

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE ESENCIAL**

**DE PAICO (*chenopodium ambrosioides*) MEDIANTE ARRASTRE**

**DE VAPOR**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**RIDER YAMPOLH PUMA MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO QUIMICO**

**PUNO – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE ESENCIAL  
DE PAICO (*chenopodium ambrosioides*) MEDIANTE ARRASTRE DE  
VAPOR**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**RIDER YAMPOLH PUMA MAMANI  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO QUÍMICO**



**APROBADA POR:**

**PRESIDENTE:**

  
M.Sc. SALOMON TTITO LEON

**PRIMER MIEMBRO:**

  
Dr. ROGER HUANQUI PEREZ

**SEGUNDO MIEMBRO:**

  
M.Sc. LUIS ALBERTO SUPO QUISPE

**DIRECTOR / ASESOR:**

  
Mg. HIGINIO ALBERTO ZUÑIGA SANCHEZ

**ÁREA:** Investigación.

**TEMA:** Obtención de productos industriales.

**LINEA:** Tecnologías ambientales y recursos naturales.

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 22 de julio del 2019.

## DEDICATORIA

### **En primer lugar, a DIOS**

Por derramarme sus bendiciones sobre mí y, darme fuerzas para seguir adelante, vencer todos los obstáculos desde el principio de mi vida y por haberme dado salud para permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, además de su infinita bondad y amor.

### **A mis padres: Abraham Puma y Olga Mamani.**

Dar gracias por su ejemplo de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y sacrificio.

Por el apoyo que me dieron durante todos mis estudios.

### **A mis hermanos.**

Con todo el cariño que les tengo, por el apoyo y darme fuerzas por siempre haber estado ahí para ayudarme, pese a la distancia.

### **A mis mejores amigos.**

Que desde los inicios de nuestra carrera conozco, tantas historias que tenemos tales que como reímos y sufrimos con Danny Helmer amigo con el que supimos superar muchas de nuestras metas y llegamos a culminar nuestra carrera.

A mis amigas Mercy y Alexandra, les agradezco por la ayuda que siempre me han brindado por siempre haber estado conmigo apoyándome y dándome consejos.

Gracias por tu amistad y espero verlos siempre con esa alegría que los caracteriza.

### **A mis amigos**

A todos mis amigos que conocí a lo largo de mi vida universitaria que confiaron en mí y también ayudaron a la culminación de este proyecto: Cristian A., Ray, Abdias, Froilán, Henry, Esnider, Pilar y otros.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, darle las gracias a DIOS por haberme permitido concluir con una de mis metas, y permitirme llegar hasta este momento tan importante en mi vida y por acompañarme día a día para poder lograr mis objetivos.

A la Universidad Nacional Del Altiplano por el apoyo brindado en mi formación profesional, es un honor haber culminados mis estudios en tan respetable universidad.

Al **Mg. Higinio Alberto Zuñiga Sanchez**, por su invaluable ayuda, su amable atención y sobre todo por la amistad que me brindo. Gracias por revisar el presente trabajo, guiarme en el transcurso del desarrollo del trabajo y agradecerle por acceder a ser mi director.

Al **Dr. Gregorio Palomino Cuela**, por su ayuda, su amable atención y sobre todo por la amistad que me brindo.

A **los ingenieros** a todos mis docentes que han estado pendientes en mi formación y me brindaron todos sus conocimientos y experiencias durante el largo camino del aprendizaje y constante formación profesional.

A mi familia por tenerme confianza y apoyo para la culminación de este trabajo de tesis.

Muchas gracias a todos.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
ÍNDICE DE FIGURAS .....	7
ÍNDICE DE TABLAS .....	8
ACRÓNIMOS .....	9
RESUMEN .....	11
ABSTRACT.....	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	17
2.1 Antecedentes.....	17
2.2 Marco teórico.....	21
2.2.1 Paico ( <i>Chenopodium Ambrosioides</i> ).....	21
2.2.2 Extracción por arrastre de vapor.....	26
2.2.3 Aceite esencial.....	29
2.2.4 Insecticida.....	30
2.3 Marco conceptual.....	32
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1 Materiales.....	34
3.1.1 Materia vegetal.....	34
3.1.2 Material experimental .....	34
3.1.3 Material de laboratorio.....	34
3.1.4 Material de campo.....	34
3.1.5 Reactivos químicos .....	35
3.1.6 Equipos.....	35
3.2 Metodología.....	36
3.2.1 Extraer el aceite esencial de paico ( <i>Chenopodium Ambrosioides</i> ) por arrastre de vapor saturado.....	36

