



**ANÁLISIS POR  
CROMATOGRFÍA  
GASEOSA Y  
ESPECTROMETRÍA DE  
MASA DEL ACEITE  
ESENCIAL DE JENGIBRE**

Q.F. LUIS FELIPE ZALAMEA MOLINA, MSc.  
ING. JUAN ADOLFO BASTIDAS MUÑOZ  
ING. LILYA JANETH CASABONA THOMAS, MSc



**Primera edición**

# ANÁLISIS POR CROMATOGRAFÍA GASEOSA Y ESPECTROMETRÍA DE MASA DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE

Autores

Q.F. LUIS FELIPE ZALAMEA MOLINA, MSc.  
ING. JUAN ADOLFO BASTIDAS MUÑOZ  
ING. LILYA JANETH CASABONA THOMAS, MSC

Primera edición  
julio 2017

Libro sometido a revisión de pares académicos.



Edición  
Diagramación  
Diseño  
Publicación

**Maquetación.**

Grupo Compás

Cámara Ecuatoriana del Libro - ISBN-E: 978-9942-760-57-9

Guayaquil - Ecuador

### 1.1.1. PRÓLOGO

El libro se establece como una investigación relevante para la docencia en universidades, convirtiéndose en un material de consulta valioso para el desarrollo profesional de los estudiantes, al mismo tiempo tiene como objetivo realizar la extracción y destilación del aceite esencial del jengibre (*Zingiber Officinale Roscoe*) por el método de hidrodestilación y analizar la cantidad de componentes contenidos mediante un estudio de cromatografía de gases para determinar las potenciales aplicaciones tanto en la alimentación, campos medicinales, como también en la industria cosmética.

Posteriormente a la obtención del extracto de jengibre, procederemos a la experimentación por el método del reactivo 2,2 – difenil – 1 – picril hidracilo (DPPH). Se realizaron varios ensayos con diferente contenido de extracto de jengibre (30µl; 40µl; 50µl) y una longitud de onda de 517nm, frente al DPPH con absorbancia de 1,182; Siendo las lecturas de absorbancia iniciales 0.236; 0.396; 0.261 respectivamente, lo que nos indica que el extracto de jengibre tiene una alta capacidad fenólica.

El método de extracción de aceite esencial que se realizó fue por hidrodestilación, siendo necesario realizar una decantación y por ultimo un centrifugado, obteniendo un 1% del material seco aproximadamente.

## 1.1.2. ÍNDICE

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| 1.1.1.    | PRÓLOGO .....   | 4  |
| 1.1.3.    | INTRODUCCIÓN .....  | 8  |
| 1.1.4.    | Origen del Jengibre ( <i>Zingiber Officinale</i> Roscoe) .....                              | 10 |
| 1.1.5.    | Clasificación Taxonómica .....  | 11 |
| 1.1.6.    | Morfología .....  | 11 |
| 1.1.7.    | Componentes .....   | 11 |
| 1.1.8.    | Utilidad de Componentes del Jengibre: .....   | 12 |
| 1.1.9.    | Composición Nutricional .....   | 12 |
| 1.1.10.   | Composición Química.....  | 13 |
| 1.1.11.   | Partes que se Utilizan .....  | 13 |
| 1.2.      | Actividad Fenólica del Jengibre .....   | 14 |
| 1.2.1.    | Otras Propiedades del Jengibre.....   | 14 |
| 1.3.      | Ácidos fenólicos.....   | 14 |
| 1.3.1.    | Actividad de los Compuestos Fenólicos .....   | 16 |
| 1.3.1.1.  | Como anti-radicalarios. ....  | 16 |
| 1.3.1.2.  | Como Quelantes de Metales. ....   | 17 |
| 1.3.2.    | Bio-disponibilidad de Compuestos Fenólicos.....   | 18 |
| 1.3.3.    | Polifenoles .....   | 19 |
| 1.3.4.    | Clasificación de los Polifenoles.....   | 19 |
| 1.4.      | Flavonoides .....   | 21 |
| 1.4.1.    | Clasificación de los Flavonoides .....  | 22 |
| 1.4.1.1.  | Flavonoles.....   | 22 |
| 1.4.1.2.  | Flavonas.....   | 22 |
| 1.4.1.3.  | Flavanonas.....   | 23 |
| 1.4.1.4.  | Isoflavonas.....  | 23 |
| 1.4.1.5.  | Antocianidinas.....   | 23 |
| 1.4.1.6.  | Flavanoles.....   | 24 |
| 1.4.2.    | Aplicación de los Flavonoides.....  | 24 |
| 1.4.2.1.  | Aplicación en la Medicina.....  | 24 |
| 1.4.3.    | Acción Per-Oxidante de los Flavonoides .....  | 24 |
| 1.5.      | Radicales Libre.....  | 25 |
| 1.5.1.    | Factores Exógenos.....  | 26 |
| 1.5.2.    | Factores Endógenos .....  | 27 |
| 1.6.      | Características del Aceite esencial de Jengibre .....                                       | 28 |
| 1.7.      | El Aceite esencial de Jengibre en la Industria Cosmética .....                              | 28 |
| 1.8.      | Distribución Geográfica de la Producción Nacional de Jengibre .....                         | 29 |
| 1.9.      | Principales Países Exportadores de Jengibre.....  | 29 |
| 1.10.     | Principales Países Importadores de Jengibre .....   | 30 |
| 1.10.1.   | Obtención del Extracto de Jengibre .....  | 33 |
| 1.10.1.1. | Diagrama de Bloques del Proceso de Extracción .....   | 33 |
| 1.10.2.   | Preparación de la Solución del Reactivo 2,2-Difenil-1-Picril Hidracilo (DPPH) .....         | 34 |
| 1.10.3.   | Recta de Calibración del Reactivo .....   | 34 |
| 1.10.4.   | Evaluación in vitro de la Actividad Fenólica del extracto de los Rizomas de Jengibre .....  | 35 |
| 1.10.5.   | Calculo del Porcentaje de Inhibición de Radicales Libre .....                               | 36 |
| 1.11.     | Procedimiento para la Extracción de Aceite Esencial de Jengibre .....                       | 40 |
| 1.11.1.   | Equipos y Materiales .....  | 40 |
| 1.11.2.   | Obtención del Aceite Esencial de Jengibre.....  | 41 |
| 1.11.2.1. | Diagrama de Bloques del Proceso de Obtención de Aceite Esencial a Nivel de Laboratorio..... | 42 |

|         |   |                                      |
|---------|---|--------------------------------------|
| 1.12.   | Cromatografía de Gases .....  | 42                                   |
| 1.12.1. | Gas portador .....  | 43                                   |
| 1.12.2. | Sistema de Inyección de Muestra .....   | 45                                   |
| 1.12.3. | Análisis Cromatográfico del Aceite Esencial de Jengibre .....   | 47                                   |
| 1.13.   | Procedimiento de Elaboración de Producto Cosmético (Crema Anti-Edad) a Nivel de Laboratorio.....                  | 50                                   |
| 1.13.1. | Diagrama de Bloque del Proceso de Elaboración de Producto Cosmético (Crema Anti-Edad) a Nivel de Laboratorio..... | 51                                   |
| 2.      | ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....   | 53                                   |
| 2.1.    | Análisis de Porcentaje de Inhibición de Radicales Libre .....   | 53                                   |
| 2.2.    | Balance de Materia para Obtención de Polvo de Jengibre .....  | 54                                   |
| 2.3.    | Balance de Materia para Obtención de Aceite Esencial de Jengibre .....  | 55                                   |
| 2.4.    | Balance de Materia para Producto Terminado .....  | 56                                   |
| 2.5.    | Análisis Financiero.....  | 56                                   |
| 2.5.1.  | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....  | 61                                   |
| 2.5.2.  | Conclusiones.....   | 61                                   |
| 2.5.3.  | Recomendaciones .....   | 61                                   |
| 2.5.4.  | BIBLIOGRAFÍA .....  | 64                                   |
| 2.5.5.  | FUENTES DE INTERNET .....   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |



## INTRODUCCIÓN

Además de ser un condimento muy apreciado el jengibre ha sido utilizado con propósitos curativos desde hace miles de años. En la medicina ayurvédica de la India y en la medicina china el jengibre ocupa un lugar importante. Existen estudios que apuntan a que en estos casos el jengibre es más efectivo que los medicamentos recetados. Es una hierba cultivada en las tierras calientes del trópico. Tubérculo articulado, en forma de mano, a los cuales se les da el nombre de rizomas, parte esencial de la planta de un olor fuerte aromático; sabor agrio, picante. 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. (Tay, 2001).

Es una planta herbácea, perenne, rizomatosa, hasta de 1 m de altura. Rizoma grueso, carnoso, nudoso. Tallos simples. Hojas lanceoladas, oblongas, dispuestas a lo largo del tallo en dos líneas paralelas. Flores sésiles, amarillas y labios purpúreos, reunidas en una espiga densa al extremo del tallo. Fruto seco y valvoso. (<http://www.monografias.com/trabajos14/jenjibre/jenjibre.shtml>).

Su composición química es la siguiente: aceite esencial (0,5 a 3 %) que contiene derivados terpénicos; resma (5 a 8%); principios amargos cetónicos y fenólicos (zingerona, gingerol, shogaol) y otras sustancias. (Grupo Raiseb Perú SAC, 2011).

Su recolección y secado: los rizomas se colectan antes de que se formen nuevos retoños pues los rizomas viejos pierden sus propiedades terapéuticas. Se lavan, se raspan y se ponen a secar al sol.





### 1.1.3. Origen del Jengibre (*Zingiber Officinale Roscoe*)

El jengibre es originario del este de Asia. Las culturas Hindú y China lo han utilizado por milenios como un alivante digestivo. Los chinos consideran el jengibre como el yang, o comida picante, la cual equilibra la comida fría ying para crear armonía. Los griegos, romanos, también lo utilizaban para este propósito. Impactó Europa y América cuando se estableció a sí mismo como una hierba medicinal y se convirtió en popular como una bebida suave. (ginger ale, ginger beer, y ginger tea) para alivios estomacales. (**Stephen, fulder**, "El Libro del Jengibre", Barcelona España, Ediciones Martines Roca, 1998).

Hoy, el jengibre es cultivado mundialmente, se cultiva, en países como: la India, la China, Japón, Indonesia, Islas del Caribe y en Venezuela en varios estados, siendo en Guayana el sitio donde se da con buen sabor y tamaño.

Es una planta originaria de las zonas tropicales del sureste asiático. El nombre original *sringavera* es un vocablo sánscrito (que significa en forma de cuerno) que pasó al persa como *dzungebir* y a su vez al griego como *dziggibris*, en latín se convirtió en *zingiber* y ya en español como jengibre. China y la India son los principales productores seguidos por el norte de Australia, Hawai e Indias Occidentales aunque el jengibre cultivado en Jamaica se considera el de mejor calidad Tiene un cálido aroma con una nota fresca a madera y un fondo dulce, con sabor picante y ligeramente amargo. Se sabe que, desde hace 3.000 años, se viene cultivando en Asia tropical. Las embajadas comerciales del rey persa Darío (siglo V a.J.C.) trajeron esta especia que era muy utilizada por los hindúes. Los primeros datos escritos están recogidos por Confucio (551-479 a. J.C.) fue llevada hasta el Mediterráneo, en el siglo I por los fenicios y ya se conocía en Egipto, en Grecia y en Roma. En el siglo II, el jengibre aparece en una relación de importaciones hechas en Alejandría, procedente del Mar Rojo que estaba sujeto a derechos de aduana por Roma. (**Stephen, fulder**, "El Libro del Jengibre", Barcelona España, Ediciones Martines Roca, 1998).

#### 1.1.4. Clasificación Taxonómica

|                    |                               |
|--------------------|-------------------------------|
| Reino:             | Vegetal                       |
| Clase:             | Monocotiledóneas              |
| Orden:             | Escitamiáceas                 |
| Familia:           | Zingiberáceas                 |
| Género:            | Zingiber                      |
| Especie:           | Officinale                    |
| Nombre Científico: | Zingiber Officinale Roscoes   |
| Nombre Común:      | Zingiber, jengibre, ajengibre |

#### 1.1.5. Morfología

Tubérculo articulado, en forma de mano, a los cuales se les da el nombre de rizomas comp. Parte esencial de la planta, de un olor fuerte aromático; sabor agrio, picante. 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. Planta herbácea, perenne, rizomatosa, hasta de 1 m de altura. Rizoma grueso, carnoso, nudoso. Tallos simples. Hojas lanceoladas, oblongas, dispuestas a lo largo del tallo en dos líneas paralelas. Flores sésiles, amarillas y labios purpúreos, reunidas en una espiga densa al extremo del tallo. Fruto seco y valvoso. (**Stephen, fulder**, "El Libro del Jengibre", Barcelona España, Ediciones Martines Roca, 1998).

#### 1.1.6. Componentes

- **Ácidos:** aftalinolenico, linoleico, ascórbico, aspártico, cáprico, caprilico, gadoleico, glutamínico, mirístico, oleico, oxálico (raíz)
- Shoagoles (raíz)
- Gingerol (raíz)
- Fibra (raíz)

- **Aceites esenciales:** citral, citronelal, limoneno, canfeno, beta – bisolobeno, beta – cariofileno, beta – bisanolo, alfa – farneseno, alfa – cadineno, alfa – cadino, beta – felandreno, beta – pineno, beta – sesquifelandreno, gama – eudesmol.
- **Aminoácidos:** arginina, asparagina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, niacina, treonina, triptófano, tirosina, valina (raíz)
- **Minerales:** aluminio, boro, cromo, cobalto, manganeso, fósforo, silicio, zinc. (<http://www.botanical-online.com/medicinalsgengibre.htm>)

#### 1.1.7. Utilidad de Componentes del Jengibre:

- **Asparagina:** favorece la emisión de orina.
- **Borneol:** es un analgésico y antiinflamatorio. Reduce la fiebre y protege el hígado.
- **Cimeno:** es un antigripal, antiviral, anti hongos y anti insectos.
- **Cineol:** es un anestésico. Cura infecciones del pecho y garganta, es antiséptico y baja la tensión arterial.
- **Citral:** es un antihistamínico.
- **Geraniol:** es un anti cándida y anti insectos.
- **Gingerol:** es un analgésico que reduce la fiebre. Estimula la circulación, reduce la tensión arterial, trata y calma el estómago.
- **Zingerona:** es un vasoconstrictor.
- **Shogaol:** es un analgésico que reduce la fiebre, sedante, constriñe los vasos sanguíneos y eleva la tensión arterial.
- **Pineno:** expulsa las flemas.
- **Mirceno:** es un anti bacterias y anti insectos, relajante muscular.
- **Linalol:** es un anticonvulsivo y antiséptico.

