



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS DE  
NATURALEZA LIPÍDICA DE LA HOJA Y TALLO DE LA PLANTA PIE DE NIÑO  
(*Pedylanthus tithymaloides*) PROVENIENTE DE LA REGIÓN DE PUERTO BARRIOS,  
IZABAL, COMO FUENTE DE ÁCIDOS GRASOS**

**Kevin Samuel Hernández Leal**  
Asesorado por el Ing. Jorge Godínez Lemus

Guatemala, abril de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS DE  
NATURALEZA LIPÍDICA DE LA HOJA Y TALLO DE LA PLANTA PIE DE NIÑO  
(*Pedylanthus tithymaloides*) PROVENIENTES DE LA REGIÓN DE PUERTO BARRIOS,  
IZABAL, COMO FUENTE DE ÁCIDOS GRASOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**KEVIN SAMUEL HERNÁNDEZ LEAL**  
ASESORADO POR EL ING. JORGE GODÍNEZ LEMUS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, ABRIL DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Renato Giovanni Ponciano Sandoval
EXAMINADOR	Ing. Federico Guillermo Salazar Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl De León De Paz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS DE NATURALEZA LIPÍDICA DE LA HOJA Y TALLO DE LA PLANTA PIE DE NIÑO (*Pedylanthus tithymaloides*) PROVENIENTES DE LA REGIÓN DE PUERTO BARRIOS, IZABAL, COMO FUENTE DE ÁCIDOS GRASOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha octubre 2013

  
**Kevin Samuel Hernandez Leal**



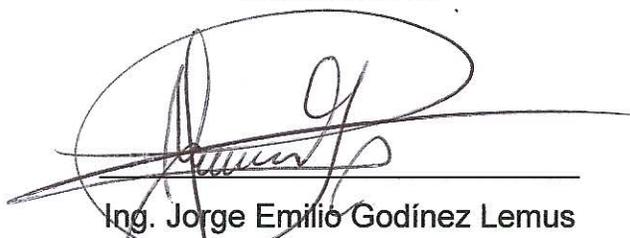
Guatemala, 25 de marzo de 2014

Ingeniero Jorge Emilio Godínez  
Asesor de tesis  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por medio de la presente me dirijo a usted para informarle que el estudiante, **Kevin Samuel Hernández Leal**, con carné No. **2009-14893**, me ha presentado para revisión el informe final del trabajo de graduación, titulado "Evaluación del rendimiento de la extracción de compuestos de naturaleza lipídica de la hoja y tallo de la planta pie de niño (*Pedylanthus tithymaloides*) proveniente de la región de Puerto Barrios, Izabal, como fuente de ácidos grasos" al cual doy mi APROBACIÓN.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente:



Ing. Jorge Emilio Godínez Lemus

Ing. Jorge Emilio Godínez Lemus  
INGENIERO QUÍMICO  
Colegiado 874



Guatemala, 24 de marzo de 2014  
 Ref. EIQ.TG-IF.009.2014

Ingeniero  
**Víctor Manuel Monzón Valdez**  
 DIRECTOR  
 Escuela de Ingeniería Química  
 Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **091-2013** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Solicitado por el estudiante universitario: **Kevin Samuel Hernández Leal.**

Identificado con número de carné: **2009-14893.**

Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO.**

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS DE NATURALEZA LIPÍDICA DE LA HOJA Y TALLO DE LA PLANTA PIE DE NIÑO (*Pedylanthus tithymaloides*) PROVENIENTE DE LA REGIÓN DE PUERTO BARRIOS, IZABAL, COMO FUENTE DE ÁCIDOS GRASOS**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **Jorge Emilio Godínez Lemus.**

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
 COORDINADOR DE TERNA  
 Tribunal de Revisión  
 Trabajo de Graduación



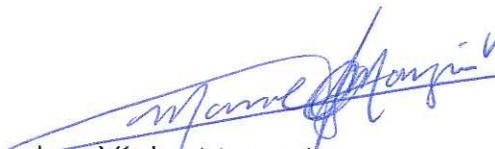
C.c.: archivo





Ref.EIQ.TG.038.2014

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **KEVIN SAMUEL HERNÁNDEZ LEAL** titulado: "**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS DE NATURALEZA LIPÍDICA DE LA HOJA Y TALLO DE LA PLANTA PIE DE NIÑO (PEDYLANTHUS TITHYMALOIDES) PROVENIENTE DE LA REGIÓN DE PUERTO BARRIOS, IZABAL, COMO FUENTE DE ÁCIDOS GRASOS**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

  
Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, abril 2014

Cc: Archivo  
VMMV/ale



Universidad de San Carlos  
de Guatemala

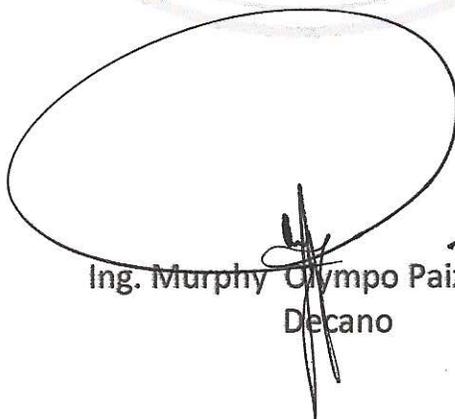


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 160.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS DE NATURALEZA LIPÍDICA DE LA HOJA Y TALLO DE LA PLANTA PIE DE NIÑO (*Pedylanthus tithymaloides*) PROVENIENTE DE LA REGIÓN DE PUERTO BARRIOS, IZABAL, COMO FUENTE DE ÁCIDOS GRASOS**, presentado por el estudiante universitario **Kevin Samuel Hernández Leal**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, 2 de abril de 2014

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser mí guía, fortaleza y pilar en mi carrera.
<b>Mis padres</b>	Osmundo Hernández y Rosa Leal por su entrega incondicional para lograr este triunfo
<b>Mis hermanos</b>	Cindy, Josué y Abner Hernández por el apoyo, amor y confianza de este logro.
<b>Mi sobrina</b>	Linda Hernández por ser de mi vida una alegría.
<b>Mis amigos</b>	Gracias por compartir buenos y malos momentos en el transcurso de la carrera y por el apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por el aprendizaje y acogerme en sus aulas.

**Facultad de Ingeniería**

Por ser una importante influencia en mi carrera,  
entre otras cosas.

**Mi familia**

Gracias por estar conmigo en los momentos  
tristes y alegres de mi carrera.

**Mis amigos**

A todas y todos gracias por su amistad  
incondicional.





3.1.	Localización .....	13
3.2.	Recursos .....	13
3.2.1.	Humanos .....	14
3.2.2.	Físicos .....	14
3.3.	Metodología experimental .....	15
3.3.1.	Diseño de tratamiento .....	15
3.3.2.	Resultados obtenidos .....	16
3.3.3.	Diseño experimental .....	16
4.	RESULTADOS .....	19
4.1.	Análisis de rendimiento .....	19
4.2.	Identificación de ácidos grasos .....	20
5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	25
5.1.	Análisis de varianza .....	25
6.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	27
	CONCLUSIONES .....	31
	RECOMENDACIONES .....	33
	BIBLIOGRAFÍA .....	35
	APÉNDICE .....	37

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Cromatograma por técnica cromatografía de masas.....	2
2.	Planta Pie de Niño ( <i>Pedylanthys tithymaloides</i> ) .....	7
3.	Clasificación de solventes .....	9
4.	Equipo de extracción de ácidos grasos .....	16
5.	Porcentajes de ácidos grasos con éter di etílico.....	21
6.	Porcentajes de ácidos grasos con alcohol isopropílico .....	22
7.	Porcentajes de ácidos grasos con hexano .....	23
8.	Porcentajes de ácidos grasos con bencina de petróleo.....	24
9.	Distribución de la varianza versus solvente extractor del extracto del Pie de Niño .....	26
10.	Distribución de la varianza versus rendimiento del solvente del extracto del Pie de Niño .....	26

### TABLAS

I.	Puntos de ebullición de los solventes .....	9
II.	Datos requeridos para un experimento en una dirección con a tratamientos y n repeticiones.....	17
III.	Datos del extracto-eterio (grasas y otros) con distinto solventes .....	19
IV.	Recolección de componentes en la cromatografía de gases, por medio del área bajo la curva, utilizando cuatro solventes extractivos: éter dietílico, alcohol isopropílico, hexano y bencina de petróleo.....	20

V. Varianza de las medias de extracción y rendimiento de los cuatro solventes ..... 25

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>IPA</b>	Alcohol Isopropílico
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>Ho</b>	Hipótesis nula
<b>H°</b>	Humedad relativa
<b>ml</b>	Mililitro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>PM</b>	Peso molecular
<b>V</b>	Volumen



## **GLOSARIO**

<b>Alcohol</b>	Derivado hidroxilado de un hidrocarburo parafínico, en donde el grupo OH está ligado a un átomo saturado.
<b>Cromatografía</b>	Es una técnica de separación extraordinariamente versátil que presenta distintas variantes, en la que tiene dos fases sólida-líquida o gas.
<b>Dosificador</b>	Utilizado para descargar productos granulados en las cantidades deseadas.
<b>Éter de petróleo</b>	Mezcla de hidrocarburos compuesta principalmente por: n-pentano, iso-pentano. Para usos de laboratorio, análisis, investigación y química fina.
<b>Extracto etéreo</b>	Método que permite determinar el contenido de materias grasas brutas en materias primas.
<b>Extracto</b>	Separación de dos componentes de cualquier sustancia por el contacto de cualquier líquido



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objeto evaluar el rendimiento de la extracción de los compuestos de naturaleza lipídica de la planta Pie de Niño (*Pedylanthus tithymaloides*), proveniente de la región de Puerto Barrios, Izabal; asimismo, se analizó el perfil de ácidos grasos.

Se evaluó el rendimiento de extracción mediante cuatro solventes; éter di etílico, alcohol isopropílico, hexano y bencina de petróleo; donde se utilizó el extractor *soxhlet* en serie. Al obtener el extracto de la fracción lipídica se evaluaron las propiedades fisicoquímicas y el perfil de ácidos grasos, mediante cromatografía de gases con detector de ionización de llama.

El procedimiento experimental se realizó en el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química y en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Veterinaria, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



## OBJETIVOS

### General

Evaluar y determinar el rendimiento de la extracción de los compuestos de naturaleza lipídica de hoja y tallo de la planta Pie de Niño (*Pedylanthus tithymaloides*) obtenida por medio del extractor tipo *soxhlet* en serie.