3.2.2 Determinar el tiempo de trabajo y el rendimiento de obtención de aceite esencial de paico ( <i>Chenopodium Ambrosioides</i> ).....	41
3.2.3 Obtener las características fisicoquímicas del aceite esencial de paico ( <i>Chenopodium Ambrosioides</i> ) extraído. ....	41
3.2.4 Aplicar y ver la efectividad del aceite esencial de paico ( <i>Chenopodium Ambrosioides</i> ) como insecticida. ....	44
3.3 Lugar de Ejecución .....	44
3.4 Diseño experimental. ....	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	47
4.1 Resultado de la extracción de aceite esencial de paico ( <i>Chenopodium Ambrosioides</i> ) por arrastre de vapor saturado. ....	47
4.2 Resultados del tiempo de trabajo y el rendimiento de obtención de aceite esencial de paico. ....	49
4.2.1 Resultados de la influencia del tiempo en la extracción. ....	49
4.2.2 Resultados del rendimiento del aceite esencial obtenido. ....	50
4.2.3 Análisis de varianza. ....	53
4.3 Resultado de las características fisicoquímicas del aceite esencial de paico. ....	59
4.3.1 Caracterización del aceite esencial.....	59
4.3.2 Determinación de la composición química por cromatografía de gases....	60
4.4 Resultado de la aplicación del aceite esencial de paico como insecticida. ....	64
V. CONCLUSIONES .....	65
VI. RECOMENDACIONES .....	66
VII. REFERENCIAS .....	67
ANEXOS .....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1: Paico ( <i>Chenopodium ambrosioides</i> ).....	21
Figura 2: Descripción botánica.....	23
Figura 3: Estructura del ascaridol.....	24
Figura 4: Equipo de destilación por arrastre de vapor.....	36
Figura 5: Condensador del equipo de extracción por arrastre de vapor.....	38
Figura 6: Panel de control.....	39
Figura 7: Compresor de aire.....	40
Figura 8: Diagrama de flujo del proceso de extracción por arrastre de vapor.....	47
Figura 9: Curva de extracción del aceite esencial, presión vapor saturado (bar) en función al tiempo (min). ....	50
Figura 10: Comparación del rendimiento de aceite esencial en la extracción (resultado promedio) B1 (masa 2 Kg), B1 (masa 3 Kg).....	52
Figura 11: Diagrama de Pareto estandarizada para rendimiento.....	57
Figura 12: Efectos principales para rendimientos. ....	58
Figura 13: Superficie de respuesta. ....	58
Figura 14: Estructura del bornylene. ....	62
Figura 15: Estructura del m-cymene .....	62
Figura 16: Estructura de 4-carene y 3-carene.....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1: Clasificación taxonómica del paico.....	22
Tabla 2: Resultado de la cromatografía de gases. ....	25
Tabla 3: Características organolépticas del aceite esencial de paico (Chenopodium Ambrosioides). ....	26
Tabla 4: Cantidad de materia vegetal recolectada. ....	37
Tabla 5: Condiciones de operación del caldero.....	38
Tabla 6: Condiciones de la materia prima para la extracción. ....	38
Tabla 7: Condiciones de trabajo del equipo de extracción.....	39
Tabla 8: Condiciones de operación en la extracción por arrastre de vapor saturado del aceite esencial de paico (Chenopodium Ambrosioides) para 2 Kg.....	48
Tabla 9: Condiciones de operación en la extracción por arrastre de vapor saturado del aceite esencial de paico (Chenopodium Ambrosioides) para 3 Kg.....	48
Tabla 10: Resultados de la influencia de tiempo en la extracción de aceite esencial de paico. ....	49
Tabla 11: Resultados del rendimiento en (%) de aceite esencial con las masas de 2 y 3 Kg respectivamente de la especie Chenopodium Ambrosioides. ....	51
Tabla 12: Datos para el análisis de varianza.....	53
Tabla 13: Datos para el diseño factorial en el proceso de extracción del aceite esencial.....	54
Tabla 14: Análisis de varianza para rendimiento – Extracción de aceite esencial. ....	55
Tabla 15: Coeficiente de regresión para rendimiento – extracción de aceite esencial. ..	56
Tabla 16: Valores óptimos de extracción de aceite esencial. ....	57
Tabla 17: Características organolépticas del aceite esencial de paico (Chenopodium ambrosioides) .....	59
Tabla 18: Resultados del análisis físico-químico del aceite esencial de paico.....	59
Tabla 19: Resultados del análisis por cromatografía de gases acoplado a espectrofotometría de masas de aceite esencial de paico (Chenopodium Ambrosioides) .....	61
Tabla 20: Datos de la aplicación del aceite esencial de paico como insecticida. ....	64



**ACRÓNIMOS**

%	: Porcentaje.
ANOVA	: Análisis de varianza.
AOAC	: Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical. Chemists.
°C	: Grados Celsius.
cm	: Centímetros.
DI – 50	: Dosis infectiva.
DL – 50	: Dosis letal media.
EV	: Electrónica Veneta.
G	: Gramo.
H	: Hora.
I.R.	: Índice de refracción.
Kg	: Kilógramo.
L	: Litro.
m	: Metros.
mg	: Miligramo.
Min	: Minutos.
mL	: Mililitro.
Mm	: Milímetro.
m.s.n.m.	: Metros sobre el nivel del mar.
N	: Normalidad.
NMX	: Norma Mexicana.
NTP	: Norma Técnica Peruana.
p/p	: Peso a peso.

ppm : Partes por millón.

$\mu\text{L}$  : Microlitros.