#### 1.1.8. Composición Nutricional

La composición nutricional del jengibre se detalla en el siguiente cuadro:

**Tabla 1: Contenido Nutricional**

| Componente      | Cantidad en 100 g | % DDR* |
|-----------------|-------------------|--------|
| Energía         | 47 Kcal           | 2      |
| Proteína        | 1,6 g             | 3      |
| Fibra           | 0,9 g             | 3      |
| Calcio          | 44 mg             | 6      |
| Fósforo         | 66 mg             | 8      |
| Hierro          | 1,8 mg            | 13     |
| Tiamina         | 0,02 mg           | 0      |
| Riboflavina     | 0,06 mg           | 4      |
| Niacina         | 0,7 mg            | 4      |
| Ácido Ascórbico | 2 mg              | 3      |

(\*) Porcentaje de dosis diaria recomendada para adultos sanos basado en una dieta de 2300 Kcal

Fuente: Tesis Perfil Económico del Jengibre, CEI – RD, 2007

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

### 1.1.9. Composición Química

La composición química del jengibre se detalla en el siguiente cuadro:

**Tabla 2: Composición Química**

| Componente                                 | Porcentaje |
|--|------------|
| 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: Las Plantas de Especies, Jacques Maestre

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

### 1.1.10. Partes que se Utilizan

La parte que se utiliza es la raíz (el rizoma), pelada y sin corcho, el consumo de esta raíz, es de forma natural, deshidratada es decir en polvo y confitada, se puede consumir a diario en forma de polvo, en sopas, purés, leche, legumbres y dulces antes elaborados, la dosis es de 250 a 1000 miligramos diarios. Su uso es bastante extenso y se recomienda ir probando la preparación para sentir el

sabor que queremos obtener. (**Stephen, fulder**, "El Libro del Jengibre", Barcelona España, Ediciones Martines Roca, 1998).

## **1.2. Actividad Fenólica del Jengibre**

El jengibre contiene propiedades fenólicas que comúnmente usan los químicos antioxidantes. "El jengibre en un sin número de estudios es calificado de poseer un índice inhibidor-radical libre quizá mucho más grande que los preservativos antioxidantes comerciales BHA y BHT." (**Stephen, fulder**, "El Libro del Jengibre", Barcelona España, Ediciones Martines Roca, 1998).

### **1.2.1. Otras Propiedades del Jengibre**

Los investigadores han encontrado que el extracto de jengibre efectos anti-tumores en la piel cuando se coloca directo en la piel de los ratones. Además, se ha encontrado que el aceite de jengibre inhibe el promotor activante de tumores Epstein-Barr virus (EBV). (**Stephen, fulder**, "El Libro del Jengibre", Barcelona España, Ediciones Martines Roca, 1998).

## **1.3. Ácidos fenólicos.**

Los ácidos fenólicos (Figura 1.1) son abundantes en los alimentos. Los más frecuentes son el ácido cafeico, y en menor medida el ácido ferúlico, que se encuentra asociado a la fibra dietética mediante la formación de enlaces éster con la hemicelulosa. El ácido cafeico también se encuentra esterificado, principalmente con el ácido quínico, dando lugar al ácido clorogénico (ácido 5-cafeilquínico), que está presente en el café, y en muchas frutas y verduras. Se pueden diferenciar dos grupos principales de ácidos fenólicos, los ácidos benzoicos y los ácidos cinámicos.

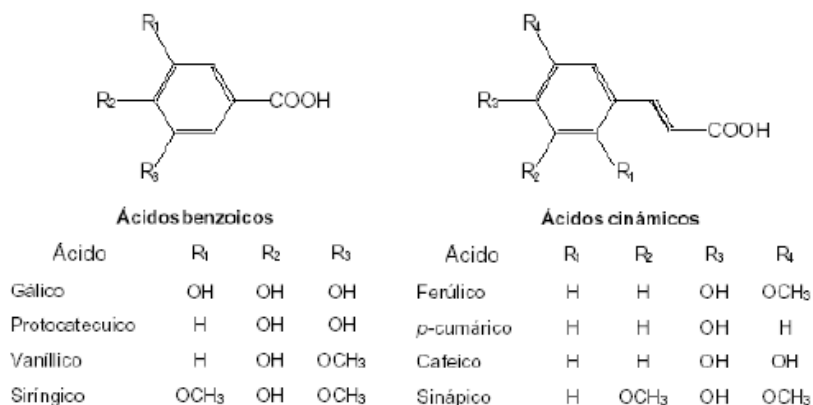


Figura 1.1 Estructura química de los principales ácidos fenólicos

Los ácidos benzoicos o derivados del ácido hidroxibenzoico, tienen una estructura básica C6-C1. Los principales son los ácidos gálico, salicílico, *p*-hidroxibenzoico, protocatecuico, vanílico y siringico, estos cuatro últimos se consideran universales ya que forman parte de las ligninas. Generalmente se presentan de forma conjugada en los vegetales, aunque pueden ser detectados en forma libre en algunas frutas o tras su liberación como consecuencia del procesado.

El ácido gálico se puede encontrar conjugado como tal o como sus dímeros (ácido elágico), trímeros (ácido tergálico) o tetrámeros (ácido galágico), los dos últimos menos frecuentes. Los ácidos gálico y elágico son componentes esenciales de los taninos hidrolizables, como por ejemplo los elagitaninos de fresas, frambuesas y zarzamoras. Generalmente los contenidos en estos ácidos son bajos a excepción de las frutas rojas [Manach et al., 2004].

Los ácidos cinámicos o derivados del ácido hidroxicinámico, están ampliamente distribuidos como conjugados en materias vegetales, incluyendo muchos alimentos y bebidas. Entre ellas, las frutas rojas constituyen una fuente significativa de estos compuestos. Salvo en el caso de alimentos procesados, raramente se encuentran como ácidos libres y de forma predominante aparecen esterificados con ácido quínico, tartárico o glucosa. Los más comunes son los ácidos cafeico, ferúlico, sinápico y *p*-cumárico. Uno de los conjugados más frecuentes en frutas es el ácido clorogénico, que resulta de la esterificación de

los ácidos cafeico y quínico. Así, el ácido cafeico, libre o esterificado, constituye el ácido fenólico más abundante en muchas frutas.

### **1.3.1. Actividad de los Compuestos Fenólicos**

La actividad de los compuestos fenólicos se ve determinada por su estructura química, por lo que existen grandes diferencias en la efectividad como retrasante oxidativo entre los distintos grupos de compuestos. Los compuestos fenólicos pueden actuar como inhibidores de radicales libres mediante dos mecanismos principales. [Martínez-Valverde et al., 2000].

#### **1.3.1.1. Como anti-radicalarios.**

Los compuestos fenólicos pueden actuar como donantes de hidrógeno o electrones en reacciones de terminación que rompen el ciclo de generación de nuevos radicales libres, anticipando las reacciones de terminación. El radical fenoxilo generado es menos reactivo ya que se estabiliza por resonancia con los electrones p del anillo aromático. Así, las características estructurales que determinan la capacidad de los compuestos fenólicos para captar radicales son:

- La presencia de dos grupos hidroxilo en posición *orto* (3', 4') en el anillo B (Ej.: quercetina, catequina).
- La presencia de dos grupos hidroxilo en posición *meta* (5, 7) en el anillo A (Ej.: canferol).
- La presencia en el anillo del doble enlace entre los carbonos 2 y 3 y, junto con el grupo 4-ceto (Ej.: quercetina). Estas estructuras son importantes para la deslocalización de electrones y estabilización del radical fenoxilo, siempre que además estén presentes los dos *orto*-hidroxilo en el anillo B.



### 1.3.1.2. Como Quelantes de Metales.

Esta acción requiere la presencia de grupos hidroxilos cercanos en el anillo aromático. De este modo, los *o*-dihidroxfenoles son secuestradores efectivos de iones metálicos e inhiben la generación de radicales libres por la reacción de Fenton. Generalmente, los siguientes grupos funcionales se consideran importantes para la actividad quelante de metales [Kokhar y Apenten 2003]:

- La presencia de grupos hidroxilo en posición *orto* (Ej.: 3'-4' o 7-8).
- La presencia del grupo 4-ceto y grupos hidroxilo en posición 5 y/o 3 (Ej.: quercetina).
- La presencia de un gran número de grupos hidroxilo (Ej.: ácido tánico).

Además de las características estructurales anteriormente mencionadas, existen otros factores que afectan la actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. Así, el número y posición de grupos hidroxilo, el grado de polimerización o la presencia de azúcares unidos determinarán propiedades de los compuestos fenólicos tales como la solubilidad y la tendencia a ceder electrones o átomos de hidrógeno.

El grado de polimerización de los compuestos fenólicos tiene un marcado efecto sobre la actividad antioxidante. Así, los compuestos poliméricos son más potentes como antioxidantes que los monómeros. Por ejemplo, los taninos son más efectivos frente a los radicales peroxilo que los fenoles simples. La actividad para captar O<sub>2</sub><sup>-</sup> - aumenta con el grado de polimerización de los flavanoles y los dímeros de ácido ferúlico inhiben la peroxidación lipídica en mayor extensión que los monómeros [Moure et al., 2001]. La eficacia antioxidante de las teaflavinas aumenta cuando se unen con ácido gálico o sus polímeros [Rice-Evans et al., 1997].

Los compuestos fenólicos con un elevado número de grupos hidroxilo en sus estructuras moleculares muestran una mayor actividad antioxidante *in vitro*. Es

el caso de las teaflavinas y catequinas del té [Rice-Evans et al., 1997]. Además, en los flavonoles, los hidroxilos en las posiciones 2', 3' y 4' incrementan la estabilidad de los radicales permitiendo la deslocalización de electrones en los dobles enlaces del anillo benceno.

La presencia de sustituyentes voluminosos en los anillos, que inducen la donación de electrones, tiene dos efectos: aumenta la efectividad como antioxidantes de los compuestos fenólicos al disminuir la fuerza de los enlaces O-H y, por otro lado, el impedimento estérico generado por los sustituyentes en la región del radical, disminuye la velocidad de las reacciones de propagación en la que está implicado el propio radical fenoxilo, contribuyendo a su estabilización [Robards et al., 1999].

La actividad de los compuestos fenólicos varía, además, en función de su solubilidad relativa en fase acuosa o lipofílica (coeficiente de reparto). Los flavonoides y los ácidos cinámicos poseen coeficientes de partición intermedios, que dependen en gran medida de su estructura química y de los sustituyentes asociados (grupos hidroxilo, metoxilo, azúcares, etc.). Generalmente, los compuestos hidrofóbicos entran en las células más rápido que los hidrofílicos por procesos de difusión simple que les permite atravesar la membrana. Una vez en el organismo, los compuestos fenólicos más hidrofóbicos tendrán su destino en ambientes lipídicos y los más hidrofílicos quedarán en medios más acuosos [Parr y Bolwell 2000]. Así, la unión de azúcares hace a los compuestos fenólicos más hidrosolubles pero disminuye su actividad antioxidante. Por ello, los compuestos fenólicos con más afinidad por los ambientes lipídicos del organismo podrían tener una mayor relevancia en la prevención de enfermedades. De hecho, los compuestos fenólicos de carácter liposoluble y capaz de unirse a lípidos previenen la oxidación de las LDL *ex vivo* de forma directa y/o mediante la preservación de otros antioxidantes liposolubles como  $\alpha$ -tocoferol.

### **1.3.2. Bio-disponibilidad de Compuestos Fenólicos**

Los efectos beneficiosos derivados del consumo de compuestos fenólicos dependen de la cantidad consumida y de su bio-disponibilidad. La gran variedad

estructural de los compuestos fenólicos, así como la influencia de factores genéticos, agronómicos, del procesado y almacenamiento sobre sus niveles en los alimentos, hace difícil estimar con exactitud la ingesta de compuestos fenólicos en la dieta [Duthie et al., 2003].

Se estima que la ingesta aditiva de flavonoles, flavanonas, flavanoles e isoflavonas en las sociedades occidentales es de 100-150 mg/día. A estas cantidades habría que añadir una ingesta variable de ácidos hidroxicinámicos, antocianos y proantocianidinas, aportada principalmente por café, té, bayas y vino. Así, la ingesta total de compuestos fenólicos probablemente alcanza 1 g/día en personas que ingieran varias raciones de fruta y verdura al día [Manach et al., 2004].

### **1.3.3. Polifenoles**

En la naturaleza existe una amplia variedad de compuestos que presentan una estructura molecular caracterizada por la presencia de uno o varios anillos fenólicos. Estos compuestos podemos denominarlos polifenoles. Se originan principalmente en las plantas, que los sintetizan en gran cantidad, como producto de su metabolismo secundario. Algunos son indispensables para las funciones fisiológicas vegetales. Otros participan en funciones de defensa ante situaciones de estrés y estímulos diversos (hídrico, luminoso, etc.).

### **1.3.4. Clasificación de los Polifenoles**

Existen varias clases y subclases de polifenoles que se definen en función del número de anillos fenólicos que poseen y de los elementos estructurales que presentan estos anillos. Los principales grupos de polifenoles son: ácidos fenólicos (derivados del ácido hidroxibenzoico o del ácido hidroxicinámico), estilbenos, lignanos, alcoholes fenólicos y flavonoides. [Nutr Hosp. 2012;27(1):76-89]

La biosíntesis de los polifenoles como producto del metabolismo secundario de las plantas tiene lugar a través de dos importantes rutas primarias: la ruta del ácido siquímico y la ruta de los poliacetatos. La ruta del ácido siquímico proporciona la síntesis de los aminoácidos aromáticos (fenilalanina o tirosina), y la síntesis de los ácidos cinámicos y sus derivados (fenoles sencillos, ácidos fenólicos, cumarinas, lignanos y derivados del fenilpropano). La ruta de los poliacetatos proporciona las quinonas y las xantonas.

La ruta del ácido siquímico es dependiente de la luz. Se inicia en los plastos por condensación de dos productos típicamente fotosintéticos, la eritrosa-4-fostato, procedente de la vía de las pentosas fosfato, y el fosfoenolpiruvato, originario de la glucólisis. Tras diversas modificaciones, se obtiene el ácido siquímico, del que derivan directamente algunos fenoles. La vía del ácido siquímico puede continuar con la adhesión de una segunda molécula de fosfoenolpiruvato, dando lugar a la fenilalanina, un aminoácido esencial propio del metabolismo primario de las plantas. [Nutr Hosp. 2012;27(1):76-89]

La fenilalanina entra a formar parte del metabolismo secundario por acción de la enzima fenilalanina amonioliasa, que cataliza la eliminación de un grupo amonio, transformando la fenilalanina en el ácido trans-cinámico. Posteriormente, el ácido trans- cinámico se transforma en ácido r-cumárico por incorporación de un grupo hidroxilo a nivel del anillo aromático. La acción de una Coenzima A (CoA), la CoA-ligasa, transforma el ácido p- cumárico en p-cumaroil CoA, que es el precursor activo de la mayoría de los fenoles de origen vegetal. [Nutr Hosp. 2012;27(1):76-89]

La ruta de los poliacetatos comienza a partir de una molécula inicial de acetil CoA, y a través de una serie de condensaciones se originan los poliacetatos. Por reducción de los poliacetatos se forman los ácidos grasos, y por ciclación posterior se forman una gran variedad de compuestos aromáticos, como las quinonas y otros metabolitos que se generan a través de rutas mixtas.

Las rutas mixtas combinan precursores tanto de la vía del ácido siquímico como de la ruta de los poliacetatos. Este es el caso de un importante grupo de moléculas biológicamente activas, denominadas genéricamente flavonoides.