### Específicos

1. Evaluar el rendimiento de extracción de los compuestos de naturaleza lipídica obtenido utilizando como solventes éter di etílico, alcohol isopropílico, hexano y bencina de petróleo.
2. Analizar la composición de ácidos grasos del aceite fijo extraído, utilizando cromatografía de gases acoplado a detector de ionización de llama.

## **Hipótesis**

### **Científica**

- Es posible realizar la evaluación del rendimiento de la extracción de compuestos de naturaleza lipídica de hoja y tallo de la planta Pie de Niño.
- $H^0$ : es posible la extracción con los solventes: dietil éter, alcohol isopropílico, hexano y bencina de petróleo.

### **Estadística**

- Existe diferencia significativa en el perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica, utilizando para su extracción tres diferentes solventes, para el tratamiento de la planta Pie de Niño.
- $H^0$ : no existe diferencia significativa entre los solventes utilizados para el estudio.

## INTRODUCCIÓN

Existe gran variedad de especies en la flora guatemalteca, el uso de esta en la industria está bastante limitado, sin embargo, es más común utilizar las especies vegetales en el campo de la medicina, ya que la mayoría de ellas tienen propiedades curativas. Una de dichas especies es el Pie de Niño, ya que es de uso popular, pero aún no se explota de manera sistemática. Las hojas y el tallo poseen muchas propiedades curativas para inflamaciones, cicatrizaciones, eméticas, desinflamantes entre otras. Sin embargo no se había considerado aún el beneficio que puede proporcionar la sabia de la planta, ya que por su perfil de ácidos grasos, podría proporcionar una materia prima potencial para la industria.

En el presente estudio se extraerá la fracción lipídica de la sabia de la planta Pie de Niño (*Pedylanthus tithymaloides*) en el equipo de extracción sólido – líquido *soxhlet*, se determinará el rendimiento utilizando tres distintos solventes, de la mayor fracción obtenida se realizará un análisis a sus propiedades fisicoquímicas y así mismo se determinará parte de la composición química de la sabia, mediante la técnica de cromatografía de gases con detector de ionización de llama, el perfil de ácidos grasos.

En Guatemala existe una diversidad de plantas que pueden ser utilizados para la formulación de nuevos productos medicinales que sustituyan parcial o totalmente a ciertas técnicas o métodos de elevado costo que pueden ser perjudiciales a la salud del ser humano. La importancia de conocer y crear una base de datos con información útil para investigadores sobre ácidos grasos y derivados de estos podría, ser aprovechada y no desechada.



# 1. MARCO CONCEPTUAL

## 1.1. Antecedentes

En Guatemala no se ha realizado ningún estudio en relación con la planta Pie de Niño (*Pedilanthus tithymaloides*), al realizar la investigación, se encontró información sobre un estudio relacionado.

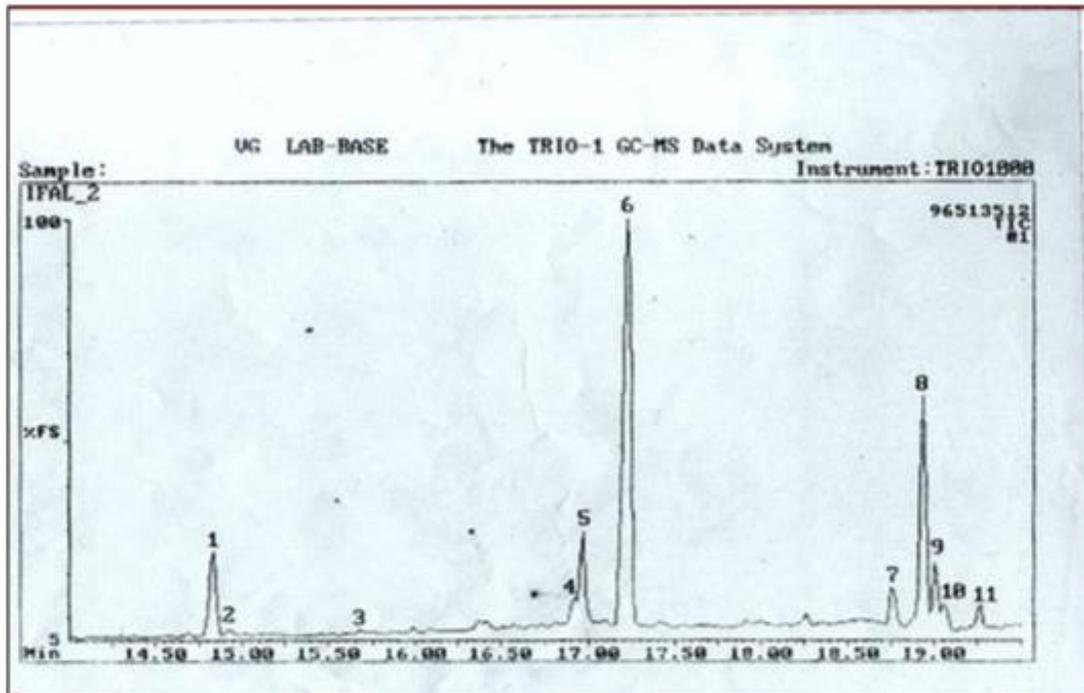
En Cuba, en 2008 en la Universidad de la Habana Cuba de Ciencias Médicas Dr. Salvador Allende. En la Universidad de la Habana, Cuba. Se encontró el tema titulado: “Caracterización de ácidos grasos de hojas de *Pedilanthus tithymaloides* (L.) Poit.”<sup>1</sup>

Con base en los datos del documento: caracterización de ácidos grasos de hojas de *Pedilanthus tithymaloides*, tomándolo como antecedente, se tiene que se identificaron 11 picos correspondientes a ácidos grasos. Se nombran los siguientes ácidos grasos: mayor concentración; ácido 7 palmítico metil-éster, ácido esteárico. Se determinó que se encontraban cuatro ácidos en menor concentración; ácido butanóico, ácido 9 hexadecanoicometilester, ácido 7 gammalinoleicometiléseter. Así también se determinó que se encontraban 5 ácidos grasos con menor concentración a los anteriores; ácido 2 hexanoico, ácido hexanoico, ácido 7 hexadecanoicometiléster, ácido behénico, ácido hexadocosanoico.

---

<sup>1</sup> Hirán Cabrera Suárez. “Caracterización de ácidos grasos de hojas de *Pedilanthus tithymaloides* (L.) Poit. “Laboratorio Central de Farmacología. Facultad Ciencias Médicas “Dr. Salvador Allende”. Carvajal s/n e/ Agua Dulce y A, Cerro, Ciudad de La Habana, Cuba

Figura 1. Cromatograma por técnica cromatografía de masas



Fuente: Hirán Cabrera Suárez. Laboratorio Central de Farmacología. Facultad Ciencias Médicas “Dr. Salvador Allende”. Carvajal s/n e/ Agua Dulce y A, Cerro, Ciudad de La Habana, Cuba.

Se hace referencia otra investigación sobre la extracción de lípidos de otro fruto, en este caso el café. Se titula: evaluación del rendimiento de extracción y caracterización del aceite fijo de café tostado tipo genuino antigua obtenido por el proceso de prensado<sup>2</sup>”. Con el objetivo de caracterizar el aceite de café, se utilizó el tipo Genuino Antigua, que debe ser estrictamente duro, proveniente de Antigua Guatemala.

<sup>2</sup> RAMIREZ, Lourdes. “Evaluación Del Rendimiento De Extracción Ycaracterización Del Aceite Fijo De Café Tostado Tipo Genuino Antigua Obtenido Por El Proceso De Prensado” Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2008.

Para ello se realizó la extracción de aceite por prensado mediante un tratamiento térmico por extrusión, alcanzando una presión de 125 libras por pulgada cuadrada a una velocidad de 1 libra sobre minuto, temperatura de la de torta 108 grados Celsius y temperatura del aceite extraído de 80 grados Celsius, comparando el rendimiento con la extracción de lixiviación en caliente *soxhlet* de 19 ciclos en un tiempo aproximado de 480 minutos, siendo la temperatura de extracción de 63 grados Celsius, para lo cual los granos de café en oro se tostaron a dos temperaturas; 200 grados Celsius para el tueste oscuro y 190 grados Celsius para el tueste liviano, utilizando un tostador de cilindro con quemador de gas propano a una velocidad de tueste de 1,3 libra sobre minuto.

La caracterización del aceite de café se realizó determinando propiedades sensoriales como: olor, sabor, aspecto y color; propiedades físicas como: densidad, índice de refracción, pH, color, solubilidad, viscosidad, humedad, punto de fusión, y prueba en frío; propiedades químicas específicas para aceites, las cuales fueron determinadas en el Laboratorio de Calidad de Aceites Olmeca; además se determinó la presencia de metales pesados; perfil de ácidos grasos; cromatografía de gases aplicado a espectrometría de masas, en la que se determinaron algunos compuestos que se refieren al sabor y aroma presente en el aceite.

Los estudios sobre la extracción de compuestos de naturaleza lipídica de frutos y plantas es variado, se presenta el siguiente titulado: “Obtención y caracterización fisicoquímica de la fracción lipídica de la semilla del fruto del naranja dulce (*citrus sinensis* L), tipo blanca, variedad valencia por lixiviación dinámica, método *soxhlet* y expresión a nivel laboratorio<sup>3</sup>”.

---

<sup>3</sup> BATRES, Amilcar. “Obtención y caracterización fisicoquímica de la fracción lipídica de la Semilla del fruto del naranja dulce (*citrus Sinensis* L.) Tipo blanca variedad valencia por lixiviación Dinámica, método *soxhlet* y expresión a nivel laboratorio” Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2012.

El estudio propuesto tuvo como finalidad la obtención de la fracción lipídica de la semilla del fruto del naranjo dulce (*Citrus sinensis* L) tipo blanca, variedad valencia.

Fruto adquirido en la región de Santa Cruz, El Chol municipio, del departamento de Baja Verapaz. Como variables independientes se estableció el método de extracción y el solvente, cada variable presentó tres niveles: métodos de extracción; lixiviación dinámica y método *soxhlet* hasta agotamiento. Solventes; etanol al 95 por ciento y hexano, y el método directo de expresión.