$\mu\text{m}$  : Micrómetros.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación permitió extraer y evaluar las características del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*). Con el objetivo de obtener el aceite esencial de paico por extracción de arrastre de vapor saturado, la determinación del tiempo de trabajo con el rendimiento de obtención del aceite esencial, la caracterización fisicoquímica del aceite esencial por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas y la aplicación del aceite esencial de paico como insecticida. El proceso de extracción se realizó el 9 de abril del 2019 en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano, mediante arrastre de vapor, en el equipo de extracción por arrastre de vapor saturado donde se analizó los siguientes parámetros óptimos: el tiempo y la presión de vapor. Tomando datos cada 30 min, durante la extracción se determinó que el tiempo máximo de extracción es de 90 min y el rendimiento que tiene la extracción del aceite esencial de paico en dos masas diferentes de 2 y 3 Kg fue de 0,4560% – 0,4417% respectivamente, donde aplicando un diseño experimental y utilizando un arreglo factorial de (2x2) con tres repeticiones completamente al azar, se llegó a determinar que el aceite esencial extraído tiene rendimiento óptimo de 0.449% con 2 Kg de paico, de acuerdo a las características fisicoquímicas la densidad, índice de refracción, índice de saponificación y índice de acidez del aceite esencial de *Chenopodium Ambrosioides* son: 0,930 g/mL a 17,3°C; 1,410 a 20°C; 16,01 mg KOH/g y 1,74% respectivamente, asimismo, del análisis cromatográfico se encontró que contiene los componentes: Bornileno (47,45%), m - cimeno (19,23%) y  $\delta$  - carene (15,17%) y finalmente se aplicó el insecticida en un cultivo de quinua ubicado en el distrito de San José provincia de Azángaro el 12 mayo del 2019, en diferentes porcentajes de 1%, 2% y 3%, demostraron efectividad como insecticida eliminando pulgones, con los valores óptimos que se tuvieron: tiempo de 24 h con concentración de 3,00 % y mortandad máxima del 70 % de los pulgones comprobando la actividad insecticida del aceite esencial.

**Palabras Clave:** Aceite esencial, arrastre de vapor, caracterización, extracción, actividad insecticida.

## ABSTRACT

This research work allowed to extract and evaluate the characteristics of Paico essential oil (*Chenopodium Ambrosioides*). With the aim of obtaining paico essential oil by saturated steam entrainment extraction, the working time determination with the yield of obtaining the essential oil, the essential oil physicochemical characterization by gas chromatography coupled to mass spectrometry and the application of the paico essential oil as an insecticide. The extraction process was carried out on April 9, 2019 at Operations and Processes Unit Laboratory of Chemical Engineering Faculty of The Altiplano National University, by steam entrainment, in the saturated steam entrainment extraction equipment where the following optimal parameters were analyzed: Time and vapor pressure. Taking data every 30 min, during the extraction it was determined that the maximum extraction time is 90 min and the yield that has the extraction of paico essential oil in two different masses of 2-3 kg was 0,4560% - 0,4417% respectively, where applying an experimental design and using a factorial arrangement of (2x2) with three completely random repetitions, it was determined that the essential oil extracted has an optimum yield of 0.449% with 2 Kg of paico, according to the physicochemical characteristics the density, refractive index, saponification index and acidity index of the *Chenopodium Ambrosioides* essential oil are: 0.930 g/mL at 17.3 °C; 1,410 at 20 °C; 16.01 mg KOH / g and 1.74% respectively, Likewise, the chromatographic analysis was found to contain the components: Bornylene (47.45%), m-Cimeno (19.23%) and  $\delta$ -Carene (15.17%) and finally the insecticide was applied in a quinoa crop located in San José district of Azángaro province on May 12, 2019, in different percentages of 1%, 2% and 3%, they demonstrated effectiveness as an insecticide by eliminating aphids, with the optimal values that were: time of 24 h with a concentration of 3.00% and maximum mortality of 70% of aphids, checking the insecticidal activity of the essential oil.

**Keywords:** Essential oil, steam entrainment, characterization, extraction, insecticidal activity.

## I. INTRODUCCIÓN

Las plantas hoy en día cumplen un rol muy importante con respecto a la humanidad siendo utilizadas como alimentos, medicinas y como insecticidas, debido a que poseen muchas características en su composición química y estas pueden ser de diversos usos. También al ser aplicadas en emulsiones estas pueden traer efectos beneficiosos o perjudiciales teniendo en cuenta la dosis o cantidad en la que es ingerida por lo cual es de interés la investigación de ella para ver sus aplicaciones (Casanova et al. 2016).

El Perú es poseedor de una variedad muy amplia de plantas que pueden ser usadas en diferentes aplicaciones. Tal es el caso del paico, siendo una planta perteneciente a la familia de los Chenopodiaceae (Casanova et al. 2016).

El mercado mundial de los aceites esenciales, está en crecimiento constantemente, y está en numerosas industrias como: industrias cosméticas, farmacéuticas, industrias de plaguicidas, industrias de productos de limpieza, generando una continua renovación de la tecnología empleada para obtener estos productos (Morocco, 2017).