#### 1.4. Flavonoides

Los flavonoides, nombre que deriva del latín “flavus”, cuyo significado es “amarillo”, constituyen la subclase de polifenoles más abundante dentro del reino vegetal. El científico húngaro Albert Szent-Györgyi, premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1937, los descubrió en el siglo pasado cuando aisló de la cáscara de limón una sustancia, la citrina, y demostró que su consumo regulaba la permeabilidad de los capilares. A la citrina y a los compuestos afines los denominó “vitamina P” (por permeabilidad). Posteriormente, también observó que estos compuestos poseían propiedades similares a la vitamina C. Mejoraban la absorción de esta vitamina y la protegían de la oxidación, y por ello también se denominaron *vitamina C<sub>2</sub>*<sup>4</sup>. Sin embargo, no se pudo confirmar que los flavonoides fueran vitaminas, y ambas denominaciones se abandonaron alrededor de 1950. [Nutr Hosp. 2012;27(1):76-89]

Los flavonoides son compuestos de bajo peso molecular que comparten un esqueleto común difenilpirano (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>'), compuesto por dos anillos fenilo (A y B) ligados a través de un anillo C de pirano heterocíclico. Los átomos de carbono individuales de los anillos A, B y C se numeran mediante un sistema que utiliza números ordinarios para los anillos A y C, y números primos para el anillo B. De los tres anillos, el A se biosintetiza a través de la ruta de los poliacetatos, y el anillo B junto con la unidad C<sub>3</sub> proceden de la ruta del ácido siquímico (fig. 3). Todos los flavonoides son estructuras hidroxiladas en sus anillos aromáticos, y son por lo tanto estructuras polifenólicas. Los flavonoides se encuentran mayoritariamente como glucósidos, pero también pueden aparecer en forma libre (también llamados agliconas flavonoides). [Nutr Hosp. 2012;27(1):76-89]

### **1.4.1. Clasificación de los Flavonoides**

Existen varios subgrupos de flavonoides. La clasificación de estos compuestos se hace en función del estado de oxidación del anillo heterocíclico (anillo C) y de la posición del anillo B. Dentro de cada familia existen una gran variedad de compuestos, que se diferencian entre sí por el número y la posición de los grupos hidroxilos, y por los distintos grupos funcionales que pueden presentar (metilos, azúcares, ácidos orgánicos). Los principales subgrupos de compuestos flavonoides son: flavonoles, flavonas, flavanonas (dihidroflavonas), isoflavonas, antocianidinas y flavanoles.

#### **1.4.1.1. Flavonoles**

Se caracterizan por poseer un grupo ceto en el carbono C<sub>4</sub> y una insaturación entre los carbonos C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub>. Poseen además un grupo hidroxilo adicional en el carbono C<sub>3</sub>. Representan el grupo más ubicuo de polifenoles presente en los alimentos. La quercetina es el compuesto más representativo. Las principales fuentes de flavonoles son las verduras y las frutas. El té y el vino son también alimentos ricos en flavonoles. La biosíntesis de flavonoles es un proceso fotosintético. Por ello, estos compuestos se localizan principalmente en el tejido externo y aéreo de la planta. La distribución y la concentración de los flavonoles, puede ser distinta incluso en frutas procedentes de la misma planta; esto se debe a que la localización de los frutos condiciona la exposición al sol. [Nutr Hosp. 2012;27(1):76-89]

#### **1.4.1.2. Flavonas**

Poseen un grupo ceto en el carbono C<sub>4</sub> y una insaturación entre los carbonos C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub>. Son los flavonoides menos abundantes en los alimentos. Perejil y apio representan la única fuente comestible de flavonas. La piel de las frutas también posee grandes cantidades de flavonas polimetoxiladas. [Nutr Hosp. 2012;27(1):76-89]

#### **1.4.1.3. Flavanonas**

Son análogos de las flavonas con el anillo C saturado. Se glucosilan principalmente por la unión de un disacárido en el carbono C<sub>7</sub>. Constituyen un grupo minoritario en los alimentos. Las flavanonas aparecen a altas concentraciones en cítricos y en tomates, y también se encuentran en ciertas plantas aromáticas como la menta. Las flavanonas se localizan mayoritariamente en las partes sólidas de la fruta, en particular en el albedo (membranas que separan los segmentos de las frutas). Por ello, su concentración es hasta cinco veces mayor en la fruta que en los zumos.

#### **1.4.1.4. Isoflavonas**

Poseen un anillo bencénico lateral en posición C<sub>3</sub>. Su estructura recuerda a la de los estrógenos. Las isoflavonas poseen grupos hidroxilos en los carbonos C<sub>7</sub> y C<sub>4'</sub> al igual que sucede en la estructura molecular de la hormona estriol (uno de los tres estrógenos mayoritarios junto al estradiol y la estrona). En realidad, las isoflavonas se pueden unir a receptores de estrógenos, y por ello se clasifican como fitoestrógenos. Se pueden presentar como agliconas, o a menudo conjugadas con glucosa, pero son termo sensible y pueden hidrolizarse durante su procesamiento industrial y durante su conservación. Se presentan casi exclusivamente en plantas leguminosas, siendo la soja y sus derivados la principal fuente de isoflavonas.

#### **1.4.1.5. Antocianidinas**

Son compuestos hidrosolubles, y constituyen uno de los grupos más importantes de pigmentos vegetales. Se encuentran principalmente como heterósidos con los tres anillos de su estructura conjugados. La glucosilación ocurre principalmente en la posición 3 del anillo C o en las posiciones 5 y 7 del anillo A. También es posible la glucosilación de las posiciones 3', 4' y 5' del anillo B, aunque esta glucosilación aparece con menos frecuencia. Las antocianidinas están ampliamente distribuidas en la dieta humana. Se pueden encontrar en

ciertas variedades de cereales, en el vino tinto y en algunos vegetales, aunque aparecen mayoritariamente en las frutas.

#### **1.4.1.6. Flavanoles**

Poseen el anillo C saturado y un grupo hidroxilo en el carbono C<sub>3</sub>. Pueden aparecer como monómeros o como polímeros con distintos grados de polimerización. A diferencia de otros grupos de flavonoides, sus combinaciones de tipo heterosidico (entre el grupo reductor del azúcar y un grupo tiol) son poco habituales.

### **1.4.2. Aplicación de los Flavonoides**

#### **1.4.2.1. Aplicación en la Medicina**

Los flavonoides consumidos por el hombre le protegen del daño de los oxidantes, como los rayos UV (cuya cantidad aumenta en verano); la polución ambiental (minerales tóxicos como el plomo y el mercurio); algunas sustancias químicas presentes en los alimentos (colorantes, conservantes, etc.). Como el organismo humano no tiene la capacidad de sintetizar estas sustancias químicas, las obtiene enteramente de los alimentos que ingiere. No son considerados vitaminas.

Al limitar la acción de los radicales libres (que son oxidantes), los flavonoides reducen el riesgo de cáncer, mejoran los síntomas alérgicos y de artritis, aumentan la actividad de la vitamina C, bloquean la progresión de las cataratas y la degeneración macular, evitan las tufaradas de calor en la menopausia y combaten otros síntomas.

#### **1.4.3. Acción Per-Oxidante de los Flavonoides**

La capacidad de los polifenoles vegetales para actuar como retardante oxidativo en los sistemas biológicos fue ya reconocida en los años treinta 34; sin embargo,



el mecanismo antioxidante fue ignorado en gran medida hasta hace poco tiempo. El creciente interés en los flavonoides se debe a la apreciación de su amplia actividad farmacológica. Pueden unirse a los polímeros biológicos, tales como enzimas, transportadores de hormonas, y ADN; quelar iones metálicos transitorios, tales como  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ , catalizar el transporte de electrones, y depurar radicales libres 35. Debido a este hecho se han descrito efectos protectores en patologías tales como diabetes mellitus, cáncer, cardiopatías, infecciones víricas, úlcera estomacal y duodenal, e inflamaciones. Otras actividades que merecen ser destacadas son sus acciones antivirales y antialérgicas, así como sus propiedades antitrombótica y antiinflamatorias.

### **1.5. Radicales Libre**

Son altamente reactivos muy inestables y destructivos, ya que tienen que adquirir un electrón extra o deshacerse del electrón impar, provocando una reacción en cadena que crea más radicales libres, este proceso nunca se detiene y es llamado estrés oxidativo, causando daño molecular a las estructuras celulares (membranas, núcleo, mitocondrias y otros organelos), rupturas y enlaces cruzados en proteínas y ácidos nucleicos (ADN-ARN), lipo-peroxidación de los ácidos grasos, despolimerización de los polisacáridos de la sustancia fundamental del tejido conjuntivo, alteración de los sistemas enzimáticos, oxidación de las lipoproteínas, etc. esta lesión oxidativa por metabolitos reactivos del oxígeno suele causar modificaciones covalentes en esas estructuras celulares.

Si el estrés oxidativo es moderado, o la cantidad de enzimas protectoras es escasa y la adaptación está disminuida (como sucede en el envejecimiento), las células mueren por apoptosis, lo que permite proteger al tejido sano circundante de un mayor daño. Se pueden comentar muchos aspectos sobre los mecanismos del envejecimiento celular y las consecuencias de la lesión oxidativa progresiva que sobrepasa los mecanismos de defensa.

Entre los múltiples radicales libres que se encuentran en las reacciones biológicas, los de oxígeno (RLO) son los más frecuentes; el anión superóxido, el

radical hidroxilo y el oxígeno singulete son algunos de los RLO más habituales que se producen en nuestro organismo. El hidroxilo es el más reactivo de las especies de oxígeno; se forma por irradiaciones de alta energía. Este se encuentra en las diferentes capas de la piel, y afecta las cadenas de aminoácidos. Por su alta reactividad, este radical actúa en forma inmediata afectando gravemente el genoma celular.

Peroxido de hidrogeno: Oxida los lípidos de las membranas celulares, modificando la composición de sus lipoproteínas, con el resultado de la destrucción y muerte celular. Afecta los aminoácidos, precursores de las proteínas, presentando un proceso de degradación, con la posterior alteración en las fibras de colágeno y elastina.

Singulete de oxígeno: Es un oxígeno electrónicamente excitado. Es un birradical con una órbita molecular en la cual dos electrones "sin", se sistematizan en dos orbitas diversas; su molécula estable sería el oxígeno triple ( $O_2$ ). Es una forma mutante de alta energía, producida por la transferencia de energía luminosa de la luz solar. Se forma a través de las reacciones de foto sensibilidad. Daña el ADN, al romper las bases dobles de guanina.

### **1.5.1. Factores Exógenos**

La luz del sol también genera el superóxido en la piel e incrementa la presencia del superóxido dismutasa, que convierte el superóxido en peróxido de hidrógeno. El  $Fe^{2+}$  reacciona con el peróxido de hidrogeno para generar el destructivo radical hidroxilo y  $Fe^{3+}$ , que permite la continuación de la reacción en cadena. En ausencia de antioxidantes como la vitamina C, vitamina E u otro polifenólico, la piel es un perfecto lugar para la química oxidante.

Para controlar los procesos de oxido reducción, y sus efectos dañinos sobre la piel, diversos antioxidantes pueden usarse para proteger la piel de los foto daños. Mientras el uso general de algún retrasante oxidativo es defendido, otros son a menudo desatendidos, porque estos compuestos no solo funcionan como retrasante oxidativo, sino que también intrínsecamente tienen una acción pro

oxidante, sobre todo en la presencia de metales de transición como hierro y cobre. La liberación de hierro desde su almacenamiento como la proteína ferritina por acción de la luz UV, se le ha atribuido ser la fuente principal de estrés oxidativo.

La luz es un elemento con alto poder lesivo sobre la piel. La más deletérea es la luz ultravioleta (UV) del espectro electromagnético. La radiación UVB tiene efecto nocivo sobre las células, ya que por fotólisis rompe las moléculas de agua dejando como resultado átomos de hidrógeno, electrones y radicales hidroxilo. Además, en presencia de oxígeno se generan adicionalmente radicales superóxido y peróxido de hidrógeno.

También la práctica de deportes o ejercicio físico de forma intensa genera estrés oxidativo, ya que en las mitocondrias musculares se genera gran cantidad de RLO. La radiación ultra violeta, el tabaquismo y la exposición o/a otros agentes químicos y físicos del ambiente, también producen estrés oxidativo que se traducirá en manchas, eritema, edema, procesos auto inmunológicos. Alteraciones de la queratinización y vasculitis. A esto sigue foto daño crónico, incluyendo la aparición de lesiones pre- cancerosas en el tiempo.

### **1.5.2. Factores Endógenos**

Existen situaciones que se pueden considerar normales o habituales, en las cuales una situación de estrés oxidativo incide negativamente. Una de ellas es el envejecimiento fisiológico, consustancial con cualquier forma de vida. otra situación fisiológica que se acompaña de estrés oxidativo es la menopausia. En esta circunstancia, la ausencia de estrógenos y progesterona (o la disminución de las concentraciones normales) constituye una situación de riesgo, ya que estas hormonas, a concentraciones fisiológicas, ejercen un efecto anti-RLO demostrado.

Por ello la naturaleza nos ha dotado de sistemas no enzimáticos y enzimáticos (antioxidantes naturales) encargados de neutralizar los efectos nocivos de los radicales libres y equilibrar la homeostasis del medio interno al eliminar los

radicales libres, pues sin estos antioxidantes nos autodestruiríamos.

### 1.6. Características del Aceite esencial de Jengibre

El aceite esencial de jengibre se caracteriza por ser una sustancia volátil oleosa de color amarillo - verdoso y altamente viscoso que se obtiene de someter los rizomas secos, sin pelar y recién triturados de la planta, a un proceso de destilación con vapor. Dicho aceite no es soluble en agua pero es totalmente soluble en alcohol o éter.

El siguiente cuadro detalla las características físico-químicas del aceite esencial de jengibre:

**Tabla 3: Características físico-químicas del Aceite Esencial de Jengibre**

|                             | 1                   | 2                      | 3                     | 4                      | 5                     |
|-----------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| Características             | 15°C                | 25°C                   | 25°C                  | 25°C                   | 15°C                  |
| Densidad                    | 0.877 a<br>0.226    | 0.279 a<br>0.224       | 0.222 a<br>0.224      | 0.279 a<br>0.224       | -----                 |
| Rotación óptica             | -26° a -50°         | -42° 12' a<br>-32° 12' | -21° 45' a<br>16° 36' | -41° 6' a -<br>35° 30' | -30° 10' a<br>40° 20' |
| Índice de refracción        | 1.429 a<br>1.494    | 1.491 a<br>1.493       | 1.494 a<br>1.495      | 1.492 a<br>1.494       | 1.427 a<br>1.491      |
| Índice de acidez            | >2                  | 2.93 a<br>4.29         | 2.6 a 4.2             | 3.46 a<br>3.5          |                       |
| Solubilidad en alcohol      | 95% >7<br>volúmenes | -----                  | -----                 | -----                  | -----                 |
| Índice de Ester             | >15                 | 11.02 a<br>12.7        | 25.3 a<br>35.3        | 16.03 a<br>17.7        | -----                 |
| Temperatura de ebullición   |                     | 85° c.                 | 85° c.                | 85° c.                 | 85° c.                |
| Temperatura de condensación |                     | 54° C.                 | 54° C.                | 54° C.                 | 54° C.                |

Fuente: The Essential Oils, 1963, Gunther.

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

### 1.7. El Aceite esencial de Jengibre en la Industria Cosmética

El aceite de jengibre esencial, dulce y fuerte, pero también tiene una función de actividad biológica, puede ser utilizado como cosméticos. Por lo tanto, los

productos de aceite esencial de jengibre en la industria cosmética son perspectivas de aplicación muy amplia.

En cosméticos y esencia, es provechoso en el cuidado de la piel también aumenta fragancia, el aceite esencial es versátil y puede ser utilizado en una variedad de maneras tales como fragancias, aceites de baño, aceites del masaje, perfumes, inhalaciones, en la fabricación de jabón y en preparaciones cosméticas. Este aceite de la esencia del jengibre es aceite sin cortar, no diluido, sin alcohol, duradero de la esencia del alto grado, excelente para las aplicaciones en aromaterapia.

