da un mayor rendimiento de aceite esencial de jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ).	-Cantidad de aceite esencial de jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ) extraído.	- Porcentaje de aceite esencial extraído (%).	- Experimento en laboratorio.
SUB – PROBLEMA	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
a. ¿Qué características físicas y taxonómicas presenta el jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> )?	a. Determinar las características físicas y taxonómicas del jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ).	a. Las características taxonómicas del jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ) son: División: Magnoliophyta Familia: Zingiberaceae Especie: <i>Zingiber officinale</i>	a) X <sub>1</sub> =Características físicas y taxonómicas del jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ).	- Estudio botánico.	- División. - Familia. - Especie.	- Estudio botánico.
b. ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del aceite esencial del Jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> )?	b. Determinar las características fisicoquímicas del aceite esencial del Jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ).	b. Las características fisicoquímicas del aceite esencial del Jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ) son: densidad, densidad relativa y composición química.	X <sub>2</sub> = Las características fisicoquímicas del aceite esencial del Jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ).	- Propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ).	- Densidad (g/cm <sup>3</sup> ). - Densidad relativa (g/cm <sup>3</sup> ). - Composición química (%).	-Cromatografía de gases -Espectrometría de masas (CGEM).
c. ¿Cuáles deben ser las condiciones de extracción favorables para la obtención de aceite esencial de jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> )?	c. Determinar las condiciones de extracción favorables para la obtención del aceite esencial de jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ).	c Las condiciones de extracción favorables para la obtención del aceite esencial de jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ) son: cantidad de masa de jengibre, cantidad de solvente y tamaño de partícula.	X <sub>3</sub> = Condiciones de extracción favorables para la obtención del aceite esencial de jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ).	- Condiciones de extracción favorables.	-Cantidad de jengibre (gr). - Cantidad de solvente (mL). -Tamaño de partícula (mm).	- Experimento en laboratorio.



**INFORME TÉCNICO N° 1084 – 17 – LAB. 12**

1. DATOS DEL SOLICITANTE  
1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : MÓNICA GUTIÉRREZ MENESES  
MARÍA TERESA NEYRA ALVA  
1.2 DNI : 45749018  
45806357
2. CRONOGRAMA DE FECHAS  
2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 26 / 07 / 2017  
2.2 FECHA DE ENSAYO : 02 / 07 / 2017  
2.3 FECHA DE EMISIÓN : 04 / 08 / 2017
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANALISIS FISICOQUIMICO  
ANÁLISIS DE CROMATOGRAFIA DE GASES DE  
ACEITE ESENCIAL
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SUMINISTRADO POR EL CLIENTE  
4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE  
4.2 TESIS : OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE ESENCIAL  
DE JENGIBRE (ZINGIBER OFFICINALE)
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 22 °C; Humedad relativa: 64%
7. EQUIPOS UTILIZADOS : CROMATÓGRAFO DE GASES. SHIMADZU, GC-2010 Plus  
AUTOMUESTREADOR: SHIMADZU, AOC-6000  
Detector de espectrometría de masas: SHIMADZU, GCMS-  
QP210 Ultra  
COLUMNA GC: RESTEK. RTX-5MS, 30m x 0.25 mm ID x  
0.25 µm df. Serial: 1346249
8. RESULTADOS  
8.1. ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS



ANÁLISIS	RESULTADOS	MÉTODO DE REFERENCIA
Densidad g/mL	0.995	NTP-ISO 279:2011
Densidad relativa, g/mL	0.997	NTP-ISO 279:2011
Índice de acidez, mg KOH/g aceite	3.922	NTP 319.085:1974
Solubilidad en etanol	Concentración de etanol 50% Soluble a 0.5 mL Opalescente a 8 mL	NTP 319.084:1974
Número de éster, mg KOH/g aceite	17.11	NTP 319.088:1974

8.2. ANÁLISIS CUALITATIVO (COMPONENTES VOLÁTILES)

MUESTRA	COMPONENTE PRINCIPAL	MÉTODO DE REFERENCIA
	Análisis de Componentes Volátiles - Inyección por Headspace (HS)	
Aceite esencial de Jengibre	<p>Eucalyptol</p>  <p>(Área relativa: 32.96%)</p>	Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas

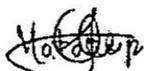
\*Ver en Anexos (Tabla N°1) la lista de compuestos de la muestra, obtenido por el software del equipo GCMSolution de SHIMADZU utilizando la librería NIST.