Los aceites esenciales son mezclas homogéneas de compuestos químicos orgánicos, provenientes de una misma familia química, terpenoides. Tienen la propiedad en común, de generar diversos aromas agradables y perceptibles al ser humano. A condiciones ambientales, son líquidos menos densos que el agua, pero más viscosos que ella. Poseen un color en la gama del amarillo, hasta ser transparentes en algunos casos (Günther, 1948).

La protección del medio ambiente se ha convertido en un tema prioritario para el sector industrial, por ello es importante lograr un aprovechamiento racional de los productos agroindustriales. La realización de estudios que potencien el desarrollo de procesos tecnológicos económicos y eficaces, que incentiven la utilización de plantas aromáticas como una fuente de materias primas adecuadas para la obtención de productos de alto valor agregado con aceites esenciales, ya que con estudios como éste se establecen parámetros óptimos para dar un seguimiento a investigaciones futuras (Araujo, 2018).

En el afán de querer controlar las plagas que causan daño la producción los agricultores han optado por el uso excesivo de plaguicidas sintéticos para sus cultivos, en procura de proteger sus productos, provocando que generalmente consumamos alimentos

sobrecargados de ingredientes tóxicos, además de impactar sobre el medio ambiente y provocar la aparición de poblaciones de insectos resistentes a esos productos. (Peruecologico, 2003).

### **1.1 Planteamiento del problema general.**

¿Cómo extraer y como se caracteriza el aceite esencial del paico (*Chenopodium Ambrosioides*)?

#### **1.1.1 Planteamiento del problema específico.**

- ¿Cuál es el método óptimo para extraer el aceite esencial de paico?
- ¿Cómo determinamos la influencia del tiempo de trabajo y el rendimiento de obtención de aceite esencial de paico extraído?
- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del aceite esencial de paico extraído?
- ¿Cuál será su efectividad del aceite esencial de paico como insecticida?

### **1.2 Justificación.**

El paico es una planta medicinal y aromática usada desde tiempos antiguos por los pobladores de la sierra de Latinoamérica. Actualmente, sigue ocupando un lugar preferente en la medicina natural para curar dolores estomacales. Posee cualidades antiparasitarias para el tratamiento de áscaris (lombrices) y la tenía (Biopat, 2015).

Crece de manera silvestre y cultivada en la costa, sierra y Amazonia del Perú, hasta los 4,000 msnm, en los bordes de las chacras, los terrenos de cultivo y los jardines. Se propaga por semillas y se puede sembrar durante todo el año (Peruecologico, 2003).

La obtención del aceite esencial de paico constituirá una nueva alternativa para crear nuevas industrias, al incentivar el cultivo y uso de plantas silvestres de la región.

La composición química de los aceites esenciales varía drásticamente dependiendo de la especie y variedad vegetal e incluso dentro de la misma especie la variación puede depender del área geográfica (Trongtokit et al 2005).

Comúnmente la selección de las plantas tiende a modificar los fenotipos presentes en esta, tales como el tamaño, dormancia de semillas y concentración de metabolitos secundarios, afectando sus mecanismos de protección contra herbívoros. La resistencia química de las plantas, presenta diferencias entre plantas domésticas y silvestres, lo que conlleva costos y beneficios ya que aumenta el rendimiento (Pickersgill 2007, McKey et al 2010).

El paico ha reportado que las condiciones de cultivo pueden influir en la concentración de metabolitos secundarios de importancia biológica (Blanckaert et al 2012).

Lo que pretende realizar este proyecto de investigación es conocer mejor las características fisicoquímicas del aceite esencial de paico, para luego pueda ser empleada en beneficio farmacéutico, antibacterial o insecticida y evaluar los parámetros que mejor sean de utilidad para efectuar una extracción por arrastre de vapor saturado.

#### **1.4 Hipótesis general.**

El aceite esencial de paico se extrae por un proceso de arrastre de vapor y se caracteriza por medio de análisis fisicoquímicos.

##### **1.4.1 Hipótesis específicas.**

- El método óptimo para extraer el aceite esencial de paico será el de arrastre de vapor saturado.
- Mediante la toma de datos en el proceso de extracción se determinará la influencia del tiempo de trabajo y rendimiento de obtención del aceite esencial.
- Las características del aceite esencial de paico serán obtenidas analizando sus propiedades físicas y químicas.
- Mediante la aplicación del insecticida en un cultivo se determinará la efectividad que tiene el aceite esencial de paico como insecticida.

### 1.5 Objetivos general.

Extraer el aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*) por medio de arrastre de vapor y caracterizar utilizando análisis fisicoquímicos.

#### 1.5.1 Objetivos específicos.

- Extraer el aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*) por arrastre de vapor saturado.
- Determinar el tiempo trabajo y el rendimiento de obtención de aceite esencial de paico.
- Obtener las características fisicoquímicas del aceite esencial de paico.
- Aplicar y comprobar la efectividad del aceite esencial de paico como insecticida.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Antecedentes.