### **1.8. Distribución Geográfica de la Producción Nacional de Jengibre**

A nivel nacional la producción de jengibre es baja, en el Ecuador es principalmente cultivado en lugares de zonas tropicales como Santo Domingo, Tulcán, Los Ríos, Esmeraldas, Manabí, Cotopaxi, San Lorenzo, Quinindé, La Concordia, Macas, El Coca. El Ecuador posee ventajas para la competitividad con el resto de países tales como disponibilidad de suelos favorables y condiciones de clima.

Gracias a sus propiedades, este producto es comercializado como especia de manera deshidratado y pulverizado o fresco, tiene gran acogida en la medicina natural.

### **1.9. Principales Países Exportadores de Jengibre**

Las exportaciones de Jengibre han crecido considerablemente, y en el 2008 se exportaron 501.438 ton., por un valor de US\$ 1'573,081.00 (AGRODATA, 2009) y entre Enero – agosto del 2010, las exportaciones ya habían alcanzado las 585.660 ton (Paredes, 2010).

Entre los mayores exportadores de este producto se encuentran: China ocupa el 57.44%, India 31.12%, Tailandia 5.67%, Turquía 3.74% del mercado mundial. En la siguiente tabla se puede apreciar un listado de los mayores exportadores

y la cantidad de jengibre que el Ecuador exporta en comparación con los demás países.

**Tabla 4: Exportadores de Jengibre**

| EXPORTADORES DE JENGIBRE |                                 |         |         |         |         |
|--------------------------|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| PAISES                   | Cantidades por Año en Toneladas |         |         |         |         |
|                          | 2008                            | 2009    | 2010    | 2011    | 2012    |
| China                    | 275.950                         | 349.020 | 308.620 | 418.356 | 454.415 |
| India                    | 157.950                         | 153.160 | 152.320 | 246.888 | 268.320 |
| Tailandia                | 40.180                          | 50.935  | 32.646  | 25.556  | 28.985  |
| Turquía                  | 18.809                          | 22.956  | 24.235  | 24.862  | 26.852  |
| México                   | 1.779                           | 2.376   | 3.153   | 4.338   | 4.690   |
| Brasil                   | 4.116                           | 3.994   | 6.320   | 6.696   | 4.664   |
| Perú                     | 1.176                           | 1.300   | 3.398   | 3.445   | 2.683   |
| Colombia                 | 521                             | 1.205   | 963     | 864     | 839     |
| Costa Rica               | 720                             | 346     | 798     | 462     | 888     |
| Ecuador                  | 237                             | 368     | 644     | 441     | 233     |

Fuente: Trade Map

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Tabla 5: Promedios Anuales y Porcentajes a Nivel Mundial**

| PAISES     | Promedio Anual | % Mercado Mundial |
|------------|----------------|-------------------|
| China      | 361.272        | 57,44%            |
| India      | 195.728        | 31,12%            |
| Tailandia  | 35.660         | 5,67%             |
| Turquía    | 23.543         | 3,74%             |
| Brasil     | 5.158          | 0,82%             |
| México     | 3.267          | 0,52%             |
| Perú       | 2.400          | 0,38%             |
| Colombia   | 878            | 0,14%             |
| Costa Rica | 643            | 0,10%             |
| Ecuador    | 385            | 0,06%             |

Fuente: Trade Map

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

### 1.10. Principales Países Importadores de Jengibre

De todos los mercados consumidores de jengibre, el japonés es donde este rubro tiene mayor atractivo, seguido en importancia por el mercado estadounidense. Otros destinos de la producción mundial de jengibre son: Pakistán, Reino Unido,

además de países como Holanda, Malasia, Alemania, Emiratos Árabes Unidos, entre otros (Grupo Raiseb Perú SAC. 2011).

**Tabla 6: Importadores de Jengibre**

| IMPORTADORES DE JENGIBRE |                                 |        |        |        |        |
|--------------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| PAISES                   | Cantidades por Año en Toneladas |        |        |        |        |
|                          | 2008                            | 2009   | 2010   | 2011   | 2012   |
| Japón                    | 93.980                          | 72.737 | 72.048 | 73.522 | 78.788 |
| Estados Unidos           | 70.207                          | 66.398 | 70.913 | 81.144 | 85.711 |
| Pakistán                 | 62.581                          | 66.131 | 54.290 | 61.310 | 47.683 |
| Bangladesh               | 32.786                          | 51.776 | 37.295 | 56.631 | 70.269 |
| Malasia                  | 35.469                          | 43.990 | 43.935 | 53.284 | 53.563 |
| Arabia Saudita           | 3.441                           | 5.657  | 45.149 | 57.982 | 45.460 |
| Canadá                   | 17.883                          | 17.617 | 16.894 | 20.236 | 20.056 |

Fuente: Trade Map

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Tabla 7: Promedios Anuales y Porcentajes a Nivel Mundial**

| PAISES         | Promedio Anual | % Mercado Mundial |
|----------------|----------------|-------------------|
| Japón          | 78.215         | 21,89%            |
| Estados Unidos | 74.875         | 20,95%            |
| Pakistán       | 58.399         | 16,34%            |
| Bangladesh     | 49.751         | 13,92%            |
| Malasia        | 46.048         | 12,89%            |
| Arabia Saudita | 31.538         | 8,83%             |
| Canadá         | 18.537         | 5,19%             |

Fuente: Trade Map

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

Estados Unidos sigue liderando el ranking de mercados destino de este producto, al concentrar el 92% del total; le siguen Países bajos con el 6%, Chile el 1% y Colombia; lugares a donde esta raíz se exporta en varias presentaciones, entre ellas jengibre fresco, en pasta, en almíbar, molido, en rodajas y jengibre fresco orgánico (ADEX, 2008).





### 1.10.1. Obtención del Extracto de Jengibre

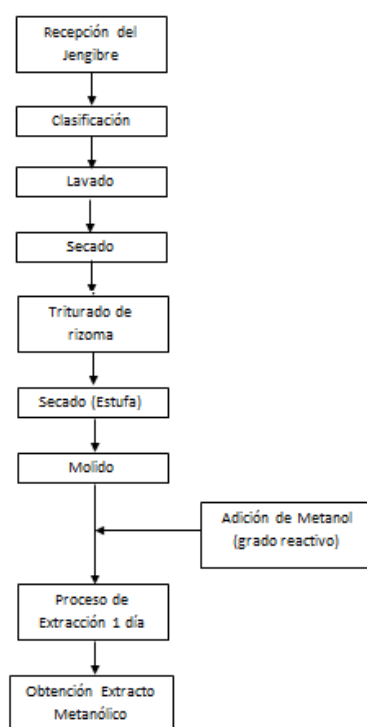
La técnica de extracción que se utilizó se detalla a continuación:

Una vez cosechados los rizomas de jengibre son lavados y clasificados, para luego secarlos al ambiente.

Después, son cortados en trozos pequeños y llevados a una estufa para ser secados a una temperatura de 60°C durante 72 horas para reducir la cantidad de agua que contienen.

Se procede a moler los trozos de jengibre seco para obtener un polvo fino, del cual utilizamos 5g y añadimos 100ml de metanol grado reactivo, esta mezcla se deja en reposo durante 24 horas y luego se procede a filtrar, quedando como resultado un líquido color amarillo, siendo éste el extracto Metanólico del jengibre a utilizarse para la medición *in vitro* de la actividad fenólica.

#### 1.10.1.1. Diagrama de Bloques del Proceso de Extracción



### 1.10.2. Preparación de la Solución del Reactivo 2,2-Difenil-1-Picril Hidracilo (DPPH)

Se procede a pesar una muestra de 0.0192 g del reactivo en la balanza analítica, para luego ser introducido en un frasco de vidrio color ámbar con capacidad de 500 ml, agregamos 500 ml de metanol (grado reactivo), se agita hasta disolver el soluto que en este caso será el 2,2-difenil-1-picril-hidracilo para obtener la solución deseada con una concentración de 0.1mM.

### 1.10.3. Recta de Calibración del Reactivo

Tomamos muestras de la solución con ayuda de las pipetas volumétricas de 1, 2, 4, 5 ml y las colocamos cada una en un matraz aforado de 10 ml, para luego proceder a enrazar adicionando metanol. Además, se llena un matraz aforado de 10 ml únicamente con metanol, el cual va a ser nuestra muestra de blanco.

Colocamos en las cubetas de cuarzo 2 ml de las muestras de cada matraz respectivamente. Luego ubicamos las cubetas primero el blanco en la celda B y de manera ascendente el resto de las muestras en el espectrofotómetro el cual debe estar encendido y conectado a la PC, para así proceder a medir la absorbancia de estas soluciones con una longitud de onda de 517 nm y obtener la recta con pendiente positiva que determina la concentración del radical.

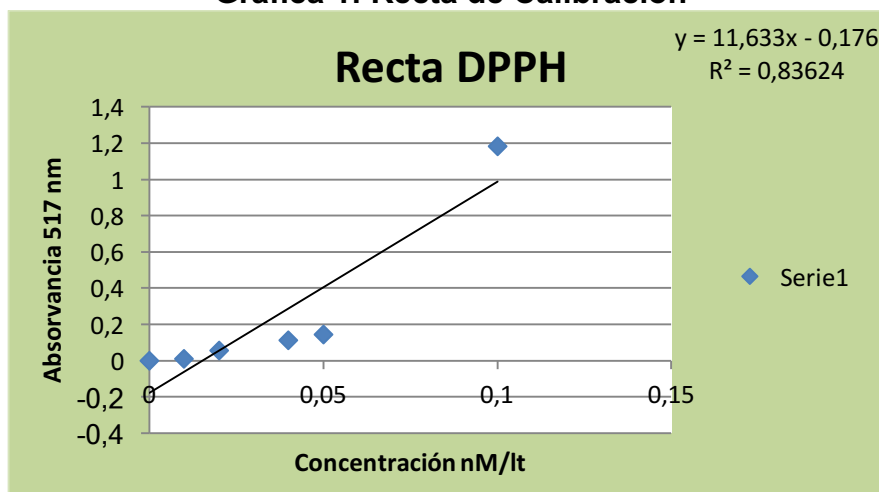
**Tabla 8: Concentración y Absorbancia**

| Muestra | Concentración | Absorbancia |
|---------|---------------|-------------|
| 1       | Blanco        | 0,000       |
| 2       | 0,01 mM       | 0,010       |
| 3       | 0,02 mM       | 0,054       |
| 4       | 0,04 mM       | 0,112       |
| 5       | 0,05 mM       | 0,145       |
| 6       | 0,1 mM        | 1,182       |

Fuente: Practica en laboratorio

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Gráfica 1: Recta de Calibración**



#### **1.10.4. Evaluación in vitro de la Actividad Fenólica del extracto de los Rizomas de Jengibre**

Para esta evaluación trabajaremos con la disolución del 2,2-difenil-1-picril-hidracilo 0.1 mM. A continuación se detalla la metodología que se siguió:

- i. Con ayuda de una pipeta volumétrica de 2 ml se toma una muestra de la disolución 0.1 mM y se deposita en una cubeta, para luego introducirla en el espectrofotómetro UV.
- ii. Se toma una muestra de extracto de jengibre y se vierte en la cubeta que contiene la disolución antes mencionada.
- iii. Inmediatamente se da inicio al programa del espectrofotómetro y observamos las lecturas que se darán en el lapso de tiempo estimado, debido a que se determinara el porcentaje de inhibición a los 12 minutos de estudio y el tiempo en que se reduce a la mitad la concentración del radical.

El porcentaje de inhibición se calcula empleando la formula:

$$\% \text{ Inhibición} = [(abs_i - abs_f)/abs_i] * 100$$

$abs_i$  = Absorbancia inicial

$abs_f$  = Absorbancia final

### 1.10.5. Cálculo del Porcentaje de Inhibición de Radicales Libre

Muestra N° 1 (50 µl o 0,050 ml)

$$\% \text{ Inhibición} = [(abs_i - abs_f)/abs_i] * 100$$

$$\% \text{ Inhibición} = [(0,396 - 0,055)/ 0,396] * 100$$

$$\% \text{ Inhibición} = 78,93\%$$

Muestra N° 2 (40 µl o 0,040 ml)

$$\% \text{ Inhibición} = [(abs_i - abs_f)/abs_i] * 100$$

$$\% \text{ Inhibición} = [(0,492 - 0,12)/ 0,492] * 100$$

$$\% \text{ Inhibición} = 69,70\%$$

Muestra N° 3 (30 µl o 0,030 ml)

$$\% \text{ Inhibición} = [(abs_i - abs_f)/abs_i] * 100$$

$$\% \text{ Inhibición} = [(0,236 - 0,082)/ 0,236] * 100$$

$$\% \text{ Inhibición} = 65,25\%$$

**Tabla 9: Comparativa de Porcentajes de Inhibición**

| N° Muestra | Cantidad Jengibre(ml) | Concentración Porcentual Extracto | Cantidad DPPH (ml) | Rango de Absorbancia (517 nm) | % Inhibición |
|------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------|
| 1          | 0,050                 | 5                                 | 2                  | 0,396 - 0,055                 | 78,93        |
| 2          | 0,040                 | 5                                 | 2                  | 0,492 - 0,12                  | 69,70        |
| 3          | 0,030                 | 5                                 | 2                  | 0,236 - 0,082                 | 65,25        |

Fuente: Análisis Espectrofotómetro

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Tabla 10: Comparación de Lecturas**

| 08/02/2014 |             | 15/02/2014 |             | 01/02/2014 |             |
|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| C. E. J.   | N° Lecturas | C. E. J.   | N° Lecturas | C. E. J.   | N° Lecturas |
| 50 µl      | 50          | 40 µl      | 50          | 30 µl      | 50          |