9. OBSERVACIONES

Se encontraron 68 componentes volátiles en la muestra de aceite esencial de jengibre, siendo los componentes mayoritarios: Eucalyptol (32.96%), Citral (8.59%) y 2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)- (7.22%).

10. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válido solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.



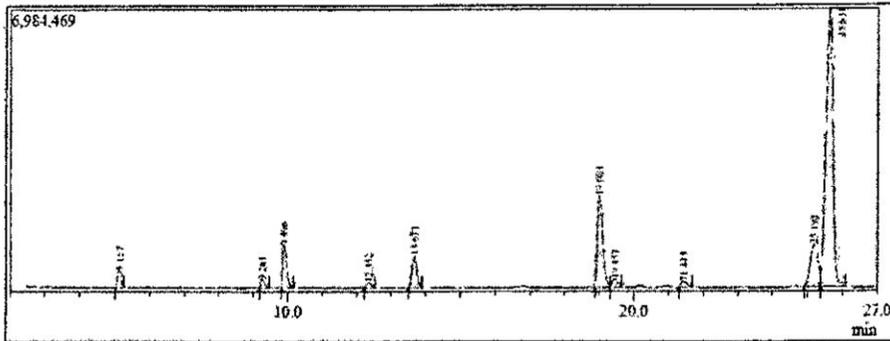
Bach. Natalia Qulspe G.  
Analista  
LABICER -UNI



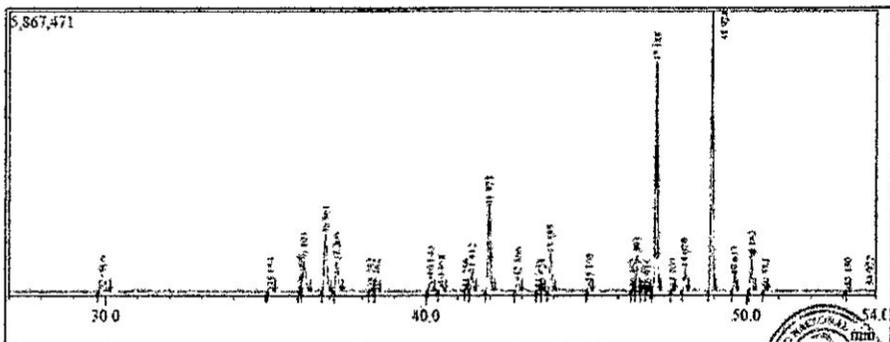
MSc. Otilia Acha de la Cruz  
Responsable de Análisis  
Jefa de laboratorio  
CQP 202