León (2009), realizó el estudio de la extracción y determinación de la composición química del aceite esencial de Paico, donde se trabajó la extracción por el método de arrastre de vapor a nivel de laboratorio, realizando ensayos experimentales con la materia prima fresca con 72% de humedad y otras con 58% de humedad, obteniendo mejores resultados con estos. Además, estudio características físico-químicas y su composición química mediante cromatografía de gases; obteniendo los siguientes resultados: densidad 0,8923 g/mL, I.R. a 20°C 1,476, porcentaje de rendimiento de 0,35% y 0,66% y teniendo como resultados de sus características organolépticas: color amarillo claro, olor penetrante agradable canforáceo, sabor amargo y ardiente. La composición química del aceite esencial de paico es la siguiente: cineol, p – cimeno,  $\alpha$  - pineno,  $\beta$  – pineno,  $\alpha$  – felandreno,  $\alpha$  – terpineno, limoneno, cis – anetol, carvona, timol. Los ensayos realizados por arrastre de vapor de agua a nivel de laboratorio demuestran que la metodología fue eficiente.

Huayhua et al. (2018), realizaron la extracción, purificación y caracterización fisicoquímica de los compuestos volátiles del *Tecoma fulva*, donde se trabajó con varios métodos de extracción como son la hidrodestilación, arrastre de vapor de agua, maceración y cromatografía en capa fina y gaseosa. Para el análisis fotoquímico se realizaron pruebas cualitativas para la identificación de componentes químicos como aceites, grasas, flavonoides, alcaloides y coumarinas mediante reacciones de coloración. De la maceración en solventes orgánicos, con el que se obtuvo mejor resultado fue con el diclorometano y etanol. En la cromatografía de capa fina para los aceites esenciales extraídos por maceración en solventes no polares se detecta la presencia de cuatro compuestos orgánicos: terpinen-4-ol, p-cimeno, mentona y  $\alpha$ -pineno.

Casanova et al. (2016), el trabajo de investigación obtuvo aceite esencial de las hojas de *Chenopodium Ambrosioides L.* utilizando la técnica de destilación por arrastre de vapor con el fin de analizar posteriormente su porcentaje de rendimiento, y del cual también se analizó sus características organolépticas donde tuvo como resultado: olor sui generis, color verduzco, sabor sui generis y textura oleosa, obteniendo datos favorables de rendimiento de 0,066 % con 150 g de materia; y a su vez analizó parámetros físicos donde tuvo como resultados: densidad 0,7561 g/m<sup>3</sup>, índice de refracción 1,477,

solubilidad en diferentes solventes como agua alcohol de 50°, 70°, 80° y 96° donde resultado ligeramente insoluble, parcialmente insoluble, parcialmente soluble y soluble respectivamente. Finalmente se evaluó su parámetro químico de índice de acidez 1,22. Lo cual es importante en el control de un aceite esencial y permite ver si puede ser usado en la industria farmacéutica y cosmética.

Vega (2001), el principal activo importante es el anethole (éster fenólico) con efectos antiinflamatorios. El ascaridol es el principal responsable del aroma del paico (*Chenopodium Ambrosioides*), así como también de sus propiedades parasiticidas y de sus efectos tóxicos. La variada presencia de sacáridos (pectina), de glucósidos (saponinas, flavonoides), taninos, ácidos orgánicos, aceites esenciales, lípidos y vitaminas confieren a la planta total un carácter químico diferente al que tiene exclusivamente al ascaridol, considerado toxico en dosis inadecuadas.

Diaz et al. (2013), con la finalidad de analizar la cantidad de aceite esencial en hojas de eucalipto se recolecto 20 Kilogramos de hojas realizando destilaciones de 5 Kilogramos. El método que se empleó para la extracción, fue la destilación por arrastre de vapor. La evaluación del rendimiento de aceite esencial fue en base a la N.T.P. 319,079 y para la evaluación del contenido de cineol la N.T.P. 319,086. El tiempo de destilación fue de 180 minutos en promedio, por cada destilación. En función a los resultados obtenidos en la investigación se tiene resultados favorables.

Torres et al. (2003), se ha examinado el contenido de ascaridol de varias muestras de *Chenopodium Ambrosioides L.* El uso popular de las infusiones de paico en afecciones intestinales, ha llevado a frecuentes intoxicaciones por lo cual se evaluó su composición. La densidad e índice de refracción de refracción, corresponden a la presencia de un elevado porcentaje de hidrocarburos terpénicos ( $\alpha$  - pineno, 3 - careno,  $\alpha$  - felandreno) y al bajo contenido de compuestos oxigenados. La composición química de los aceites varía según el estado vegetativo de la especie, como se observa en los contenidos de  $\alpha$  - pineno y  $\delta$  - 3 - careno, que se incrementaron notablemente hacia el otoño. Otra diferencia manifiesta se observa en el contenido de  $\alpha$  - felandreno, constituyente que no se identifica en el espectro de masa en la esencia de otoño siendo mayoritario en la esencia de verano. Existe un aumento en el contenido de la cetona terpenica, pinocarvona, en el otoño.