## **1.2. Justificación**

La planta es conocida comúnmente como Pie de Niño (*Pedilanthus tithymaloides*) es utilizada en regiones de Guatemala como planta medicinal. Esto es un indicativo de la presencia de principios activos como aceites fijos entre los componentes que contiene, sino también justifica llevar a cabo una investigación profunda de la misma para contar con suficiente información y aplicarla en proyectos de desarrollo en comunidades rurales.

El uso de la investigación es muy variado; desde generar una base de datos y de consulta hasta determinar las posibles aplicaciones que se le pueden dar a sus aceites fijos. De igual manera se contribuye en la obtención de información útil para la sección de investigación y desarrollo de la Escuela de Ingeniería Química.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Las plantas

La ciencia fitoterapia (cura por las plantas), también ha hecho progresos. Antiguamente se sabía que ciertas hierbas servían para curar determinadas dolencias, pero no se sabía por qué. Hoy se explican los efectos por las causas<sup>4</sup>.

Las virtudes de las plantas medicinales se deben al contenido de metabolitos secundarios, que estas poseen. Estos metabolitos contienen principios activos que son los responsables de las propiedades terapéuticas de las plantas.

La historia de la química abunda en intentos por separar sustancias puras de los vegetales. Entre ellos destacan el aislamiento de la sacarosa por Margraff en 1747 y la obtención por Scheele, entre 1769 y 1786, de los ácidos láctico, oxálico, málico, gálico y tartárico. En 1806, Serturmer señaló una etapa importante en la ciencia con la obtención del primer alcaloide: la morfina.

A partir de 1917, Robinsón empezó a estudiar la biogénesis de alcaloides, pigmentos vegetales y otros productos de las plantas, mientras que otros investigadores trataron de encontrar la relación entre las sustancias aisladas

---

<sup>4</sup> ESTRADA, Delmy. "Extracción y caracterización fitoquímica de los pigmentos vegetales. Presentes en el fruto del palo de arrayán (*myrica cerifera* l.) Proveniente Del departamento del progreso" Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2012

de los vegetales y su clasificación taxonómica, sus condiciones de cultivo y otros factores externos. Se sabe que varios de los compuestos aislados son productos de degradación o transposición que ocurren durante el aislamiento y se deben a la influencia de enzimas o agentes químicos.

## 2.2. **Pedylanthus tithymaloides**

*Euphorbia tithymaloides* es nativa tropical y subtropical de Centro América. Prefiere suelo que es arenoso, bien drenado y rico en nutrientes, sobre todo con una mayor concentración de boro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc<sup>5</sup>.

Es relativamente intolerante a alta salinidad del suelo, pero muestra tolerancia salina si está bien fertilizado. La planta tiende a ser más alta y con más biomasa, si es bien regada. La planta requiere una zona soleada para crecer varias pulgadas.

El arbusto puede crecer a 6 a 8 pies (1,8 a 2,4 m) de altura y generalmente es de aproximadamente 18 a 24 pulgadas (46 a 61 cm) de ancho. Cada hoja es sécil (adjuntar directamente a la planta), y alrededor de 1,4 a 3 pulgadas (3,6 a 7,6 cm) de largo. Las hojas son glabras (sin problemas) y acuminados en forma, con la totalidad de los bordes suave, las venas de las hojas son pinnadas.

La planta termina en una cima dicotómica , con un pedúnculo de apoyo cada flor. Las hojas florales son bífidos (dividida en dos partes) y ovadas , mientras que las brácteas involucradas son de color rojo brillante,

---

<sup>5</sup> Varios autores. Pie de niño (*Pedylanthustithymaloides*). Artículo. Disponible en web: [http://secagemplanta.net/artigos/2001-Congresso\\_Cali.pdf](http://secagemplanta.net/artigos/2001-Congresso_Cali.pdf). Peru. 2013.

irregular acuminados en la forma (por ejemplo, como una zapatilla), y alrededor de 0,043 a 0,051 pulgadas (1,1 a 1,3 mm) de largo con un tubo largo y delgado.

Figura 2. **Planta pie de Niño (*Pedylanthys tithymaloides*)**



Fuente: elaboración propia.

La flor carece de olor. El macho pedicelo es peludo, mientras que la femenina es glabra. La vaina de la semilla es de aproximadamente 0,30 pulgadas (7,6 mm) de largo y 0,35 pulgadas (8,9 mm) de ancho, y de morfología ovoide (con extremos truncados).

### 2.3. Solventes

Un solvente no es definido por su estructura química sino más bien por su estado físico, el estado líquido y por su uso. Hay una infinita variedad de solventes: agua, compuestos orgánicos simples a la temperatura ambiente (alcoholes, ácidos e hidrocarburos). Estos últimos los más tradicionales, pero los gases condensados a bajas presiones tales como el amoníaco o el dióxido de carbono, y muchas sales (por ejemplo, criolita líquida a más de 1 000 grados Celcius) son también usados como solventes<sup>6</sup>.

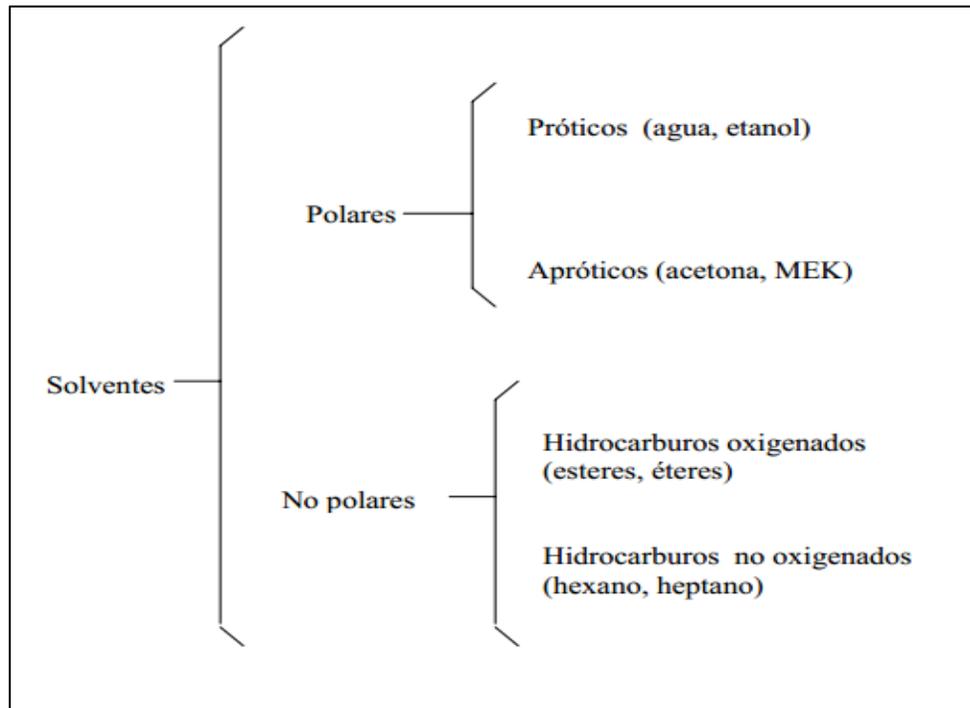
---

<sup>6</sup> RECINOS, Gustavo. "Evaluación del rendimiento de concretos obtenidos en la secuencia Extractiva por lixiviación mediante técnica soxhlet con tres Solventes (hexano, etanol y agua) a partir de frutos de arrayán (*myrica Cerífera* L.) Recolectados de los bosques naturales del área nor-central De Guatemala". Tesis. Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2004

## **2.4. Clasificación de los solventes**

La polaridad es una de las características más importantes de los solventes, ya que establece una diferencia en la carga eléctrica sobre varias porciones de una molécula. Esta es la diferencia fundamental entre los solventes, ya que establece un punto a partir del cual pueden clasificarse. De lo anterior, los solventes pueden catalogarse de dos maneras: polares y no polares. Además pueden subdividirse en solventes polares próticos, polares apróticos, solventes no polares no oxigenados y no polares oxigenados. Un solvente polar prótico es aquel que puede liberar un hidrógeno por ionización, o bien es aquel que dona un protón, por ejemplo el agua. Caso contrario es el del solvente aprótico, pues este no libera ningún protón, ejemplo el n-propilacetato.

Figura 3. **Clasificación de solventes**



Fuente: elaboración propia.

Tabla I. **Puntos de ebullición de los solventes**

<b>Solvente</b>	<b>Punto de ebullición ( °C)</b>
Alcohol isopropílico	82,5
Acetato de etilo	77
Hexano	69

Fuente: elaboración propia.

## **2.4.1. Propiedades de los solventes**

Comúnmente tienen bajo punto de ebullición, se evaporan fácilmente y pueden ser recuperados por destilación luego de su uso. La mayoría de los solventes tienen menor densidad que el agua, excepto algunos halogenados como el cloruro de metileno o cloroformo que son más densos que el agua.

### **2.4.1.1. Volatilidad**

Se refiere a la cantidad de presión de vapor mensurable en una sustancia, o bien a la concentración respectiva de un determinado componente en la fase líquida y en la fase gaseosa, la velocidad de evaporación generalmente es evaluada al ser comparada con otros como el acetato de butilo.

### **2.4.1.2. El grado de inflamabilidad**

Es la temperatura a la cual el solvente emite suficiente vapor para formar una mezcla, que puede explotar o bien inflamarse al ser puesta en contacto con una flama y superficie caliente y tener contacto con el aire.

### **2.4.1.3. Riesgo de intoxicación en alimentos**

Debido a su toxicidad, ciertos solventes son prohibidos en tintas para empaques de comida. Otros en cambio son tolerados, pero en cantidades limitadas. Su medida es expresada en miligramos por kilogramo de comida.

#### **2.4.1.4. El peso molecular**

El peso molecular de los solventes les permite mejores condiciones de movilidad, afinidad, solubilidad y por lo tanto una mayor solvatación al contacto con las especies y los extractos.

#### **2.5. Método *soxhlet***

La forma más simple de extracción sólido-líquido es el tratamiento de un sólido con solvente. Un ejemplo de esto es la separación de la mezcla arena y sal usando agua. Al agitar unos pocos minutos y decantar la sal, forma una solución salina (salmuera) por su solubilidad en el agua. La arena que no es soluble en el agua, queda entonces en la parte decantada. En todas las extracciones con solvente lo que se intenta es tomar ventaja de las diferencias de solubilidad de las especies que van hacer separadas. El aparato de *soxhlet* fue descrito por primera vez en 1879, es una versátil herramienta que puede ser usada para separar un simple gramo a cientos de gramos con una recuperación cercana al 100 por ciento. El procedimiento básico consiste en llenar un dedal poroso de celulosa con una muestra sólida del material, al cual el solvente condensado extraerá continuamente componentes afines o solubles a este.



### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Localización**

La parte experimental y actividades de la investigación se programaron conjuntamente con autoridades de la Universidad de San Carlos y Universidad del Valle de Guatemala, siendo las siguientes:

- Adquisición de la materia prima, lo cual se obtuvo en el departamento de Puerto Barrios, Izabal.
- Laboratorio de Química, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Veterinaria, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio de Investigación de Productos Naturales de la Universidad del Valle de Guatemala.

#### **3.2. Recursos**

Los recursos humanos y físicos dentro de la investigación fueron obtenidos en el inicio y el transcurso de la investigación, esto para cumplir con los objetivos planteados.

### **3.2.1. Humanos**

Los recursos humanos involucrados en la investigación, tanto el investigador, asesor e individuos que laboran en los laboratorios donde se realizó la metodología experimental.

- Investigador: Br. Kevin Samuel Hernández Leal
- Asesor: Ing. Qco. Jorge Emilio Godínez Lemus

### **3.2.2. Físicos**

Los recursos físicos de la parte experimental fueron escogidos según la disponibilidad del investigador y previa aprobación ante propuesta de ensayos que se realizarían en dichas instalaciones.

- Laboratorio de Química, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Veterinaria, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio de Investigación de Productos Naturales de la Universidad del Valle de Guatemala.

### **3.3. Metodología experimental**

La materia prima después de la recolección, se procedió a secar y posterior a esta etapa se le midió la humedad, lo cual se encontró en un rango de 78 por ciento, se utilizó un método de separación; lo cual consistió en moler y separar las fibras del tallo y tamizar la materia prima, con el objeto de tener una tamaño de partículas entre 300 a 400 micrones para la materia prima seca.

- Se pesó 1 gramo de materia prima para el proceso extractivo, envuelto el papel clínex con el objeto de tener una cantidad extra de grasa para el proceso, los cuales fueron depositados en dedales y en rejillas.
- En el proceso extractivo se llenaron los *beackeres* de *Goch* con los solventes respectivos hasta un volumen de 40 mililitros, se sumergieron los dedales con la materia prima respectiva en el equipo de extracción.
- Se programó el equipo con los parámetros respectivos: tiempo de sumergido de 20 minutos, tiempo de extracción de 60 minutos, tiempo de recuperación de solvente extractivo de 20 minutos.
- Cuando todo el solvente se recuperó, se tomaron las muestras en los *beackers* y se llevaron a realizar el análisis cromatográfico.

#### **3.3.1. Diseño de tratamiento**

Adquisición de la materia prima, lo cual se trabajó con la hoja y tallo del Pie de Niño (*Pedylanthys tithymaloides*), se obtuvo en Puerto Barrios, Izabal, la materia prima se trasladó envuelta en papel periódico para evitar que se lastimen las hojas en el traslado.

Figura 4. **Equipo de extracción de ácidos grasos**



Fuente: laboratorio de Bromatología, Facultad de Veterinaria.

### **3.3.2. Resultados obtenidos**

Se obtuvo una cuantificación del extracto para cada solvente y se clasificó los ácidos grasos por medio de la cromatografía de gases acoplado a ionización de llama.

### **3.3.3. Diseño experimental**

Se realizó un análisis de varianza en una sola dirección, debido a que solo se analizó un factor de cuatro tratamientos con tres corridas cada uno, para obtener un arreglo matricial de doce observaciones.

Tabla II. **Datos requeridos para un experimento en una dirección con a tratamientos y n repeticiones**

Materia prima	Variaciones de solución extractora			
	Éter di etílico (35%)	Alcohol isopropílico (95%)	Hexano	Bencina de Petróleo (40%)
	EE1	EA 95%2	EH3	EB 40%4
Hoja tallo	[EE1.1.... EE1.3]	[EA95%.2.1... .EA95%2.3]	[EA3.1....EA3.3]	[EB40%4.1.... EB40%4.3]
	EE2	EA 95%2.2	EH3.2	EB 40%4.2
Hoja tallo	[EE2.1.... EE2.3]	[EA95%.2.1.... EA95%2.3]	[EH3.1....EH3.3]	[EB40%4.1... .EB40%4.3]
	EE3	EA 95%2.3	EH3	EB 40%4.3
Hoja tallo	[EE1.3.... EE3.3]	[EA95%.2.1.... EA95%2.3]	[EA3.1....EA3.3]	[EB40%4.1.... EB40%4.3]
Maceración soxhlet		Técnica de referencia		

Fuente: análisis estadístico.

Donde:

$Y_i$  = es el total de las observaciones bajo i-ésimo tratamiento

$\mu_i$  = es el promedio de las observaciones bajo i-ésimo tratamiento, similarmente sea Y la suma de todas las observaciones y la media general de todas las observaciones.



## 4. RESULTADOS

### 4.1. Análisis de rendimiento

Resultados obtenidos de la extracción de compuestos de naturaleza lipídica a través de la relación de diferencia de pesos inicial y final del extracto, por medio de cuatro solventes.

Tabla III. **Datos del extracto-eterio (grasas y otros) con distinto solventes**

<b>Solvente</b>	<b>Rendimiento (%)</b>	<b>Promedio (%)</b>
<b>Hexano</b>	4,99	5,49
	5,87	
	5,61	
<b>Éter di etílico</b>	9,00	7,37
	7,01	
	6,09	
<b>Alcohol isopropílico</b>	4,73	5,30
	6,38	
	4,80	
<b>Bencina de petróleo</b>	1,42	1,38
	1,29	
	1,44	

Fuente: elaboración propia.

## 4.2. Identificación de ácidos grasos

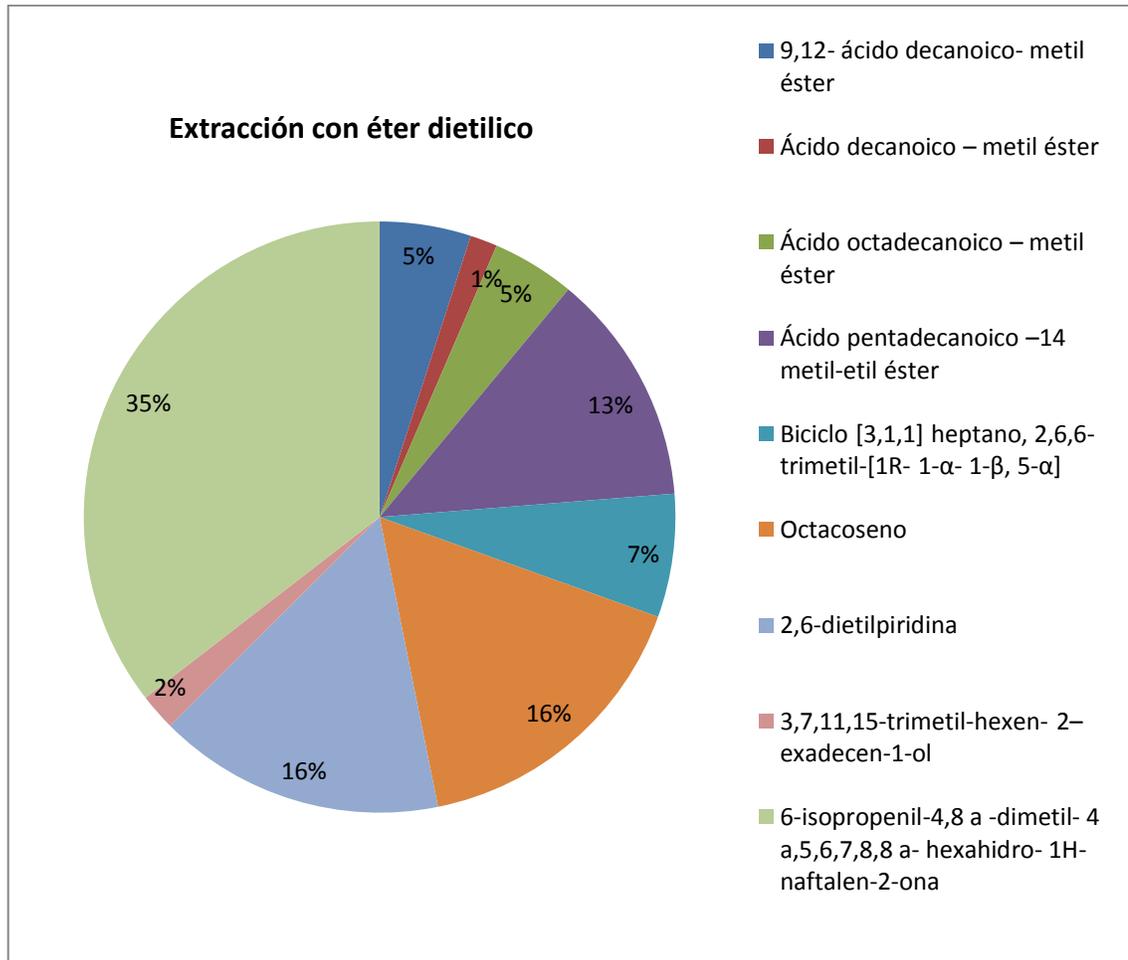
Identificación de ácidos grasos a través de cromatografía de gases acoplado a ionización de llama realizado en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales de la Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla IV. **Recolección de componentes en la cromatografía de gases, por medio del área bajo la curva, utilizando cuatro solventes extractivos: éter dietílico, alcohol isopropílico, hexano y bencina de petróleo**

No.	Ácidos grasos	Área bajo la curva solventes			
		Éter dietílico	Alcohol isopropílico	Hexano	Bencina de petróleo
1	9,12- ácido decanoico- metil éster	2,42	2,66	3,61	3,66
2	Ácido decanoico – metil éster	0,72	0	0	0,5
3	Ácido octadecanoico – metil éster	2,2	4,32	2,26	1,34
4	Ácido pentadecanoico –14 metil-etil éster	6,17	6,67	6,63	5
5	Biciclo [3,1,1] heptano, 2,6,6-trimetil-[1R- 1- $\alpha$ - 1- $\beta$ , 5- $\alpha$ ]	3,27	4,4	5,44	5,71
6	Octacoseno	7,93	0	2,72	4,57
7	2,6-dietilpiridina	7,61	0	0	0
8	3,7,11,15-trimetil-hexen- 2–exadecen-1-ol	0,97	1,81	0	2,37
9	6-isopropenil-4,8 a - dimetil- 4 a,5,6,7,8,8 a- hexahidro- 1H-naftalen-2-ona	17,2	16,74	17,18	15,1