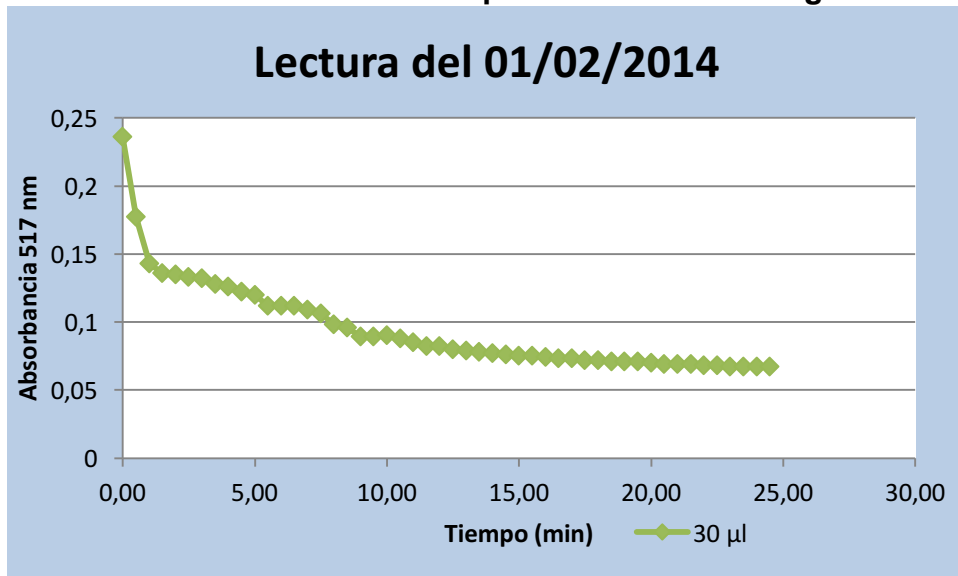
  

| t/min | ABS   | t/min | ABS   | t/min | ABS   |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,0   | 0,261 | 0,0   | 0,396 | 0,00  | 0,236 |
| 0,5   | 0,157 | 0,5   | 0,265 | 0,50  | 0,177 |
| 1,0   | 0,12  | 1,0   | 0,198 | 1,00  | 0,143 |
| 1,5   | 0,107 | 1,5   | 0,183 | 1,50  | 0,136 |
| 2,0   | 0,126 | 2,0   | 0,169 | 2,00  | 0,135 |
| 2,5   | 0,122 | 2,5   | 0,162 | 2,50  | 0,133 |
| 3,0   | 0,119 | 3,0   | 0,156 | 3,00  | 0,132 |
| 3,5   | 0,111 | 3,5   | 0,153 | 3,50  | 0,128 |
| 4,0   | 0,101 | 4,0   | 0,148 | 4,00  | 0,126 |
| 4,5   | 0,097 | 4,5   | 0,145 | 4,50  | 0,122 |
| 5,0   | 0,094 | 5,0   | 0,142 | 5,00  | 0,12  |
| 5,5   | 0,082 | 5,5   | 0,139 | 5,50  | 0,112 |
| 6,0   | 0,077 | 6,0   | 0,136 | 6,00  | 0,112 |
| 6,5   | 0,073 | 6,5   | 0,134 | 6,50  | 0,112 |
| 7,0   | 0,068 | 7,0   | 0,133 | 7,00  | 0,109 |
| 7,5   | 0,065 | 7,5   | 0,131 | 7,50  | 0,106 |
| 8,0   | 0,063 | 8,0   | 0,129 | 8,00  | 0,098 |
| 8,5   | 0,061 | 8,5   | 0,128 | 8,50  | 0,096 |
| 9,0   | 0,059 | 9,0   | 0,126 | 9,00  | 0,089 |
| 9,5   | 0,058 | 9,5   | 0,125 | 9,50  | 0,089 |
| 10,0  | 0,057 | 10,0  | 0,124 | 10,00 | 0,09  |
| 10,5  | 0,056 | 10,5  | 0,123 | 10,50 | 0,088 |
| 11,0  | 0,055 | 11,0  | 0,122 | 11,00 | 0,085 |
| 11,5  | 0,055 | 11,5  | 0,121 | 11,50 | 0,082 |
| 12,0  | 0,055 | 12,0  | 0,12  | 12,00 | 0,082 |
| 12,5  | 0,054 | 12,5  | 0,119 | 12,50 | 0,08  |
| 13,0  | 0,054 | 13,0  | 0,118 | 13,00 | 0,079 |
| 13,5  | 0,053 | 13,5  | 0,118 | 13,50 | 0,078 |
| 14,0  | 0,053 | 14,0  | 0,117 | 14,00 | 0,077 |
| 14,5  | 0,053 | 14,5  | 0,116 | 14,50 | 0,076 |
| 15,0  | 0,053 | 15,0  | 0,115 | 15,00 | 0,075 |
| 15,5  | 0,053 | 15,5  | 0,115 | 15,50 | 0,075 |
| 16,0  | 0,053 | 16,0  | 0,114 | 16,00 | 0,074 |
| 16,5  | 0,053 | 16,5  | 0,114 | 16,50 | 0,073 |
| 17,0  | 0,053 | 17,0  | 0,113 | 17,00 | 0,073 |
| 17,5  | 0,053 | 17,5  | 0,113 | 17,50 | 0,072 |
| 18,0  | 0,053 | 18,0  | 0,112 | 18,00 | 0,072 |
| 18,5  | 0,053 | 18,5  | 0,112 | 18,50 | 0,071 |

|      |       |      |       |       |       |
|------|-------|------|-------|-------|-------|
| 19,0 | 0,053 | 19,0 | 0,111 | 19,00 | 0,071 |
| 19,5 | 0,053 | 19,5 | 0,111 | 19,50 | 0,071 |
| 20,0 | 0,052 | 20,0 | 0,11  | 20,00 | 0,07  |
| 20,5 | 0,052 | 20,5 | 0,109 | 20,50 | 0,069 |
| 21,0 | 0,052 | 21,0 | 0,109 | 21,00 | 0,069 |
| 21,5 | 0,052 | 21,5 | 0,109 | 21,50 | 0,069 |
| 22,0 | 0,052 | 22,0 | 0,108 | 22,00 | 0,068 |
| 22,5 | 0,052 | 22,5 | 0,108 | 22,50 | 0,068 |
| 23,0 | 0,052 | 23,0 | 0,108 | 23,00 | 0,067 |
| 23,5 | 0,052 | 23,5 | 0,108 | 23,50 | 0,067 |
| 24,0 | 0,052 | 24,0 | 0,108 | 24,00 | 0,067 |
| 24,5 | 0,052 | 24,5 | 0,108 | 24,50 | 0,067 |

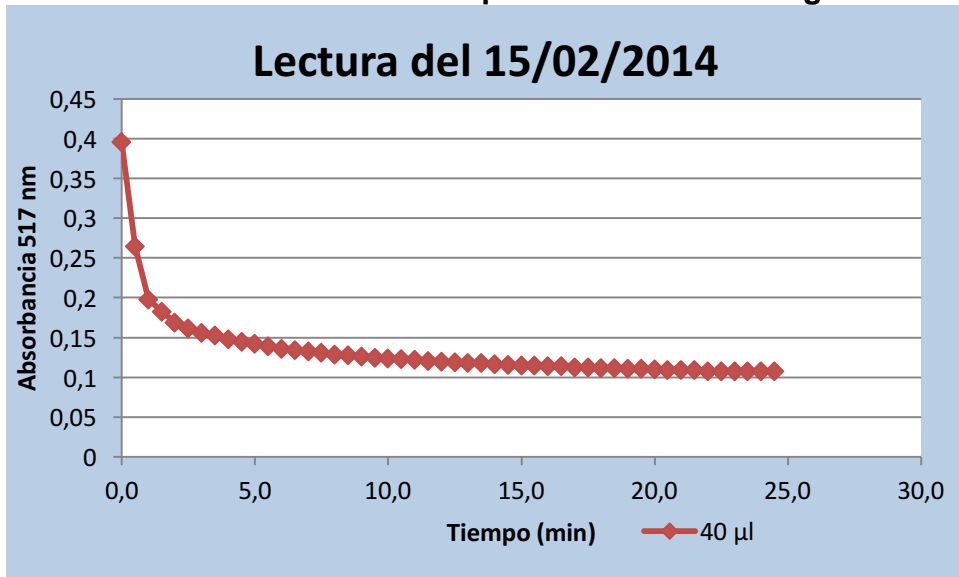
Fuente: Análisis de Espectrofotométrico del Extracto de Jengibre  
 Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Gráfica 2: Lectura con 30 µl de Extracto de Jengibre**



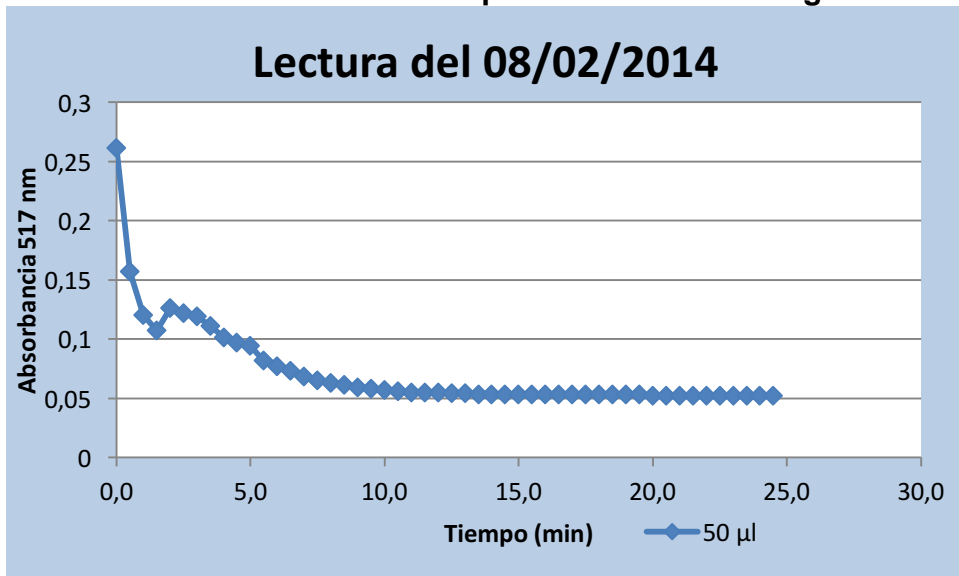
Fuente: Análisis de Espectrofotométrico del Extracto de Jengibre  
 Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Gráfica 3: Lectura con 40 µl de Extracto de Jengibre**



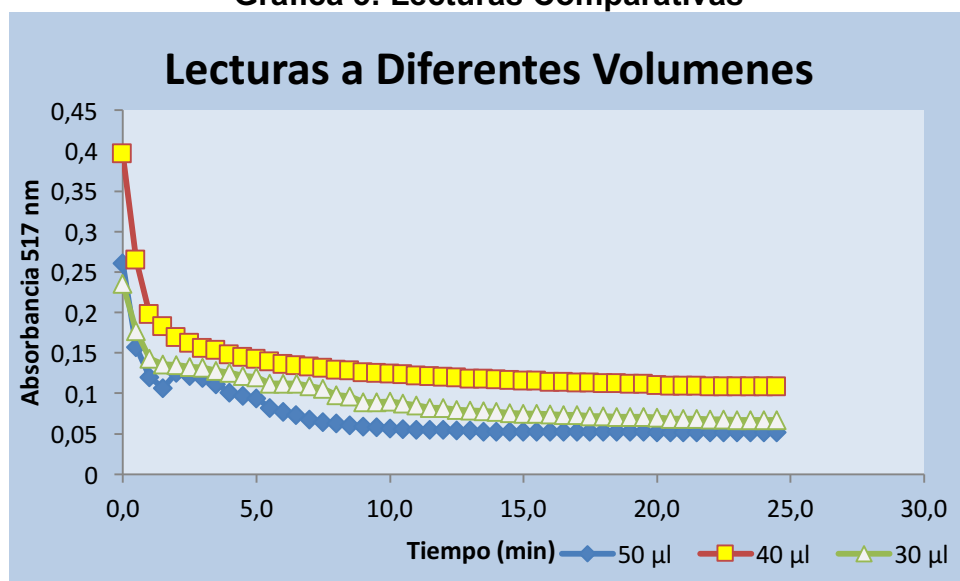
Fuente: Análisis de Espectrofotométrico del Extracto de Jengibre  
Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Gráfica 4: Lectura con 50 µl de Extracto de Jengibre**



Fuente: Análisis de Espectrofotométrico del Extracto de Jengibre  
Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Gráfica 5: Lecturas Comparativas**



Fuente: Análisis de Espectrofotométrico del Extracto de Jengibre

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

Se puede observar brevemente que las lecturas de absorbancia iniciales oscilan entre 0,261 a 0,369 esto es debido a la gran actividad fenólica presente en el extracto de jengibre que causa una decoloración en las muestras de reactivo, los cuales se pueden comparar con la lectura de ensayo del reactivo solo del DPPH la cual es de 1,182.

Al cabo de 12 minutos transcurridos, notamos que sigue la decoloración y las lecturas oscilan entre 0,055 a 0,12; con lo cual nos permitirá calcular el porcentaje de inhibición durante este tiempo medio en mención.

## 1.11. Procedimiento para la Extracción de Aceite Esencial de Jengibre

### 1.11.1. Equipos y Materiales

- Equipos: Balanza analítica  
Estufa  
Frigorífico  
Molino



- Materiales: Balón  
Condensador  
Mechero  
Probeta de 100 ml  
Soportes Universal  
Vasos de Precipitación de 500 ml

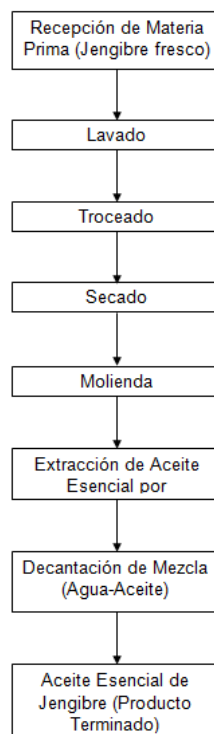
### **1.11.2. Obtención del Aceite Esencial de Jengibre**

La técnica extracción que se utilizó fue por hidrodestilación, la cual se detalla a continuación:

Se pesa 200g de jengibre previamente deshidratado y pulverizado, luego se lo envuelve con papel filtro y se lo introduce en el equipo de hidrodestilación, en un balón de 250ml agregamos aproximadamente 1000ml de agua, procedemos a realizar el montaje del equipo de hidrodestilación.

Se enciende el mechero y observamos mientras se da la destilación que aproximadamente tardó un rango entre 20 a 21 horas.

### 1.11.2.1. Diagrama de Bloques del Proceso de Obtención de Aceite Esencial a Nivel de Laboratorio



### 1.12. Cromatografía de Gases

Es una técnica cromatográfica en la que la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatografía de gas. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte. A diferencia de los otros tipos de cromatografía, la fase móvil no interactúa con las moléculas del analito; su única función es la de transportar el analito a través de la columna.

Existen dos tipos de cromatografía de gases (GC): la cromatografía gas-sólido (GSC) y la cromatografía gas-líquido (GLC), siendo esta última la que se utiliza más ampliamente, y que se puede llamar simplemente cromatografía de gases (GC). En la GSC la fase estacionaria es sólida y la retención de los analitos en ella se produce mediante el proceso de adsorción. Precisamente este proceso de adsorción, que no es lineal, es el que ha provocado que este tipo de cromatografía tenga aplicación limitada, ya que la retención del analito sobre la

superficie es semipermanente y se obtienen picos de elución con colas. Su única aplicación es la separación de especies gaseosas de bajo peso molecular. La GLC utiliza como fase estacionaria moléculas de líquido inmovilizadas sobre la superficie de un sólido inerte.

La GC se lleva a cabo en un cromatógrafo de líquidos. Éste consta de diversos componentes como el gas portador, el sistema de inyección de muestra, la columna (generalmente dentro de un horno), y el detector. [Skoog, Douglas A. y Leary, James J. (1994). *Análisis Instrumental*. Armenia: McGraw-Hill. 84-481-0191-X.] [McNair, Harold M. & Miller, James M. (1998). *Basic Gas Chromatography*. Canada: John Wiley & Sons, Inc. ISBN :0-471-17260-X (alk. paper); ISBN 0-471-17261-8]

### **1.12.1. Gas portador**

El gas portador cumple básicamente dos propósitos: Transportar los componentes de la muestra, y crear una matriz adecuada para el detector. Un gas portador debe reunir ciertas condiciones:

- Debe ser inerte para evitar interacciones (tanto con la muestra como con la fase estacionaria)
- Debe ser capaz de minimizar la difusión gaseosa
- Fácilmente disponible y puro
- Económico
- Adecuado al detector a utilizar.