(\*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

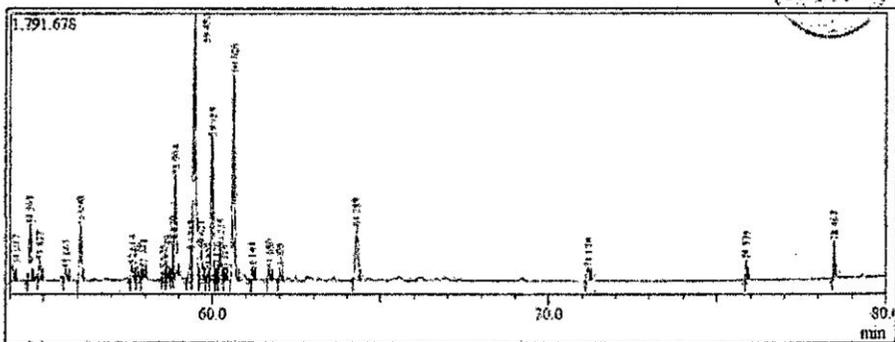
**ANEXOS**



**FIGURA N°1: PRIMERA PARTE DEL CROMATOGRAMA DE 2 A 27 MINUTOS**



**FIGURA N°2: SEGUNDA PARTE DEL CROMATOGRAMA DE 27 A 54 MINUTOS**



**FIGURA N°3: TERCERA PARTE DEL CROMATOGRAMA DE 54 A 80 MINUTOS**

TABLA N°1: RESULTADOS DE COMPOSICIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE

Peak#	R. Time	Area	Area%	Height	Height%	Name
1	5.157	3212716	1.12	424055	1.05	Hexanal
2	9.262	1514693	0.53	199447	-0.49	2-Heptanone
3	9.896	8487219	2.96	1061973	2.62	2-Heptanol
4	12.352	1145459	0.40	136712	0.34	alpha-Pinene
5	13.673	7288190	2.54	795611	1.97	Camphene
6	19.001	24871518	8.68	2290927	5.66	5-Hepten-2-one, 6-methyl-
7	19.457	2475920	0.86	221778	0.55	beta-Myrcene
8	21.445	1577620	0.55	146828	0.36	Octanal
9	25.192	16211413	5.66	1051742	2.60	beta-Phellandrene
10	25.631	94475857	32.96	6881892	17.00	Eucalyptol
11	29.906	1189075	0.41	115392	0.29	2-Heptanol, acetate
12	35.154	581202	0.20	89085	0.22	Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-
13	36.095	513303	0.18	143653	0.35	2-Cyclopenten-1-one, 2-pentyl-
14	36.193	4253674	1.48	612506	1.51	2-Nonanone
15	36.861	7294220	2.54	1184948	2.93	Linalool
16	37.206	3655955	1.28	609061	1.50	2-Decanol
17	38.282	412479	0.14	71911	0.18	Linalool
18	38.462	348678	0.12	62517	0.15	2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-, cis-
19	40.140	1667729	0.58	292108	0.72	(-)-2-Bornanone
20	40.468	794958	0.28	128031	0.32	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 2,3,3-trimethyl-
21	41.256	179527	0.06	43101	0.11	Isoborneol
22	41.442	1751555	0.61	362641	0.90	Caronellal
23	41.974	9395530	3.28	1773360	4.38	endo-Borneol
24	42.866	1406045	0.49	285984	0.71	3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-, (R)-
25	43.505	190372	0.07	35568	0.09	2-Cyclohexen-1-one, 4-(1-methylethyl)-
26	43.624	202294	0.07	50781	0.13	Benzene, methanol, alpha, alpha, 4-trimethyl-
27	43.885	3713715	1.30	758457	1.87	alpha-Terpinol
28	45.105	734264	0.26	167399	0.41	Decanal
29	46.462	257382	0.09	61109	0.15	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (Z)-
30	46.593	2234703	0.78	504436	1.25	Citronellol
31	46.765	212056	0.07	44363	0.11	Oxiranecarboxaldehyde, 3-methyl-3-(4-methyl-3-pentenyl)-
32	46.935	174604	0.06	39392	0.10	Cyclohexanone, 5-methyl-2-(1-methylethylidene)-
33	47.188	20688520	7.22	4732363	11.69	2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)-
34	47.700	247255	0.09	59817	0.15	cis-p-Menthyl-2,8-dien-1-ol
35	48.079	1990693	0.69	471305	1.16	Geraniol
36	48.924	24624544	8.59	5772643	14.26	Citral
37	49.633	1294037	0.45	305044	0.75	Acetic acid, 1,2,7-trimethyl-bicyclo[2.2.1]hept-2-yl ester
38	50.162	2500881	0.87	635243	1.57	2-Undecanone
39	50.587	216860	0.08	58105	0.14	2-Tetradecanol
40	53.150	325321	0.11	86679	0.21	6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate
41	54.077	407072	0.14	100756	0.25	alpha-Cubebene
42	54.595	1317889	0.46	350358	0.87	Geranyl acetate