Morocco (2017). Realizo una caracterización micro-histologica, físico química con las hojas de Matico (*Piper aduncum*), evaluando el equipo modulador de extracción

de aceite esencial de la Facultad de Ingeniería Química. Donde el tiempo de extracción del aceite esencial por arrastre de vapor fue de 2 (dos horas), obteniéndose 25 mL de aceite con 4.5 kg de muestra en el condensador modular (coraza y tubos), obteniendo mayor rendimiento comparado con el condensador de serpentín de LOPU que extrajo 13.5 mL. Los componentes aromáticos mayoritarios como el Asarone, 1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8-, y Bicyclo (7.2.0) undec-4-ene, 4, 11, 11-trimethyl-, se determinaron por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masa, sus entalpias de estos componentes se hallaron con el software ADC Chem sketch.

Moreno et al. (2010), estudio el efecto de la humedad de la hoja de eucalipto y el tiempo de extracción sobre el rendimiento de aceite esencial y el costo de producción. Se tuvieron en cuenta parámetros como la temperatura de vapor, la presión de extracción, la porosidad de lecho, flujo de vapor y temperatura de condensación. Fue utilizado un diseño compuesto central rotacional para evaluar las zonas óptimas de extracción y el costo que ocasionaría, buscando en todo momento aumentar los rendimientos y disminuir gastos. Según este diseño, la extracción con menores costos de producción (0,57 nuevos soles por mL de aceite esencial) se alcanza cuando las hojas tienen una humedad entre 25 y 30 % y se extraen con tiempos entre 98 y 126 minutos.

Flores et al. (1999), realizaron estudio de aceites esenciales con actividad citotóxica como indicador de propiedades insecticidas que trata sobre la extracción y evaluación de la toxicidad general contra (*artemia salina*) con aceites esenciales de especies vegetales aromáticas. Los aceites fueron obtenidos mediante destilación por arrastre de vapor de diferentes órganos: partes aéreas (hojas y tallo) y dermis cítricas (cascara). Como indicador de toxicidad se ha calculado la dosis letal media (DL-50) de los aceites contra el camarón salino, considerando que la evaluación biológica contra *A. salina* es también utilizada como una prueba preliminar orientada al descubrimiento de nuevos insecticidas y dado que todos los aceites en estudio han presentado valores de DI-50 menores de 100ppm, podríamos indicar que los aceites estudiados son potenciales insecticidas naturales y considerados sus índices de toxicidad presentaron el siguiente orden: Ruda graveolens (Ruda, DI-50 2,7ppm), *Cariophyllus aromaticus* (clavo DI-50 33,9ppm) y *Piper sp*, (Matico DI-50 41,3ppm).

Quispe (2018). Evaluó el efecto insecticida del aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus Globulus*) y altamisa (*Franseria artemisioides*) contra el kcona kcona

(*Eurysacca melanocampta*) en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*). Obtuvo aceite esencial de eucalipto y altamisa por extracción por arrastre con vapor con parámetros óptimos del tiempo de extracción, temperatura y presión. Finalmente, la evaluación de la actividad insecticida del aceite esencial de eucalipto y altamisa en la mortandad del Kcona Kcona con tratamientos mostraron efectividad en el control de la plaga con análisis de varianza para la aplicación del aceite esencial de eucalipto tiene como valores óptimos un tiempo de 24 h con concentración de 1,00 %, y mortandad de 46,6667%; para el aceite esencial de altamisa los valores óptimos fueron un tiempo de 24 h con concentración de 1,00% y mortandad de 43,333%.

Orozco (2016), la utilización de compuestos vegetales de plantas aromáticas ha demostrado ser una alternativa de control y entre ellos se destaca el polvo, aceite esencial y extractos de *Chenopodium ambrosioides L.* cultivado para fines terapéuticos que han mostrado actividad biológica insecticida y repelente sobre (*S. zeamais*). Sin embargo, la composición química de los aceites esenciales varía por diversos factores entre especie variedades e incluso entre población de misma especie, por lo cual se evaluó el efecto insecticida del aceite esencial de paico proveniente de una población silvestre. Utilizando cámaras de gas de diferentes volúmenes y de toxicidad por contacto con superficie tratada (vidrio concreto y bolsas de propileno). Los compuestos que se encontraron en mayor proporción en esencial fueron  $\alpha$  – terpineno (42,38%), 11 – heneicosanol (20,91%), y o – cimeno (20,74%). Por efecto fumigante, la mortandad aumento al incrementar la concentración del aceite esencial, llegando a 100% de insectos muertos en la concentración más alta de 5% en volumen de 150mL de aire.

Quispe (2015), realizó la “Evaluación de la actividad insecticida de los aceites esenciales del eucalipto (*Eucalyptus Globulus*) y romero (*Rosmarinus Officinalis*), para el control de pulgones (*Aphididae*) en rosas (*Rosa sp.*)” donde se realizó la extracción de los aceites esenciales del eucalipto y el romero, aplicando los insecticidas y evaluando la mortalidad de los pulgones a las 3, 6, 12, 14 horas, con cinco repeticiones por tratamiento. Los resultados obtenidos en todos los tratamientos mostraron efectividad en el control de los pulgones (*Aphididae*), sin embargo, el aceite esencial de eucalipto mostró mayor efectividad a las concentraciones de 1%, 2%, y 3% con un porcentaje promedio de mortalidad de 88,67% a las 12 horas y 95,06% a las 24 horas, con relación al tratamiento del aceite esencial del romero con 71,73% a las 12 horas y 84,27% de mortalidad a las 24 horas.