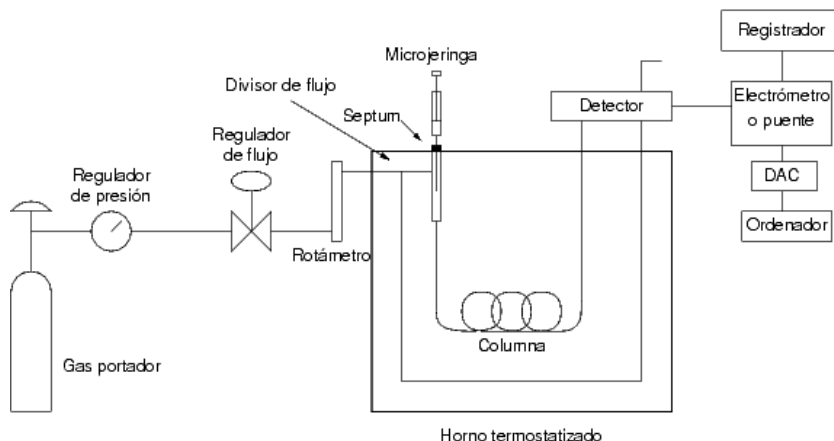
El gas portador debe ser un gas inerte, para prevenir su reacción con el analito o la columna. Generalmente se emplean gases como el helio, argón, nitrógeno, hidrógeno o dióxido de carbono, y la elección de este gas en ocasiones depende del tipo de detector empleado. El almacenaje del gas puede ser en balas normales o empleando un generador, especialmente en el caso del nitrógeno y del hidrógeno. Luego tenemos un sistema de manómetros y reguladores de flujo para garantizar un flujo estable y un sistema de deshidratación del gas, como

puede ser un tamiz molecular. [Skoog, Douglas A. y Leary, James J. (1994). *Análisis Instrumental*. Armenia: McGraw-Hill. 84-481-0191-X.] [McNair, Harold M. & Miller, James M. (1998). *Basic Gas Chromatography*. Canada: John Wiley & Sons, Inc. ISBN :0-471-17260-X (alk. paper); ISBN 0-471-17261-8]

Generalmente la regulación de la presión se hace a dos niveles: un primer manómetro se sitúa a la salida de la bala o generador del gas y el otro a la entrada del cromatógrafo, donde se regula el flujo. Las presiones de entrada varían entre 10 y 25 psi, lo que da lugar a caudales de 25 a 150 ml/min en columnas de relleno y de 1 a 25 ml/min en columnas capilares. Para comprobar el caudal se puede utilizar un rotámetro o un simple medidor de pompas de jabón, el cual da una medida muy exacta del caudal volumétrico que entra a la columna.

La pureza de los gases es sumamente importante, se requieren niveles 4.5 o mayores es decir 99.995 % de pureza. Sin embargo, debido al cuidado que se debe tener con la fase activa de la columna, se hace completamente necesario la instalación de trampas a la entrada del Gas carrier, estas trampas obviamente tienen una capacidad limitada, pero son importantísimas al momento de usar el Cromatógrafo. Estas trampas evitan el ingreso de Hidrocarburos, agua, CO entre otros. [Skoog, Douglas A. y Leary, James J. (1994). *Análisis Instrumental*. Armenia: McGraw-Hill. 84-481-0191-X.] [McNair, Harold M. & Miller, James M. (1998). *Basic Gas Chromatography*. Canada: John Wiley & Sons, Inc. ISBN :0-471-17260-X (alk. paper); ISBN 0-471-17261-8]

## Diagrama de un cromatógrafo de gases



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Cromatograf%C3%ADa\\_de\\_gases](http://es.wikipedia.org/wiki/Cromatograf%C3%ADa_de_gases)

### 1.12.2. Sistema de Inyección de Muestra

La inyección de muestra es un apartado crítico, ya que se debe inyectar una cantidad adecuada, y debe introducirse de tal forma (como un "tapón de vapor") que sea rápida para evitar el ensanchamiento de las bandas de salida; este efecto se da con cantidades elevadas de analito. El método más utilizado emplea una micro jeringa (de capacidades de varios micro litros) para introducir el analito en una cámara de vaporización instantánea. Esta cámara está a 50 °C por encima del punto de ebullición del componente menos volátil, y está sellada por una junta de goma de silicona septa o *septum*. [Skoog, Douglas A. y Leary, James J. (1994). *Análisis Instrumental*. Armenia: McGraw-Hill. 84-481-0191-X.] [McNair, Harold M. & Miller, James M. (1998). *Basic Gas Chromatography*. Canada: John Wiley & Sons, Inc. ISBN :0-471-17260-X (alk. paper); ISBN 0-471-17261-8]

Si es necesaria una reproducibilidad del tamaño de muestra inyectado se puede usar una válvula de seis vías o válvula de inyección, donde la cantidad a inyectar es constante y determinada por el tamaño del bucle de dicha válvula. [[http://es.wikipedia.org/wiki/Cromatograf%C3%ADa\\_de\\_gases](http://es.wikipedia.org/wiki/Cromatograf%C3%ADa_de_gases)] [Skoog, Douglas A. y Leary, James J. (1994). *Análisis Instrumental*. Armenia: McGraw-Hill. 84-481-0191-X.] [McNair, Harold M. & Miller, James M. (1998). *Basic Gas*

*Chromatography*. Canada: John Wiley & Sons, Inc. ISBN :0-471-17260-X (alk. paper); ISBN 0-471-17261-8]

Si la columna empleada es rellena, el volumen a inyectar será de unos 20  $\mu\text{l}$ , y en el caso de las columnas capilares dicha cantidad es menor, de 1  $\mu\text{l}$ , y dependiendo del tipo de columna capilar (ya que existen columnas con distinto diámetro interno) es que si se utiliza todo el volumen de muestra inyectado. Para obtener menor cantidad de volumen, se utiliza un divisor de flujo (la inyección se conoce como modo "Split") a la entrada de la columna que desecha parte del analito introducido. Si se utiliza todo el volumen de muestra la inyección es de tipo "Splitless". El modo Splitless, se empleó más para determinar pequeñas cantidades o trazas (determinaciones ambientales). [Skoog, Douglas A. y Leary, James J. (1994). *Análisis Instrumental*. Armenia: McGraw-Hill. 84-481-0191-X.] [McNair, Harold M. & Miller, James M. (1998). *Basic Gas Chromatography*. Canada: John Wiley & Sons, Inc. ISBN :0-471-17260-X (alk. paper); ISBN 0-471-17261-8]

Si se inyecta 1 microlitro de solvente, por ejemplo agua al pasar a la fase vapor su volumen se multiplicará por mil. Es decir, un microlitro de agua pasaría a ser 1 mL de agua en gas, como el volumen del puerto de inyección es limitado, se emplean split pulsado u otras configuraciones para garantizar el ingreso adecuado de las muestras. [Skoog, Douglas A. y Leary, James J. (1994). *Análisis Instrumental*. Armenia: McGraw-Hill. 84-481-0191-X.] [McNair, Harold M. & Miller, James M. (1998). *Basic Gas Chromatography*. Canada: John Wiley & Sons, Inc. ISBN :0-471-17260-X (alk. paper); ISBN 0-471-17261-8]

En caso de muestras sólidas, simplemente se introducen en forma de disolución, ya que en la cámara de vaporización instantánea el disolvente se pierde en la corriente de purga y no interfiere en la elución.

Según las curvas de Van Demter (HEPT vs. Velocidad Lineal), el mejor gas a usar en la columna cromatográfica como portador de los analitos es el hidrógeno,

sin embargo dada su peligrosidad, es más usado como gas de encendido en el detector FID, junto con el aire. Luego vienen, respectivamente, helio y nitrógeno.

El gas hidrógeno es el mejor carrier y los flujos que manejan los cromatógrafos no son peligrosos, además a la salida de estos generalmente existen restrictores de llama que evitan la propagación de un posible incendio. Se puede recomendar el uso de hidrógeno debido a, primero por su bajo precio respecto a los otros gases y por la resolución de los picos que se muestran en los cromatogramas. La relación para la ignición entre hidrógeno y aire es de 4,1% para el límite inferior y del 74,8% para el superior a 101,3Kpa y 298K (Safety Standard for Hydrogen and Hydrogen Systems, NASA), y se tiene que estar en presencia de una chispa o zona de calentamiento alta (desde 520°C). [Skoog, Douglas A. y Leary, James J. (1994). *Análisis Instrumental*. Armenia: McGraw-Hill. 84-481-0191-X.] [McNair, Harold M. & Miller, James M. (1998). *Basic Gas Chromatography*. Canada: John Wiley & Sons, Inc. ISBN :0-471-17260-X (alk. paper); ISBN 0-471-17261-8]

### **1.12.3. Análisis Cromatográfico del Aceite Esencial de Jengibre**

Mediante el análisis Cromatográfico de gases realizado el día viernes 21 de febrero del 2014, se obtuvo los porcentajes de retención de los componentes presentes en el aceite esencial de jengibre, los cuales se pueden apreciar en el *Anexo N° 7: Registros de Análisis de Cromatografía de Gases del Aceite Esencial de Jengibre.*

A continuación se detalla una tabla de los principales componentes encontrados, los cuales son categorizados por el número de carbonos que contienen según su fórmula molecular, como monoterpenos (10 C) y sesquiterpenos (15 C).

**Tabla 11: Principales Componentes Encontrados**

| <b>Monoterpenos</b> | <b>Sesquiterpenos</b>        |
|---------------------|------------------------------|
| $\alpha$ - Pinene   | $\alpha$ - Curcumene         |
| Camphene            | Zingibirene                  |
| $\beta$ - Pinene    | $\alpha$ - Farnesene         |
| Cineol (Eucalyptol) | $\gamma$ - Cadanene          |
| $\alpha$ - Citral   | $\beta$ - Sesquiphellandrene |

**Fuente:** Análisis de GC- Young living.

**Elaborado por:** Juan Adolfo Bastidas Muñoz



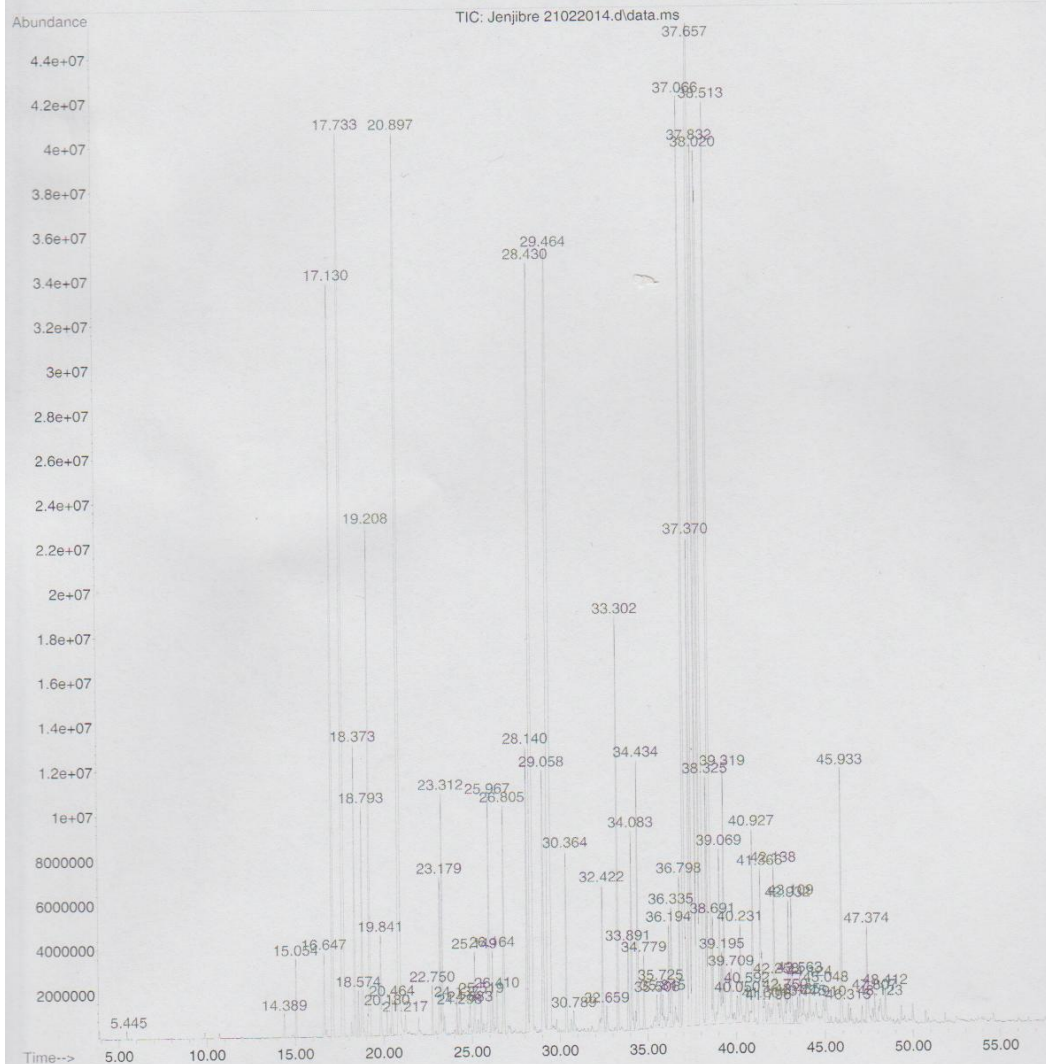
# Cromatograma del Análisis realizado al Aceite Esencial de Jengibre

Area Percent Report

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\2014.MUESTRAS\  
Data File : Jenjibre 21022014.d  
Acq On : 21 Feb 2014 10:11  
Operator :  
Sample : Jenjibre 21022014  
Misc : Muestra Universidad Guayaquil Juan Bastidas  
ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Integration Parameters: autoint1.e  
Integrator: ChemStation

Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\FINCA YL MS SOLO.M  
Title :



FINCA YL MS SOLO.M Fri Feb 21 11:10:17 2014

Page: 3

### 1.13. Procedimiento de Elaboración de Producto Cosmético (Crema Anti-Edad) a Nivel de Laboratorio

Para la elaboración de nuestro producto cosmético necesitaremos los siguientes reactivos, de los cuales se realizará una mezcla en frío y otra en caliente:

#### Mezcla en frío

Hidróxido de Sodio  
Propilen Glycol  
Trietanolamina  
Metil Parabeno  
Propil Parabeno  
Agua Destilada  
Aceite Esencial

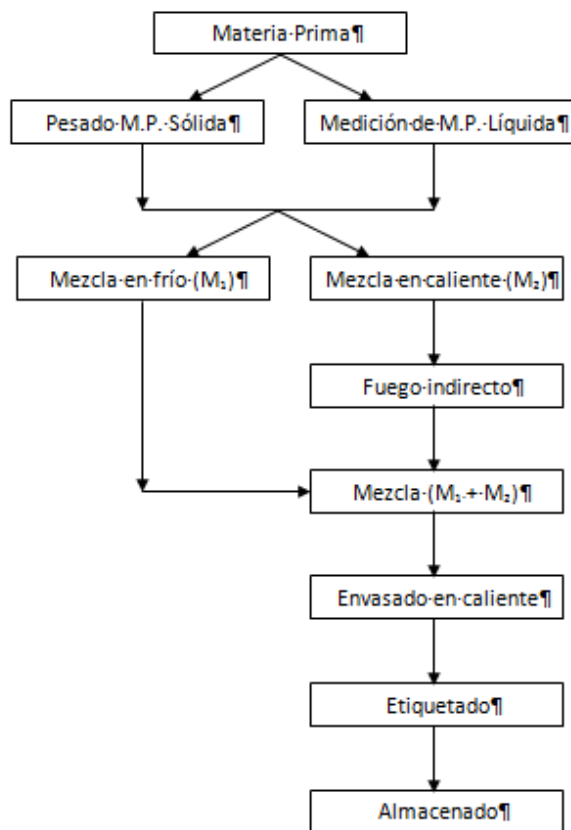
#### Mezcla en caliente

Ac. Esteárico  
Glicerina  
Vaselina  
Cera de Abejas  
Lanolina

A continuación el procedimiento a seguir para la elaboración:

- Se procede a pesar y a medir los reactivos sólidos y líquidos respectivamente.
- Se realiza la mezcla de los reactivos en frío, la cual dejaremos de momento.
- Procedemos a realizar la mezcla en caliente, esta debe estar en fuego indirecto y con agitación constante para evitar el deterioro o de grado de los reactivos, una vez que esta se encuentre en estado líquido, se procede a verter la mezcla anterior y continuamos con la agitación para lograr una mezcla homogénea a la que agregaremos cantidad suficiente de aroma para amenizar o mejorar la estética del producto, en este caso la crema.
- Luego procedemos a envasar en los respectivos recipientes, una vez envasados y cerrados, estos serán etiquetados para posteriormente ser almacenados.