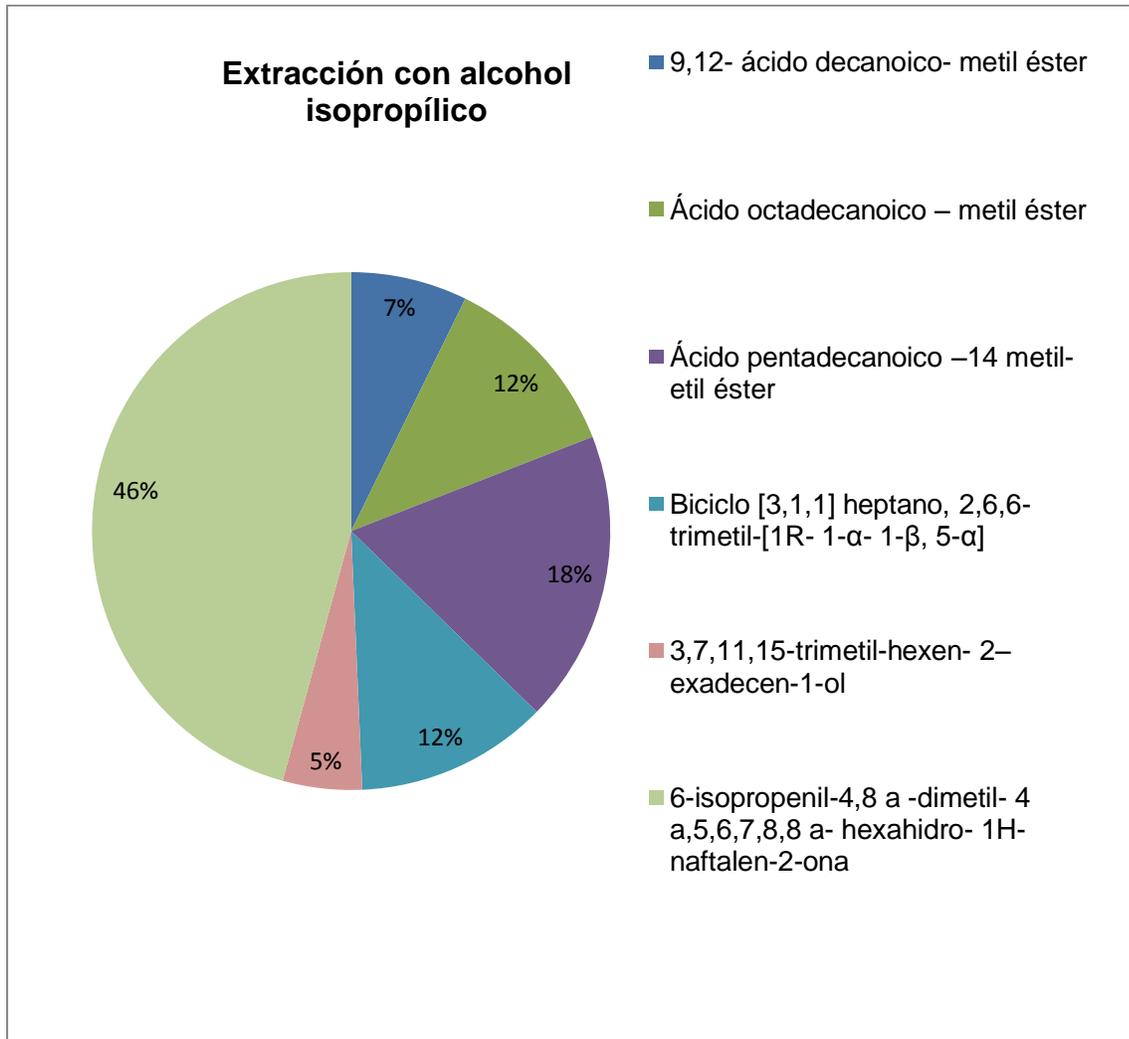
Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Porcentajes de ácidos grasos con éter di etílico



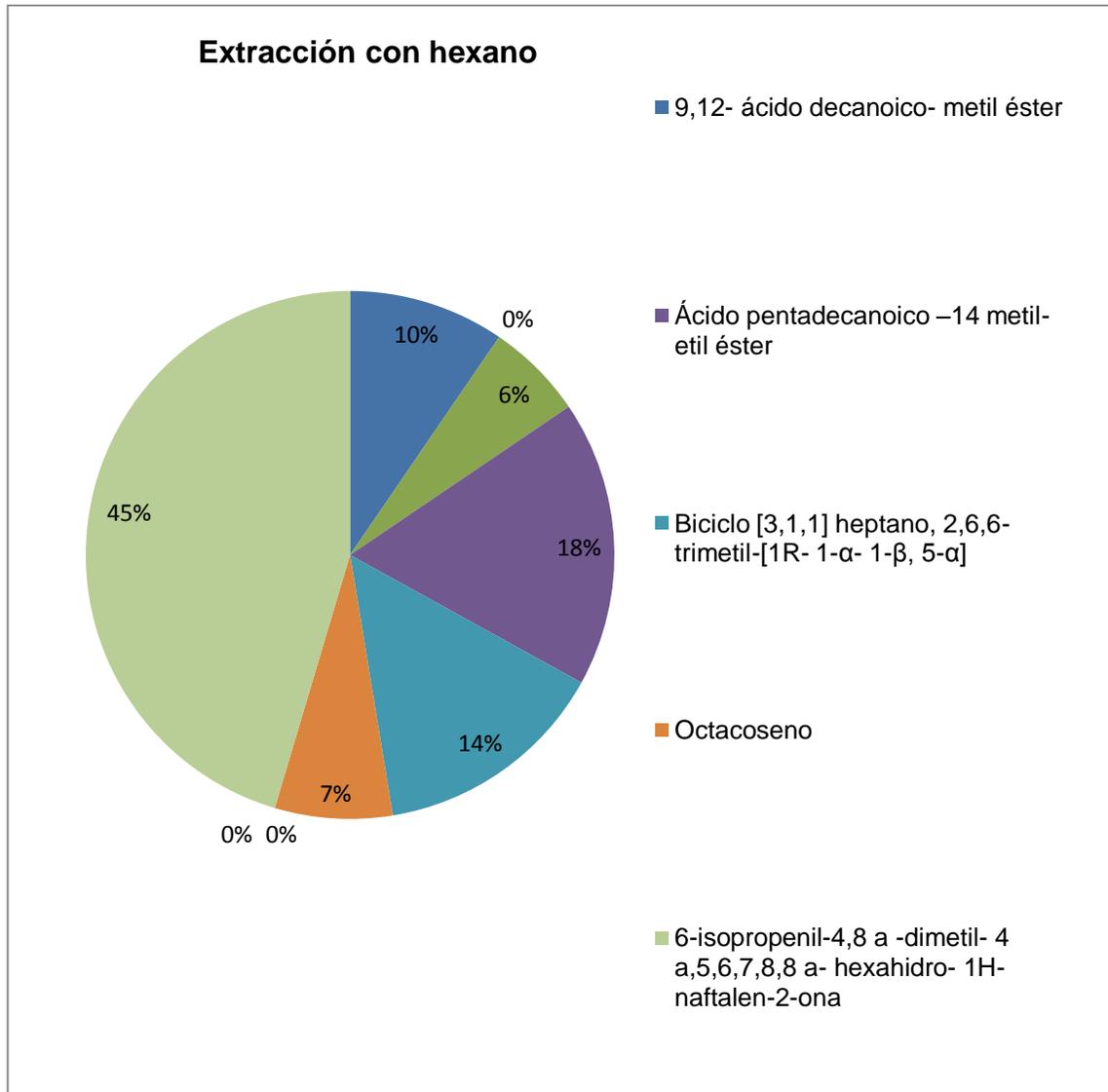
Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Porcentajes de ácidos grasos con alcohol isopropílico**



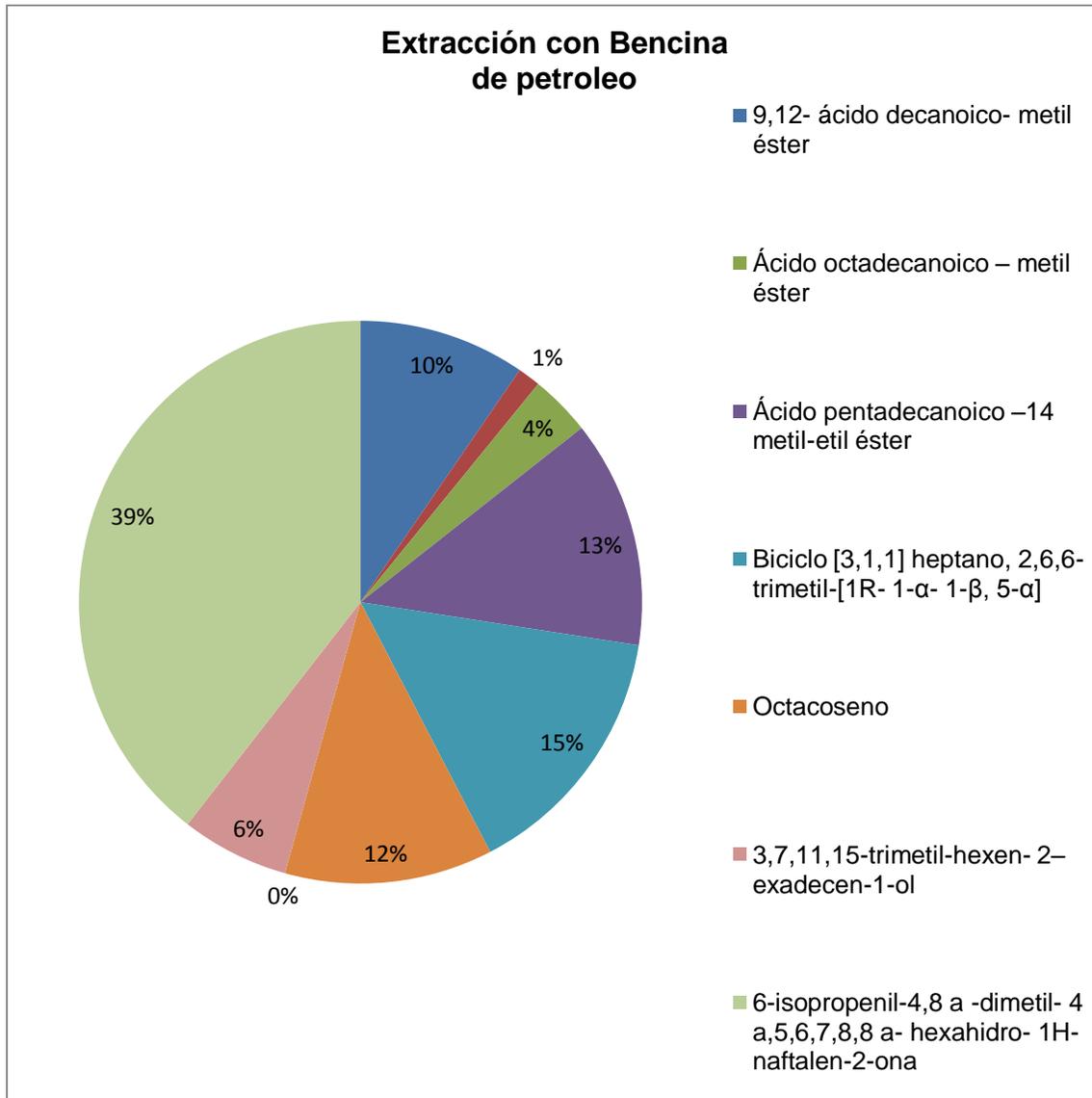
Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Porcentajes de ácidos grasos con hexano



Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Porcentajes de ácidos grasos con bencina de petróleo



Fuente: elaboración propia.

## 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### 5.1. Análisis de varianza

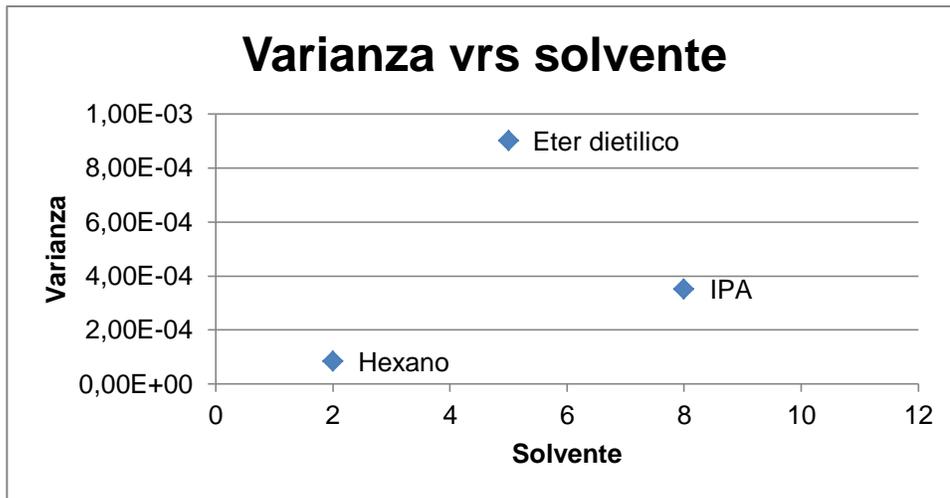
Análisis de varianza para los resultados obtenidos de las extracciones y rendimientos a través del cálculo de la media para los cuatro solventes; hexano, éter dietílico, alcohol isopropílico y bencina de petróleo.

Tabla V. **Varianza de las medias de extracción y rendimiento de los cuatro solventes**

Solvente	Varianza	
	Extracción (g)	Rendimiento (g)
Hexano	8,56E-05	0,207649
Éter di etílico	0,00090212	2,214063
IPA	0,00035272	0,871748
Bencina de petróleo	2,84E-06	0,0069

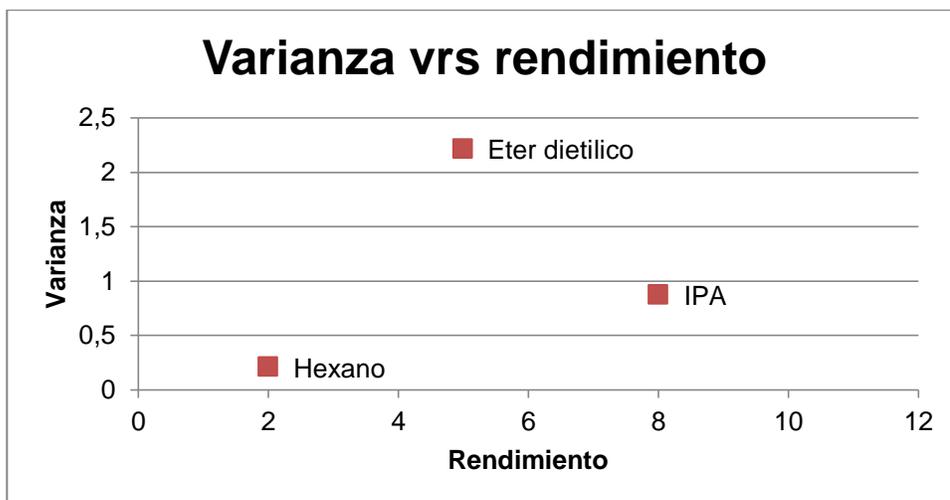
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Distribución de la varianza versus solvente extractor del extracto del Pie de Niño**



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Distribución de la varianza versus rendimiento del solvente del extracto del Pie de Niño**



Fuente: elaboración propia.

## 6. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente trabajo de investigación se llevó a cabo la evaluación del rendimiento de la extracción de los compuestos de naturaleza lipídica de hoja y tallo de la planta Pie de Niño (*Pedylanthus tithymaloides*), obtenida por medio del extractor tipo *soxhlet* en serie, lo cual se llevó a cabo en el Laboratorio Bromatología, Facultad de Veterinaria.

Luego se determinó el rendimiento de extracción de los compuestos de naturaleza lipídica, donde se utilizó como solventes éter di etílico (35%), alcohol isopropílico (95%), hexano y bencina de petróleo, analizando la composición de los ácidos grasos del aceite fijo, extraído por medio de la cromatografía de gases acoplado a un detector de ionización de llama.

En el análisis de rendimiento de extracción se observa en la tabla I el comportamiento del extracto, siendo el éter di etílico el mejor solvente de extracción, seguida del hexano, alcohol isopropílico (IPA); sin embargo el que proporcionó un menor resultado fue la bencina de petróleo, debido a su volatilidad en el momento en que esto se llevó a una temperatura estándar de extracción 120 grados Celsius, donde el método proporciona un mejor rendimiento.

Las coloraciones de estas extracciones se presenta más en el éter di etílico con verde olivo, y la coloración que presenta el menor rendimiento es la de un color verde oscuro, lo cual presenta un valor significativo en relación al rendimiento mencionado anteriormente, uno de los solventes utilizados

presenta un arrastre de agua durante la extracción, reduciendo así el rendimiento de la misma con lo que es el alcohol isopropílico.

El rendimiento que presentan estos solventes, no proporciona un buen porcentaje de caracterización en la extracción de la fracción lipídica, así como se puede observar en los resultados que presenta la cromatografía de gases.

El porcentaje de rendimiento como se puede observar en las figuras de la 5 a la 8, el valor de cada especie presente en el análisis de la cromatografía, sin embargo no representa los valores pocos, significativos en el estudio y sin embargo los valores que representa cada solvente no indica un área con un valor distinto entre los solventes, sin embargo cuando se trabaja con el alcohol isopropílico, el valor que representan los cromatogramas muestran un arrastre de otros solventes no importantes en el estudio, esto se debe a la solubilidad que existe entre los solventes y otras materias extractivas.

La cromatografía presenta un valor no significativo de los ácidos grasos haciendo de él una hipótesis nula en relación a la cuantificación y a la diferencia significativa entre los cuatro solventes utilizados en la extracción, lo cual en la sección de anexos se pueden apreciar los cuatro cromatogramas, cada una con su respectivo solvente indicando en cada una de ellas el tiempo de retención del solvente en función del área de contacto, sin embargo existen picos que no se mencionan, ya que estas presentan un valor del solvente de donde fue disuelta la muestra inicial, después de inyectar el cromatógrafo.

La cantidad de compuestos que presenta el tallo y hojas del Pie de Niño (*Pedylanthus tithymaloides*) provenientes de la región de Puerto Barrios, Izabal son en general, aceites fijos, compuestos saturados e insaturados, así como también compuestos carboxílicos, sin embargo el solvente que arrastra más

compuesto durante la extracción es el bencina de petróleo aunque el rendimiento que presenta sea el más mínimo de los otros tres solventes.

Se determinó la validez estadística de los datos obtenidos utilizando las gráficas de distribución por medio de las gráficas de dispersión que se exponen en las figuras 9 y 10 lo cual muestran la confiabilidad estadística de los datos.

Se evaluó si existe diferencia significativa en el rendimiento de cada uno de los solventes, para esto se recurrió a un análisis por desviación, con el que se determinó que si existe una diferencia significativa entre todas las extracciones, demostrando de esta forma que cada una de las desviaciones realizadas tiene un efecto considerable en el rendimiento del extracto obtenido.

En el análisis de varianza en relación a los solventes en la evaluación del extracto eterio, existe una diferencia significativa entre los solventes, esto hace que la hipótesis estadístico nulo, ya que el rango no indica un valor significativo entre solventes.



## CONCLUSIONES

1. El solvente que presenta mayor rendimiento de extracción es el éter di etílico, con un valor de 7,37 por ciento y el menor bencina de petróleo con un valor de 1,38 por ciento.
2. De acuerdo a los valores del rendimiento obtenido, no existe diferencia significativa entre los solventes utilizados en la extracción por medio de los cuatro solventes utilizados.
3. Se determinó la presencia de ácidos grasos, ácidos carboxílicos, compuestos saturados e insaturados en el extracto obtenido.
4. El solvente que arrastra más componentes afines durante la extracción es la bencina de petróleo.



## RECOMENDACIONES

1. Utilizar otros métodos de extracción para obtener mejores rendimientos de fases lipídicas de los ácidos grasos del Pie de Niño (*Pedylanthus tithymaloides*).
2. Realizar un estudio por medio de combinación de solventes que podrían dar azeotropos durante la destilación para comparar los resultados de extracción.
3. Realizar un estudio con distintas plantas de Pie de Niño (*Pedylanthus tithymaloides*) a nivel regional comparando el rendimiento.
4. Realizar una extracción con bencina de petróleo tomando como parámetro el tiempo en distintas etapas.