## 2.2 Marco teórico.

### 2.2.1 Paico (*Chenopodium Ambrosioides*).



Figura 1: Paico (*Chenopodium ambrosioides*).

Fuente: Fotografía tomada en distrito de Azángaro.



### 2.2.1.1 Clasificación taxonómica.

Tabla 1: Clasificación taxonómica del paico.

Paico ( <i>Chenopodium ambrosioides</i> )	
<b>Dominio</b>	Eukarya
<b>Reino</b>	Vegetal
<b>División</b>	Tracheobionta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Caryophyllales
<b>Familia</b>	Chenopodiaceae
<b>Sub familia</b>	Chenopodioideae
<b>Genero</b>	Chenopodium
<b>Especie</b>	<i>Chenopodium ambrosioides</i>
<b>Nombre vulgar</b>	Paico

Fuente: Jaramillo, 2012.

### 2.2.1.2 Generalidades.

Nombres comunes: Paico, payku tape (kichwa – chafi`ki), payku (kichwa), paicconomembra, paicconomembaseje`pa (a`ingae), epazote, solitaria, te de Mexico (castellano), wormsed (ingles), nerbrena blanca (De la Torre y Navarrete, 2008).

Habita: hierba terrestre.

Origen: nativa.

### 2.2.1.3 Descripción botánica.

El paico es una planta perteneciente a la familia Chenopodiaceae y conocida comúnmente, hierva santa, hierba hediona, paico macho, paico oloroso y te de los jesuitas, es una planta aromática, perenne, más o menos pebescente, con el tallo usualmente postrado, crece en suelos húmedos y bajos, olor fuerte, con alrededor de 40 cm de altura; las hojas son oblongo-lanceoladas y serradas, de entre 4 cm de longitud y 1 cm de ancho,

con pequeñas flores verdes en panículos terminales densos, cada uno con 5 sépalos, el cáliz persistente circunda al fruto y las semillas son negras y no mayores que 0,8 mm de longitud (Gómez, 2008).



Figura 2: Descripción botánica.

Fuente: Jena (1876).

#### 2.2.1.4 Biogeografía.

Originario de la América tropical, se le encuentra difundido por casi todo el mundo, en América latina es común en los países de Perú, Ecuador, Brasil, Argentina y Paraguay. Se encuentra naturalizada en todas las regiones templadas del mundo. En Europa ha sido cultivada desde principios del siglo XVII para utilizarla como te, en donde se propagó, especialmente, por la región mediterránea (Estrada, 2012).

#### 2.2.1.5 Usos.

De la Torre y Navarrete (2008), menciona que el fruto es comestible ya que tiene un alto contenido vitamínico y se usa para preparar bebidas refrescantes (kichwa de la Sierra – Loja; Secoya - Secumbios). Se usa como estimulante (etnia no especificada -

Imbabura). El aceite esencial extraído de los frutos es vermífugo (etnia no especificada - otros).

La planta se usa en las casas como repelente de insectos, también se coloca en el brazo como perfume (Cofan - Sucumbios) y se la usa para frotaciones y como lavativa (etnia no especificada - Loja).

#### 2.2.1.6 Composición química.

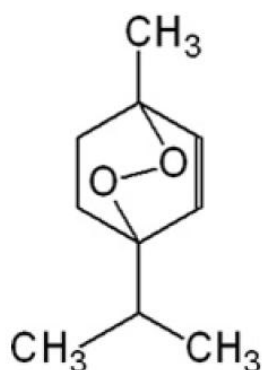


Figura 3: Estructura del ascaridol.

Fuente: BioPat Peru (2015).

La planta entera es rica en aceite esencial (De la Torre y Navarrete, 2008). El mayor contenido de este aceite se encuentra en la semilla, se ha determinado la presencia de: ascaridol (componente principal) (León, 2009). Los estudios que realizó por cromatografía de gases de alta resolución con detector de espectrometrías masas (Jaramillo, 2012).



Tabla 2: Resultado de la cromatografía de gases.

Nº Pico	Compuesto
1	$\beta$ - pineno
2	$\alpha$ -terpineno
3	o-cimeno
4	p-cimeno
5	a-limoneno
6	1,3,8-p- metantrieno
7	p-metilacetofenoma
8	p-cimen-8-ol
9	$\alpha$ terpinenol
10	$\alpha$ metil chabicol
11	(+)-4-careno
12	E-carvenol
13	1,4 peroxi-p-ment-2-enp
14	Timol

Fuente: Jaramillo, 2012

### 2.2.1.5 Farmacología y actividad biológica.

El efecto antiparasitario del ascaridol ha sido ampliamente demostrado. Este principio activo es muy tóxico para los áscaris y ancylostomas (Gupta, 1995).

En estudios realizados por (Jaramillo, Durate, y Delgado, 2012), se describe que la infusión de hojas y flores es utilizada como estomacal, carminativa, antihelmíntica y digestiva debido a su acción paralizante y narcótica sobre ascárides, oxiuros y anquilostomas. En estos estudios también se menciona que está comprobado que el extracto acuoso inhibe el crecimiento de *Staphylococcus aureus*; las hojas tienen actividad antiamebiana, antifúngica, antimalarica (*Plasmodium falciparum*, *P. vivax* in vitro y *P. berghei*, en ratones); y el aceite posee actividad antibacteriana entre otras cosas.