43	54.877	421304	0.15	113727	0.28	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,
44	55.663	279208	0.10	70359	0.17	1H-Cycloprop[azulene, 1a,2,3,4,4a,5,6,7b-octahydro-1,1,4,7-tetramethyl-
45	56.090	1403384	0.49	345553	0.85	Carvophyllene
46	57.614	367325	0.13	96259	0.24	Humulene
47	57.786	185996	0.06	49183	0.12	(E)-beta-Famexene
48	57.941	220227	0.08	60409	0.15	Alloaromadendrene
49	58.525	158161	0.06	21939	0.05	Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S
50	58.649	313378	0.11	82804	0.20	gamma-Muurolene
51	58.820	664729	0.23	195467	0.49	Germacrene D
52	58.904	2563018	0.89	648246	1.60	Benzene, 1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl-
53	59.355	775280	0.27	182826	0.45	1H-Cycloprop[isophthalene, decahydro-1,1,3a-trimethyl-7-methylene-]
54	59.432	8565198	2.99	1694930	4.19	1,3-Cyclohexadiene, 5-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-2-methyl-, [S-(R*,S*)]-
55	59.671	787574	0.27	185547	0.47	alpha-Muurolene
56	59.855	223037	0.08	47108	0.12	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,
57	59.988	3725060	1.30	911842	2.25	alpha-Famexene
58	60.126	194048	0.07	51464	0.13	Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-
59	60.235	868840	0.30	197286	0.49	gamma-Muurolene
60	60.376	126967	0.04	35528	0.09	(-)-alpha-Pinansene
61	60.626	5264834	1.84	1324082	3.27	1H,3a,7-Methanoazulene, octahydro-3,8,8-trimethyl-6-methylene-, [3R-(3
62	61.193	199555	0.07	51718	0.13	Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-bexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-
63	61.680	279953	0.10	72280	0.18	Cyclohexanemethanol, 4-ethenyl-, alpha, alpha, 4-trimethyl-3-(1-methylid
64	62.005	188538	0.07	45808	0.11	gamma-Elemene
65	64.285	1680683	0.59	333775	0.82	Bicyclo[10.1.0]undec-1-ene
66	71.178	408875	0.14	78327	0.19	1-Octanamine, N-methyl-N-octyl-
67	75.875	276054	0.10	125518	0.31	1-Octanamine, N-methyl-N-octyl-
68	78.467	479252	0.17	233624	0.58	1-Decanamine, N-decyl-N-methyl-
		286659425	100.00	40480692	100.00	





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA  
MUSEO DE HISTORIA NATURAL



"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

**CONSTANCIA N° 41-USM-2016**

LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (rizoma) recibida de **Mónica GUTIERREZ MENESES**, estudiante de la Universidad Nacional del Callao, ha sido estudiada y clasificada como: ***Zingiber officinale*** Roscoe y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988).

**DIVISION: MAGNOLIOPHYTA**

**CLASE: LILIOPSIDA**

**SUBCLASE: ZINGIBERIDAE**

**ORDEN: ZINGIBERALES**

**FAMILIA: ZINGIBERACEAE**

**GENERO: *Zingiber***

**ESPECIE: *Zingiber officinale* Roscoe**

Nombre vulgar: "Jengibre"  
Determinado por Blgo. Severo Baldeón Malpartida

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para fines de estudios.

Lima, 12 abril de 2016



*Haydee Montoya Ferreros*  
Dra. Haydee Montoya Ferreros  
JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)