**1.13.1. Diagrama de Bloque del Proceso de Elaboración de Producto Cosmético (Crema Anti-Edad) a Nivel de Laboratorio.**





## 2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 2.1. Análisis de Porcentaje de Inhibición de Radicales Libre

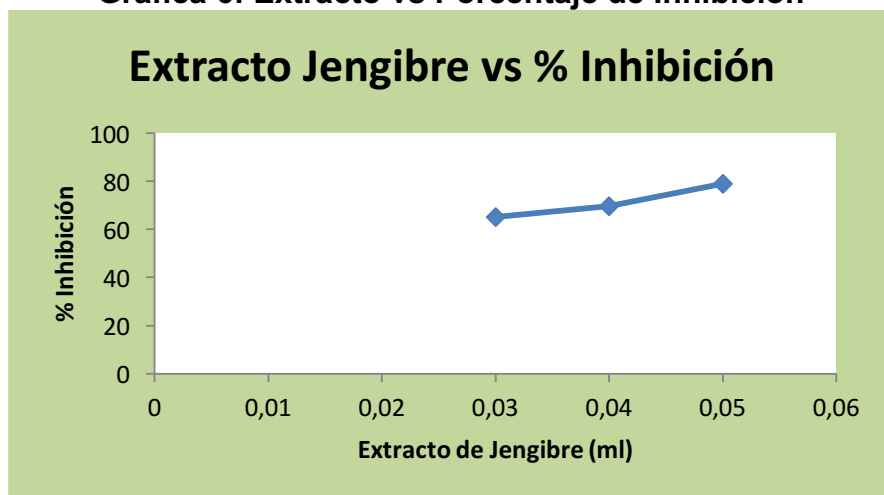
De acuerdo a los resultados obtenidos, se presenta la siguiente tabla, la cual nos ilustra la efectividad o alta capacidad fenólica que posee el extracto metanólico de jengibre:

**Tabla 12: Análisis de Porcentaje de Inhibición**

| Nº Muestra | Cantidad Jengibre(ml) | % Inhibición |
|------------|-----------------------|--------------|
| 1          | 0,050                 | 78,93        |
| 2          | 0,040                 | 69,70        |
| 3          | 0,030                 | 65,25        |

Fuente: Análisis Espectrofotómetro  
Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Gráfica 6: Extracto vs Porcentaje de Inhibición**



Fuente: Análisis de Espectrofotométrico del Extracto de Jengibre  
Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

Revisando los porcentajes de inhibición calculados podemos concluir que hemos demostramos el alto contenido de sustancias o componentes fenólicos en el extracto metanólico del jengibre, ya que al estar su concentración al 5% y con solo utilizar 0.030 mililitros (ml), que equivale a 30 microlitros ( $\mu$ l) da un porcentaje de inhibición de 65.25%.

## 2.2. Balance de Materia para Obtención de Polvo de Jengibre

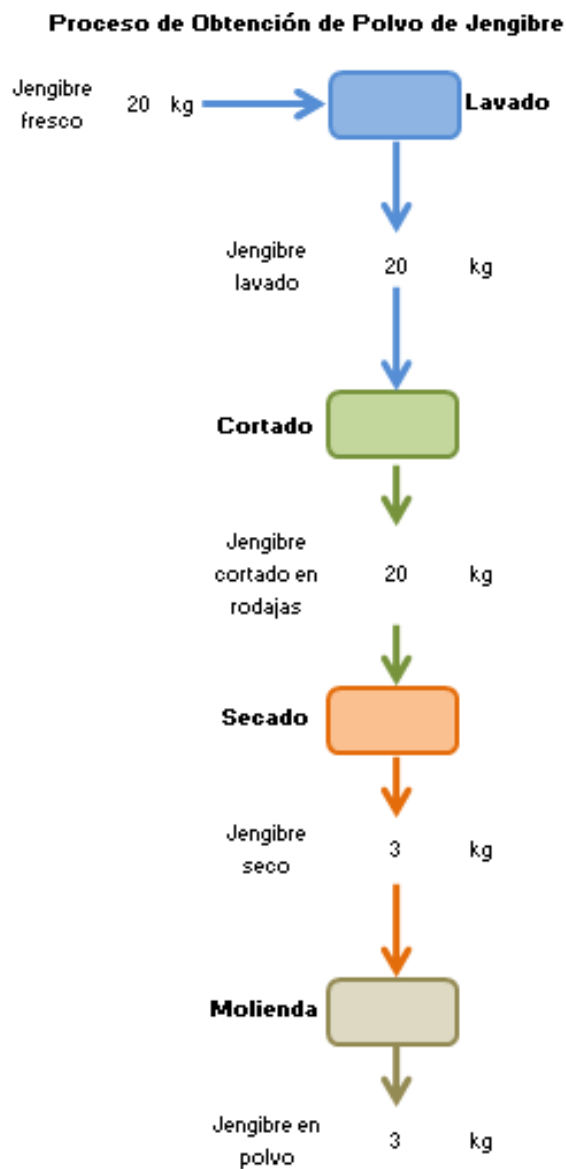
Para el cálculo del presente balance de materia se tomó 20 kg de jengibre fresco, mismo que contiene 85% de agua aproximadamente.

$$\text{Entrada (E) = Salida (S)}$$

Jengibre fresco = jengibre seco + agua evaporada

$$20 \text{ kg} = 3 \text{ kg} + 17 \text{ kg}$$

$$20 \text{ kg} = 20 \text{ kg}$$



### 2.3. Balance de Materia para Obtención de Aceite Esencial de Jengibre

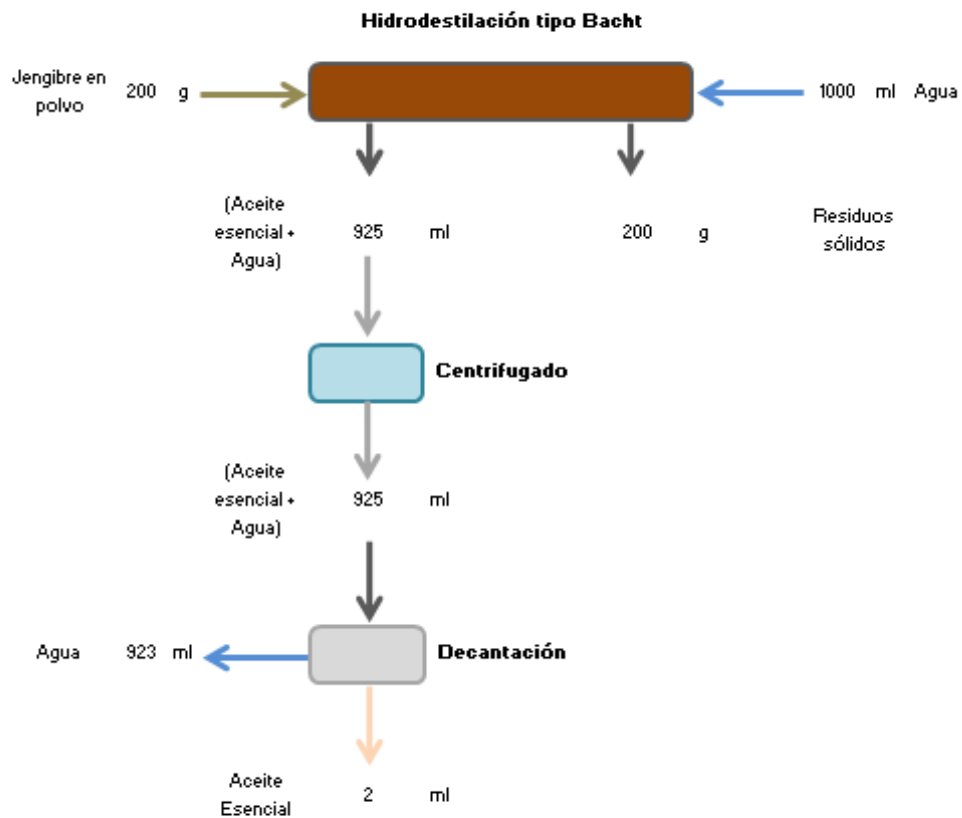
Se tomó como base 200 g de jengibre seco y pulverizado, es cual se sometió a hidrodestilación, dando como resultado lo siguiente:

$$\text{Entrada (E) = Salida (S)}$$

Jengibre polvo + agua = aceite + agua + jengibre polvo – agua evaporada

$$200 \text{ g} + 1000 \text{ g} = 2 \text{ g} + 923 \text{ g} + 200 \text{ g} + 75 \text{ g}$$

$$1200 \text{ g} = 1200 \text{ g}$$



El rendimiento del jengibre en relación al aceite contenido es el siguiente:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{2 \text{ ml}}{200 \text{ g}} \times 100 = 1\%$$

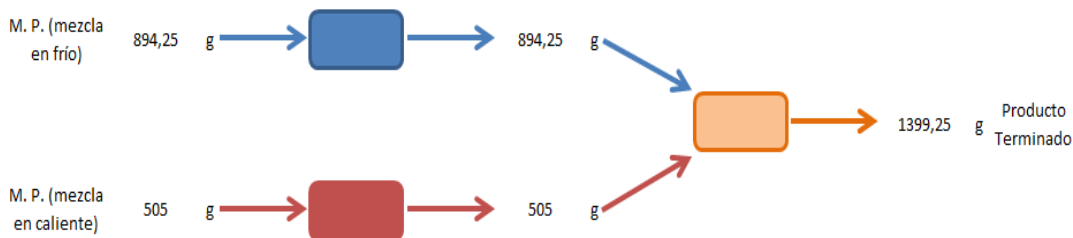
## 2.4. Balance de Materia para Producto Terminado

El balance de materia está basado en un lote de producto elaborado a nivel de laboratorio de 1399.25 g, que equivale aproximadamente a 23 unidades de con capacidad de 60 g.

$$\text{Entrada (E) = Salida (S)}$$

Mezcla en frío + Mezcla en caliente = Producto

$$894.25 \text{ g} + 505 \text{ g} = 1399.25 \text{ g}$$



## 2.5. Análisis Financiero

Mediante este análisis podremos determinar el costo de nuestro producto cosmético, para esto partiremos con los precios de cada uno de los reactivos necesarios para su elaboración, incluyendo el aceite esencial de jengibre.

El cálculo está basado en una producción de 23070,83 unidades de 60 g, lo cual equivale a 1384,25 kg mensuales.

Producción diaria: 69,21 kg

$$69,21 \frac{\text{Kg}}{\text{d}} \times \frac{20 \text{ d}}{1 \text{ mes}} = 1384,25 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$$

Se tomo como referencia 20 días del mes, por laborar 5 días a la semana.

A continuación se presentan las respectivas tablas de costes:



**Tabla 13: Materiales Directos del Proceso**

| Materiales Directos |                 |                 |            |            |               |              |
|---------------------|-----------------|-----------------|------------|------------|---------------|--------------|
| Denominación        | Cantidad Kg/Año | Cantidad Lt/Año | Costo / Kg | Costo / Lt | Costo Kg/Año  | Costo Lt/Año |
| Methyl Parabeno     | 31              |                 | \$ 12,50   |            | \$ 387,50     |              |
| Propil Parabeno     | 3,88            |                 | \$ 12,50   |            | \$ 48,44      |              |
| Hidróxido de Na     | 108,5           |                 | \$ 300,00  |            | \$ 32.550,00  |              |
| Propilen Glycol     |                 | 1162,5          |            | \$ 4,50    |               | \$ 5.231,25  |
| Trietanolamina      |                 | 465             |            | \$ 7,15    |               | \$ 3.324,75  |
| Agua Destilada      |                 | 11625           |            | \$ 0,50    |               | \$ 5.812,50  |
| Ac. Esteárico       | 2325            |                 | \$ 3,15    |            | \$ 7.323,75   |              |
| Glicerina Liq.      | 3875            |                 | \$ 4,00    |            | \$ 15.500,00  |              |
| Vaselina Liq.       |                 | 775             |            | \$ 4,00    |               | \$ 3.100,00  |
| Aroma               |                 | 232,5           |            | \$ 82,00   |               | \$ 19.065,00 |
| Aceite Esencial     |                 | 232,5           |            | \$ 98,00   |               | \$ 22.785,00 |
| Lanolina Anhidra    | 387,5           |                 | \$ 40,00   |            | \$ 0,00       |              |
| Cera de Abeja       | 465             |                 | \$ 22,50   |            | \$ 10.462,50  |              |
| <b>Total:</b>       |                 |                 |            |            | \$ 125.590,69 |              |

Fuente: Análisis de costos del Balance de Materia.

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Tabla 14: Mano de Obra Directa**

| Mano de Obra Directa  |                       |             |              |
|-----------------------|-----------------------|-------------|--------------|
| Denominación          | Cantidad de Empleados | Sueldo/mes  | Sueldo/año   |
| Calificados           | 2                     | \$ 477,00   | \$ 11.448,00 |
| No Calificados        | 4                     | \$ 400,00   | \$ 19.200,00 |
| Sub-total             | 5                     | \$ 318,00   | \$ 19.080,00 |
| Cargas Sociales (35%) | 11                    | \$ 1.195,00 | \$ 49.728,00 |
|                       |                       |             | \$ 10.684,80 |
| <b>Total:</b>         |                       |             | \$ 60.412,80 |

Fuente: Análisis de costos del Balance de Materia.

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Tabla 15: Mano de Obra Indirecta**

| Mano de Obra Indirecta |                       |            |              |
|------------------------|-----------------------|------------|--------------|
| Denominación           | Cantidad de Empleados | Sueldo/mes | Sueldo/año   |
| Vendedor               | 3                     | \$ 318,00  | \$ 11.448,00 |
| Sub-total              | 3                     | \$ 318,00  | \$ 11.448,00 |
| Cargas Sociales (35%)  |                       |            | \$ 4.006,80  |
| <b>Total:</b>          |                       |            | \$ 15.454,80 |

Fuente: Análisis de costos del Balance de Materia.

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Tabla 16: Material Indirectos**

| Materiales Indirectos |          |             |              |
|-----------------------|----------|-------------|--------------|
| Denominación          | Cantidad | Costo/unid. | Costo/Año    |
| Recipientes 2 onz     | 357598   | \$ 0,06     | \$ 21.455,88 |
| Etiquetas             | 357598   | \$ 0,01     | \$ 3.575,98  |
| <b>Total:</b>         |          |             | \$ 25.031,85 |

Fuente: Análisis de costos del Balance de Materia.