## BIBLIOGRAFÍA

1. BATRES SANTIZO, Jans Amilkar. *Obtención y caracterización fisicoquímica de la fracción lipídica de la semilla del fruto del naranjo dulce (Citrus Sinensis l.) tipo blanca variedad valencia por lixiviación dinámica, método soxhlet y expresión a nivel laboratorio*. Trabajo de graduación Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, Año 2012. 83 p.
2. ESTRADA MARROQUÍN, Delmy Paola. *Extracción y caracterización fitoquímica de los pigmentos vegetales Presentes en el fruto del palo de arrayán (myrica cerífera l.) Proveniente del Departamento del Progreso*. Trabajo de graduación Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, Año 2011. 78 p.
3. RAMÍREZ OVALLE, Lourdes María. *Evaluación del rendimiento de extracción y caracterización del aceite fijo de café tostado tipo genuino antigua obtenida por el proceso de prensado*. Trabajo de graduación Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, Año 2008. 103 p.
4. RECINOS MENDOZA, Gustavo Adolfo. *Evaluación del rendimiento de concretos obtenidos en la secuencia extractiva por lixiviación mediante técnica soxhlet con tres Solventes (hexano, etanol y agua) a partir de frutos de arrayán (myrica Cerífera l.) Recolectados de los bosques naturales del área nor-central De Guatemala*.

Trabajo de graduación Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, Año 2004. 15 p.

5. SUÁREZ CABRERA, Hirán. *Caracterización de ácidos grasos de hojas de Pedilanthus tithymaloides (L.) Poit.* Laboratorio Central de Farmacología. Facultad Ciencias Médicas Dr. Salvador Allende. Carvajal s/n e/ Agua Dulce y A, Cerro, Ciudad de La Habana, Cuba Año 2009. 75 p.
6. Varios autores. Pie de niño (*Pedylanthus ttithymaloides*). Artículo. Disponible en web: [http:// secagemplanta.net/ artigos/ 2001-Congresso\\_ Cali.pdf](http://secagemplanta.net/artigos/2001-Congresso_Cali.pdf). Perú. Año 2013. 115 p.

## APÉNDICE

### 1. Datos calculados

Tabla VI. **Rendimiento de las extracciones comparadas en forma inicial y final con los distintos solventes**

<b>Solvente</b>	<b>Muestra</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Tara Beacker (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>Extracto (g)</b>	<b>Extracto total (g)</b>	<b>Rendimiento (g)</b>
<b>Hexano</b>	1	2,0015	71,1439	71,2437	0,0998	0,3301	4,99
	2	2,0056	77,8899	78,0077	0,1178		5,87
	3	2,0053	74,4355	74,548	0,1125		5,61
<b>Éter di etílico</b>	4	2,0075	61,324	61,5047	0,1807	0,443	9,00
	5	2,0026	70,9857	71,126	0,1403		7,01
	6	2,0028	70,234	70,356	0,122		6,09
<b>IPA</b>	7	2,0003	70,234	70,3286	0,0946	0,3187	4,73
	8	2,005	74,8002	74,9281	0,1279		6,38
	9	2,0056	73,1582	73,2544	0,0962		4,80
<b>Bencina</b>	10	2,0018	78,0624	78,0909	0,0285	0,0832	1,42
	11	2,0034	74,3086	74,3344	0,0258		1,29
	12	2,009	80,1292	80,1581	0,0289		1,44

Fuente: análisis experimental obtenidas en el Laboratorio de Bromatología, Veterinaria USAC.

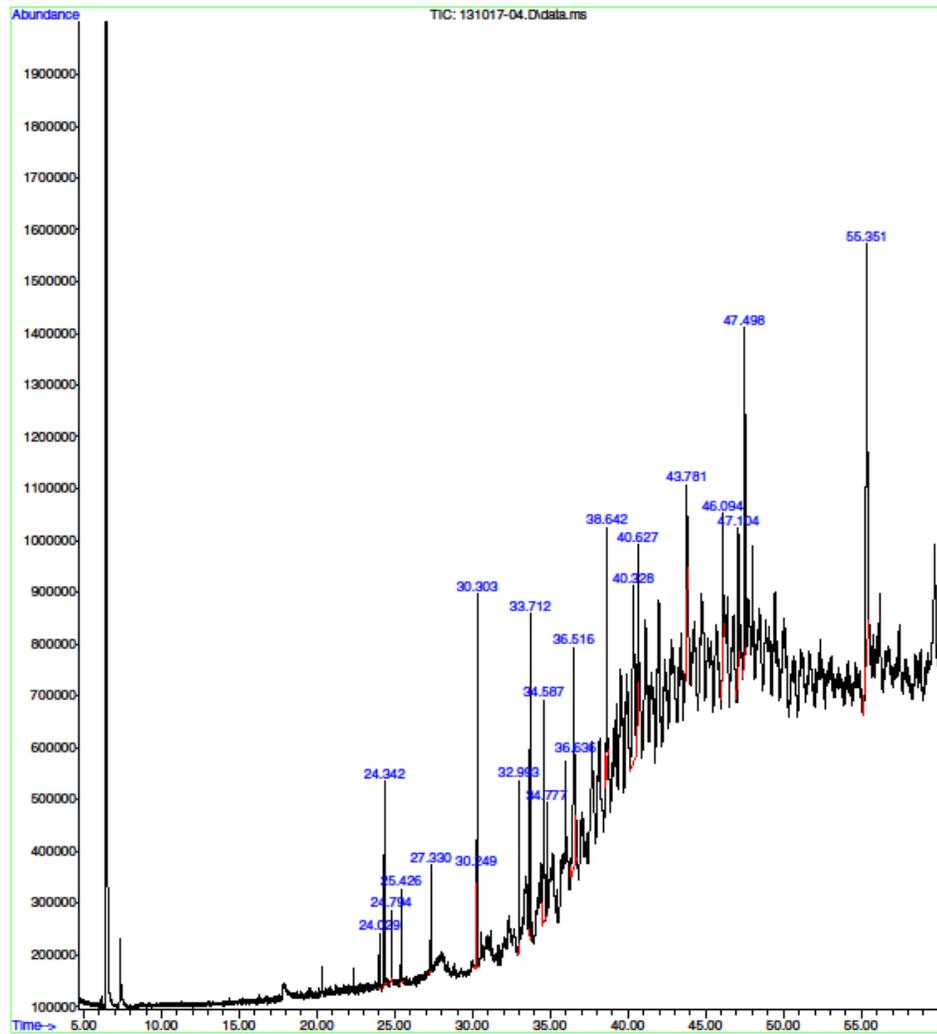
Tabla VII. **Resultados obtenidos a partir del análisis estadístico para los distintos solventes**

Solvente	Muestra	Peso (g)	Peso final (g)	Extracto (g)	Rendimiento (g)	Promedio (g)	Varianza	
							Solvente	Rendimiento
Hexano	1	2,0015	71,2437	0,0998	4,99	5,49	8,56E-05	0,2076
	2	2,0056	78,0077	0,1178	5,87			
	3	2,0053	74,548	0,1125	5,61			
Éter dietílico	4	2,0075	61,5047	0,1807	9,00	7,37	0,000902	2,2140
	5	2,0026	71,126	0,1403	7,01			
	6	2,0028	70,56	0,122	6,09			
IPA	7	2,0003	70,3286	0,0946	4,73	5,30	0,000352	0,8717
	8	2,005	74,9281	0,1279	6,38			
	9	2,0056	73,2544	0,0962	4,80			
Bencina	10	2,0018	78,0909	0,0285	1,42	1,38	2,84E-06	0,0069
	11	2,0034	74,3344	0,0258	1,29			
	12	2,009	80,1581	0,0289	1,44			
<b>Varianza total</b>				0.0023				

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Cromatografía para el solvente éter di etílico

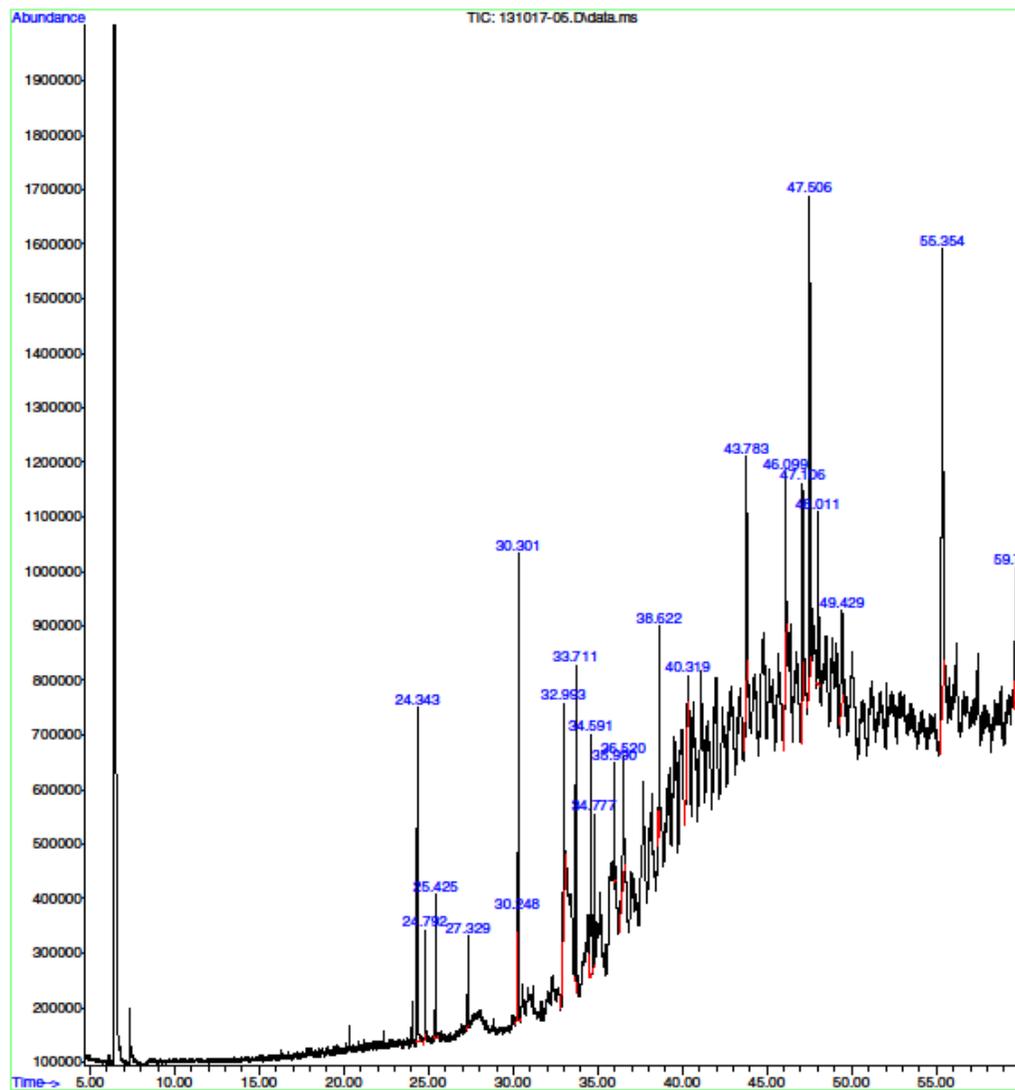
File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\tesis extractos\131017-04.D  
Operator : Adem  
Acquired : 17 Oct 2013 21:46 using AcqMethod ACIDOS GRASOS HP88 SCAN BIO.M  
Instrument : GC-MSD  
Sample Name : 1-2  
Misc Info : 1-2  
Vial Number: 1



Fuente: análisis experimental, obtenidos en el Laboratorio de Investigación Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 12. Cromatografía con alcohol isopropílico

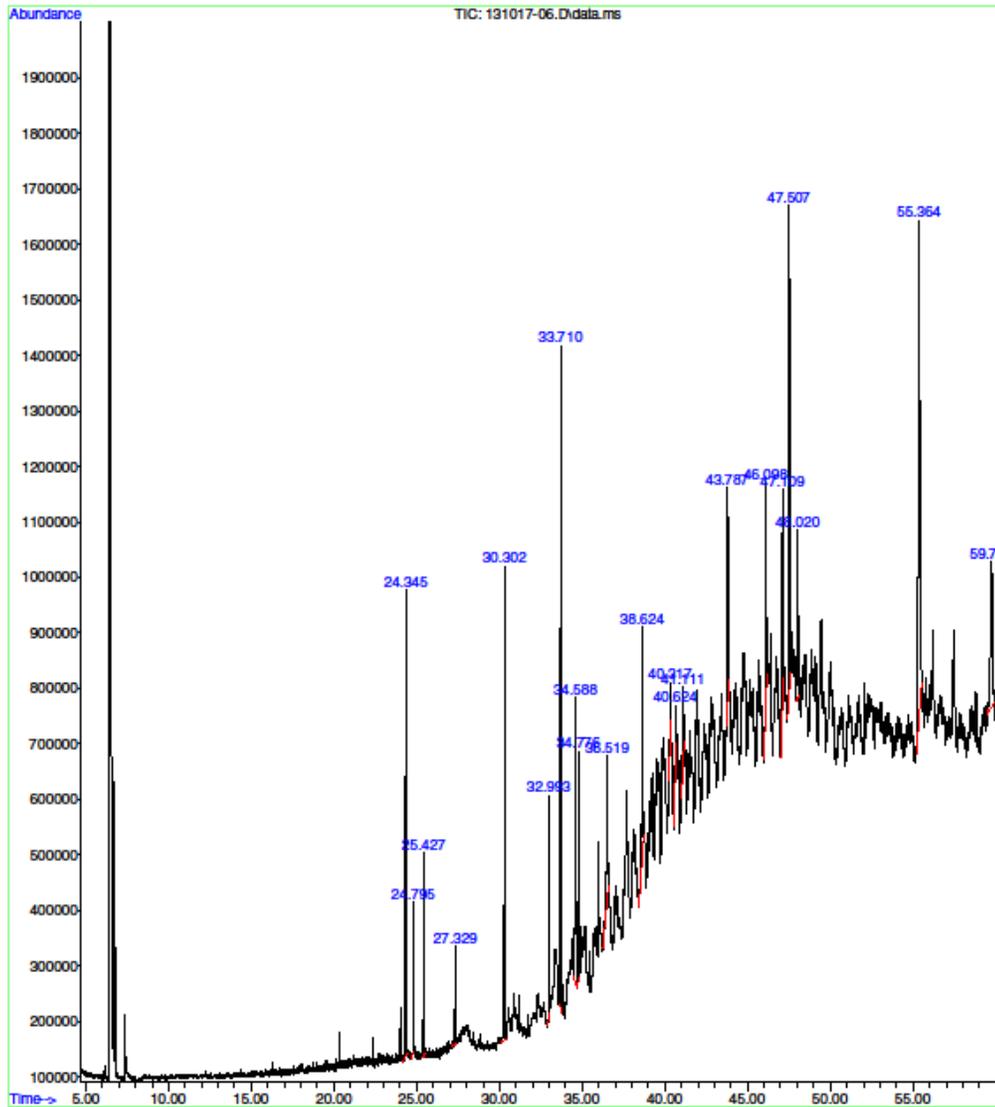
File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis extractos\131017-05.D  
Operator : Adem  
Acquired : 17 Oct 2013 22:52 using AcqMethod ACIDOS GRASOS HP88 SCAN BIO.M  
Instrument : GC-MSD  
Sample Name: 2-2  
Misc Info : 2-2  
Vial Number: 2



Fuente: análisis experimental, obtenidos en el Laboratorio de Investigación Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 13. Cromatografía con hexano

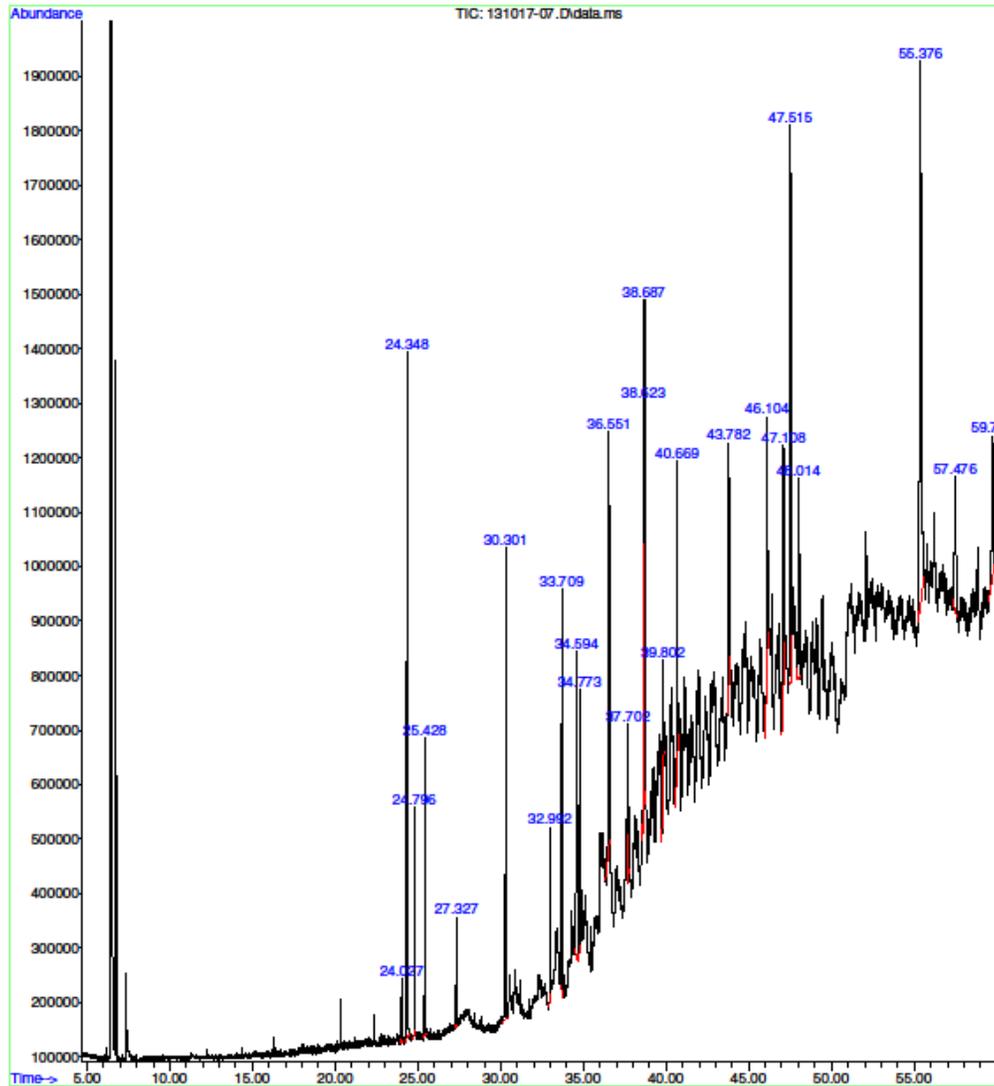
File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis extractos\131017-06.D  
Operator : Adem  
Acquired : 17 Oct 2013 23:58 using AcqMethod ACIDOS GRASOS HP88 SCAN BIO.M  
Instrument : GC-MSD  
Sample Name: 3-2  
Misc Info : 3-2  
Vial Number: 3



Fuente: análisis experimental, obtenidos en el Laboratorio de Investigación Universidad del Valle de Guatemala

Figura 14. Cromatografía con bencina de petróleo

File :C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\USAC\Tesis extractos\131017-07.D  
Operator : AdEM  
Acquired : 18 Oct 2013 1:04 using AcqMethod ACIDOS GRASOS HP88 SCAN BIO.M  
Instrument : GC-MSD  
Sample Name: 4-2  
Misc Info : 4-2  
Vial Number: 4



Fuente: análisis experimental, obtenidos en el Laboratorio de Investigación Universidad del Valle de Guatemala

Figura 15. **Hojas secas de Pie de Niño (*Pedylanthus tithymaloides*)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Molienda de la materia prima**



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Proceso de extracción de materia prima con distintos solventes**



Fuente: elaboración propia

Figura 18. **Extracción en serie con distintos solventes**



Fuente: elaboración propia

## Presupuesto

Tabla III. Presupuesto de la investigación

<b>Materiales</b>	<b>Costo (Q)</b>
Reactivos	300
Planta Pie de Niño	0,00
Electricidad	50,00
<b>Recurso Humano</b>	<b>Costo (Q)</b>
Investigador	2 856,00
Asesor	1 200,00
<b>Total</b>	<b>4 406,00</b>

Fuente: elaboración propia.