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Tabla 17: Maquinaria y Equipos**

| Maquinaria y Equipo          |          |           |
|------------------------------|----------|-----------|
| Equipo                       | Cantidad | Total     |
| Intercambiador de calor      | 1        | \$3.658   |
| Torre de Enfriamiento        | 1        | \$22.659  |
| Caldera                      | 1        | \$10.656  |
| Destiladores                 | 1        | \$20.218  |
| Bombas                       | 3        | \$7.215   |
| Tanque combustible           | 1        | \$3.658   |
| Tanque de Mezcla             | 2        | \$21.945  |
| Molino                       | 1        | \$366     |
| Estufa                       | 1        | \$7.315   |
| Bascula                      | 2        | \$1.829   |
| Marmita                      | 1        | \$9.264   |
| Tanque agua Caldero          | 1        | \$2.286   |
| Almacenamiento agua enfriam. | 1        | \$2.286   |
| Almacenamiento agua Procesos | 1        | \$1.829   |
| Sub-total                    |          | \$115.183 |
| Equipo aux. 8%               |          | \$9.215   |
| <b>Total:</b>                |          | \$124.397 |

Fuente: Análisis de costos del Balance de Materia.

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Tabla 18: Depreciación**

| Depreciación           |                  |                |                  |
|------------------------|------------------|----------------|------------------|
| Denominación           | Costo en Dólares | Vida Útil/Años | Total en Dólares |
| Maquinaria y Equipos   | \$ 124.397,14    | 10             | \$ 12.439,71     |
| Repuestos y Accesorios | \$ 9.951,77      | 10             | \$ 995,18        |
| Vehículo               | \$ 6.000,00      | 5              | \$ 1.200,00      |
| <b>Total:</b>          |                  |                | \$ 13.434,89     |

Fuente: Análisis de costos del Balance de Materia.

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Tabla 19: Suministros**

| Suministros                    |             |               |               |
|--------------------------------|-------------|---------------|---------------|
| Denominación                   | Consumo/Año | Costo/unidad  | Costo/año     |
| Energía Eléctrica (kw)         | 2598540     | \$ 0,14       | \$ 363.795,60 |
| Agua Potable (m <sup>3</sup> ) | 2480        | \$ 0,40       | \$ 992,00     |
| Combustible (gal)              | 1100        | \$ 1,20       | \$ 1.320,00   |
|                                |             | <b>Total:</b> | \$ 366.107,60 |

Fuente: Análisis de costos del Balance de Materia.

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Tabla 20: Reparación y Mantenimiento**

| Reparación y Mantenimiento |            |             |
|----------------------------|------------|-------------|
| Denominación               | Porcentaje | Total       |
| Maquinaria y Equipos       | 5%         | \$ 6.219,86 |

Fuente: Análisis de costos del Balance de Materia.

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Tabla 21: Seguros**

| Seguros              |               |             |
|----------------------|---------------|-------------|
| Denominación         | Porcentaje    | Costo       |
| Maquinaria y Equipos | 1%            | \$ 1.243,97 |
| Edificio             | 3%            | \$ 3.965,61 |
| Incendio             | 0,30%         | \$ 396,56   |
| Accidentes           | 0,30%         | \$ 396,56   |
|                      | <b>Total:</b> | \$ 6.002,70 |

Fuente: Análisis de costos del Balance de Materia.

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Tabla 22: Imprevistos Carga Fabril**

| Imprevistos de Carga Fabril |               |              |
|-----------------------------|---------------|--------------|
| Denominación                | %             | Costo        |
| % rubros anteriores         | 5%            | \$ 21.612,59 |
|                             | <b>Total:</b> | \$ 21.612,59 |

Fuente: Análisis de costos del Balance de Materia.

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Tabla 23: Carga Fabril**

| Carga Fabril                |               |
|-----------------------------|---------------|
| Denominación                | Costo         |
| Materiales Indirectos       | \$ 25.031,85  |
| Mano de Obra Indirecta      | \$ 15.454,80  |
| Depreciación                | \$ 13.434,89  |
| Suministros                 | \$ 366.107,60 |
| Reparación y Mantenimiento  | \$ 6.219,86   |
| Seguros                     | \$ 6.002,70   |
| Imprevistos de Carga Fabril | \$ 21.612,59  |
| <b>Total:</b>               | \$ 453.864,29 |

Fuente: Análisis de costos del Balance de Materia.

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

**Tabla 24: Costo de Producción**

| Costo de Producción  |                      |
|----------------------|----------------------|
| Denominación         | Costo                |
| Materiales Directos  | \$ 125.590,69        |
| Mano de Obra Directa | \$ 60.412,80         |
| <b>Carga Fabril</b>  | <b>\$ 453.864,29</b> |
| <b>Total:</b>        | <b>\$ 639.867,78</b> |

Fuente: Análisis de costos del Balance de Materia.

Elaborado por: Juan Adolfo Bastidas Muñoz

Podemos calcular la producción anual de la siguiente manera:

$$69.21 \frac{Kg}{d} \times \frac{310 d}{1 \text{ año}} = 21455,875 \frac{Kg}{\text{año}}$$

Cantidad de Producto Cosmético al año: 21455.875 kg

Capacidad de recipientes: 0.06 kg

Podemos calcular la cantidad anual de unidades de capacidad de 60 g:

$$\frac{21455,875 Kg}{0,06 Kg} = 357597,92 \frac{unid}{\text{año}}$$

Calculando un costo por unidad de producto:

$$\frac{\$ 639.867,78}{357597,92} = \$ 1,79$$

El costo de producción por unidad equivale a \$ 1,79 dólares, considerando una ganancia del 40%, el precio de venta al público será de \$ 2,51 dólares aproximadamente, precio considerable puesto que es un producto beneficioso y 100% ecuatoriano.

## 2.5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 2.5.2. Conclusiones

- Observando las lecturas de los análisis realizados mediante el equipo de espectrofotómetro, se puede deducir o concluir que el extracto de jengibre tiene una alta capacidad fenólica, debido a la rápida decoloración que realiza al reactivo DPPH al momento de ser adicionado, esto se puede comprobar ya que el primer punto de lectura de absorbancia para las cantidades de 30; 40 y 50  $\mu$ l son 0,236; 0,396 y 0,261 respectivamente, puesto que la absorbancia es 1,182 para la concentración inicial 1 mM del reactivo DPPH.
- Según los resultados obtenidos en base al análisis cromatográfico podemos observar los porcentajes de los principales componentes presentes en el aceite esencial de jengibre:  $\alpha$  – Pinene 3,42%; Camphene 6,18%;  $\beta$  - Pinene 1,90%; Cineol 6,47%;  $\alpha$  – Citral 7,93%;  $\alpha$  – Curcumene 5,74%; Zigibirene 10,49%;  $\alpha$  – Farnesene 6,28%;  $\gamma$  – Cadanene 7,11%;  $\beta$  – Sesquiphellandrene 6,33%.
- Al ser identificada poco más de la mitad de los componentes del aceite esencial extraído del jengibre, se percibe, como era de esperarse la presencia dominante de monoterpenos y sesquiterpenos.

### 2.5.3. Recomendaciones

- Incentivar la siembra de jengibre y procesar para comerciar en otros campos diferentes a los ya conocidos.
- Implementar el estudio de los componentes orgánicos de toda variedad de plantas reconocidas, identificadas por cromatografía de gases, a fin de aprovechar sus propiedades para beneficio de las personas en general.
- Implementar equipos de diversas capacidades en el laboratorio de operaciones unitarias, de tal forma que puedan ser utilizados ya sea por

una o varias personas en este caso estudiantes deseosos de aprender el manejo de los equipos de nuestra facultad.



#### 2.5.4. BIBLIOGRAFÍA

- I. **Actividad Antioxidante in vitro del Extracto de Metanol de los Rizomas de Curculigo Orchioides Gaertn**, Departamento de Farmacia, Facultad de Tecnología e Ingeniería, The M.S. University of Baroda, Vadodara-390002, Gujarat, India, *Ars Pharm* 2005, 46 (2): 125-138
- II. ELENA E. STASHENKO, Química, Ph.D., *Aceites Esenciales*, primera edición 2009, ISBN: 978-958-44-5944-2.
- III. ERNEST GUENTHER, PH.D. *The Essential Oils*, Vol. 1 History – origin in Plants, 1963
- IV. EVENSON, J.P. 1978. Germination and early growth of ginger (*Zingiber officinale*, Roscoe). *Trop. Agric. (Trinidad)* 55: 127-134.
- V. GRUPO RAISEB PERÚ SAC. 2011. **El jengibre o kion**. Disponible en: <http://www.agronegociosperú.org/tema/tem011.html>.
- VI. INSTITUTO DANONE Alimentación, Nutrición y Salud, Vol. 10, N.º 2, pp. 41-53, 2003
- VII. JACQUES MAESTRE, *las Plantas de las especies colección de agricultura tropical*, primera edición 1967.
- VIII. *Journal of Food and Drug Analysis*, Vol. 17, No. 5, 2009, pág. 386-395.
- IX. MANACH C, SCALBERT A, MORAND C, RÉMÉSY C, JIMÉNEZ L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr.* 79:727-747.
- X. MARTINEZ-VALVERDE I, PERIAGO MJ, Ros G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos en la dieta. *Arch Latinoam Nutr.* 50:5-18.



- XI. Nutr Hosp. 2012;27(1):76-89 ISSN 0212-1611 • CODEN NUH0EQ S.V.R. 318
- XII. PAREDES, L. 2010. Exportaciones de jengibre crecen 154%. Disponible en: <http://www.agraria.pe/noticias>
- XIII. **Proyecto de Extracción de Aceite Esencial de Jengibre como Alternativa de Exportación**, Jorge Chiluzza y Paola Ulloa, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador, 2005.
- XIV. **Proyecto de Producción y Comercialización de Jengibre para consumo local y como alternativa de exportación en el Cantón Marcabelli en la Provincia de El Oro**, Marcelo López y Liliana Colorado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador, 2003.
- XV. Revista **Ciencia y Tecnología** Universidad Nacional de Trujillo- Escuela de Postgrado, ISSN Versión Electrónica 2306-2002.
- XVI. Revista Amazónica de Investigación Alimentaria, v.1, nº 1, p. 38 - 42 (2001).
- XVII. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy, Artículo **Antioxidantes de Origen Vegetal**, Vol 8, N° 44, 1998.
- XVIII. Richards RT, Sharma HM. Free radicals in health and disease. Ind.J.Clinical Practice. 1991; 2 (7): 15-26.
- XIX. ROBARDS K, PRENTZLER PD, TUCKER G, SWATSITANG P, GLOVER W. (1999). Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. Food Chem. 66:401-436
- XX. Stephanie Dudonn, Xavier Vitrac, Philippe Coutire, Marion Woillez, Jean-Michel Mrillon. Comparative Study of Antioxidant Properties and Total Phenolic content of 30 Plant Extracts of Industrial Interest Using DPPH,

ABTS, FRAP, SOD, and ORAC Assays, JAgric. Food Chem., 2009, Vol. 57, pp. 1768-1774

- XXI. **Stephen, Fulder**, El Libro del Jengibre, Barcelona España, Ediciones Martines Roca, 1998
- XXII. Tesis **Aprovechamiento de la propiedades funcionales del jengibre (zingiber officinale) en la elaboración de condimento en polvo infusión filtrante y aromatizante para quema directa**, Oswaldo Acuña y Alejandra Torres, Departamento de Ciencias de los Alimentos y Biotecnología (DECAB), Revista Politécnica, 2008, Vol, 1(1): 60-69.
- XXIII. Tesis **Perfil Económico del Jengibre**, CEI-RD, 2007.

### **Q.F. LUIS FELIPE ZALAMEA MOLINA, MSC.**

QUÍMICO Y FARMACÉUTICO- TITULADO EN LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE GUAYAQUIL. MAGISTER EN "PROCESAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS"; UNIVERSIDAD ESTATAL DE GUAYAQUIL. PREMIO CONTENTA OTORGADO POR EL CONSEJO UNIVERSITARIO DE LA U. DE GUAYAQUIL MENCIÓN "MAGNA CUM LAUDE" OTORGADO POR LA FACULTAD DE CIENCIA QUÍMICAS. PROFESOR PRINCIPAL DE FÍSICO-QUÍMICA I, FÍSICO-QUÍMICA II FACULTAD DE CIENCIA QUÍMICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA 1978-1979 PROFESOR PRINCIPAL DE QUÍMICA ANALÍTICA CUALITATIVA Y CUANTITATIVA TEÓRICA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA 1978-1999. PROFESOR DE PROCESOS DE ALIMENTOS FACULTAD DE ING. QUÍMICA U. DE GUAYAQUIL. PROFESOR DE MICROBIOLOGÍA Y BIOQUÍMICA DE LOS ALIMENTOS. FACULTAD DE ING. QUÍMICA. U. DE GUAYAQUIL (ACTUAL) TUTOR DE PROYECTOS DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA TUTOR DE PROYECTOS DE TESIS DE LA MAESTRÍA EN PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA. EXPOSITOR TEMAS MICROBIOLOGÍA CLÍNICA EN CONGRESOS DEL COLEGIO DE QUÍMICOS FARMACÉUTICOS DEL GUAYAS. EXPOSITOR EN EL PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN SALUD. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL DEL 17 AL 21 DE OCTUBRE 2016. CONFERENCIA TEMA: "POLIFENONES BIODISPONIBLES A PARTIR DE EXTRACTOS DE FRUTAS. JORNADAS DE INGENIERÍA QUÍMICA NOVIEMBRE 2016. COLEGIO REGIONAL DE INGENIEROS QUÍMICOS. JUNIO 2017

### **ING. JUAN ADOLFO BASTIDAS MUÑOZ**

INGENIERO QUÍMICO TÉCNICO AMBIENTAL DE CONSULTORAS AMBIENTALES EN GUAYAQUIL EXPERIENCIA EN MANEJO DE DATOS, ELABORACIÓN DE INFORMES AMBIENTALES, EJECUCIÓN INSPECCIONES, SEGUIMIENTO DE MANEJO DE PLANES DE MANEJO AMBIENTAL, MONITOREOS AMBIENTALES. ELABORACIÓN DE MAPAS. TECNICO AMBIENTAL DE LA M.I. MUNICIPALIDAD DE GUAYAQUIL. DERECHO AMBIENTAL PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA PARA EL SECTOR PÚBLICO" Conferencia "ESTRATEGIA PARA APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS" CONFERENCIA "INVERSIÓN FORESTAL" CONFERENCIA "CIUDADES SUSTENTABLES Y SUS EDIFICACIONES"

### **ING. LILYA JANETH CASABONA THOMAS, MSC**

INGENIERA QUÍMICA MAGISTER EN DOCENCIA UNIVERSITARIA E INVESTIGACIÓN EDUCATIVA DIPLOMADO EN DOCENCIA SUPERIOR PROYECTOS SOCIALES Y DE VINCULACIÓN COORDINADORA DE PRÁCTICAS PREPROFESIONALES FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA DIRECTORA ENCARGADA DE LOS LABORATORIOS CENTRALES DE FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA. PROFESORA DE FÍSICA Y LABORATORIO DE FÍSICA TUTORA DE TRABAJOS DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA. COORDINADORA DE PRACTICAS PRE PROFESIONALES DE LA F.I.Q, UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

ISBN: 978-9942-760-57-9