### 2.2.1.6 Toxicidad.

De acuerdo a los estudios de (Vega, 2001), el aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*) puede presentar efectos tóxicos como náuseas, vómitos, depresión del sistema nervioso, lesiones hepáticas y renales, sordera, trastornos visuales,

problemas cardíacos y respiratorios y en altas dosis es abortivo y puede provocar la muerte.

### 2.2.1.7 Valoración de las drogas.

Valorar las drogas significa identificarlas y determinar su calidad o pureza. La calidad de una droga se traduce en su valor intrínseco o lo que es lo mismo la cantidad de principios activos presentes en ella (Miranda, 2002).

Existen varios métodos por los cuales se evalúan las drogas: percepción, microscópica, físico – químicos y biológicos.

### 2.2.1.8 Métodos de percepción.

A través de este método se evalúa morfología, tamaño olor, color, externo e interno, también se evalúan las alteraciones que sufren las drogas debido a las condiciones inadecuadas de recolección y almacenamiento; así como, la evidencia de ataque por roedores.

Tabla 3: Características organolépticas del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*).

Variable	Características fenotípicas
<b>Color</b>	Ligeramente verdoso lechoso
<b>Olor</b>	Aroma fuerte desagradable altamente irritante
<b>Sabor</b>	Fuerte sabor amargo altamente persistente
<b>Aspecto</b>	Líquido denso casi fluido altamente turbio
<b>Textura</b>	Semi aceitosa

Fuente: Resultados de evaluación organoléptica (Jaramillo, 2012).

### 2.2.2 Extracción por arrastre de vapor.

La destilación por arrastre de vapor de agua o extracción por arrastre de vapor, hidrodestilación o hidroextracción. Generalmente es llamado destilación por arrastre de vapor, sin embargo, no existe un nombre claro y conciso para definirlo, debido a que se desconoce exactamente lo que sucede en el interior del equipo principal y por qué se usan diferentes condiciones del vapor de agua para el proceso. Es así que, cuando se usa vapor saturado fuera del equipo principal, es llamado destilación por arrastre de vapor (Gunther,

1948). Cuando se usa vapor saturado pero la materia no está en contacto con el agua generadora, sino con un flujo del condensado formando en el interior del destilador y se asumía que el agua era un agente extractor, se le denominó Hidrodestilación (Palomino y Cerpa, 1999).

En este caso el vapor puede ser generado mediante una fuente externa o dentro de la propia cámara extractora, aunque separado del material vegetal, la diferencia radical existente entre este sistema y los anteriores mencionados es que el material vegetal se encuentra suspendido sobre un tramo (falso fondo) que impide el contacto del vegetal con el medio líquido en ebullición (Bandoni, 2000).

En la destilación por arrastre con vapor, los componentes volátiles son retenidos por las membranas si estas se encuentran secas (material vegetal seco) lo que hace necesario un remojo de la materia, esto se logra con la condición de vapor saturado. Diferentes condiciones son logradas si el material se remoja con agua fría o caliente, además entran en juego factores como la solubilidad y las temperaturas (Guenther, 1942).

Prácticamente todos los constituyentes de los aceites esenciales son algo inestables a altas temperaturas, para poder obtener la mejor calidad del aceite es necesario asegurar que durante la destilación haya una baja temperatura o sin es del caso tener altas temperaturas durante el menor tiempo posible. En el caso de hidrodestilación o la destilación agua – vapor la temperatura es determinada por la presión de operación; en la destilación por arrastre de vapor con vapor de agua la temperatura puede ser cercana a 100 °C dependiendo de si es usado vapor saturado a baja presión o vapor sobrecalentado (Guenther, 1942).

#### **Factores que influyen en la extracción.**

- Tiempo de extracción. Pasado un tiempo de destilación, la salida de aceite esencial es insignificante y el exceso de vapor de agua causa una disminución en el rendimiento de extracción por la solubilidad o emulsión del aceite esencial (Morocco, 2017).
- Presión de vapor. Si la presión del vapor de arrastre es muy alta, se presenta hidrólisis en el aceite disminuyendo su calidad y su rendimiento (Morocco, 2017).

- Distribución interior del vapor (Morocco, 2017).
- Eficiencia del condensador (Morocco, 2017).
- Condensación interior. Se evita realizando una purga previa a los 30 minutos de iniciado el proceso (Morocco, 2017).
- Tiempo de residencia en el florentino. Sobre todo, si el diámetro es muy pequeño se produce arrastre del aceite (Morocco, 2017).

**Ventajas:**

- Energéticamente es más eficiente, se tiene un mayor control de la velocidad de destilación, existe la posibilidad de variar la presión del vapor y el método mejor la operación comercial a escala, al proveer resultados más constantes y reproducibles (Morocco, 2017).
- Productos libres de solventes orgánicos, el método de destilación con vapor usa agua como agente de separación. Este tipo de proceso provee productos naturales libres de solventes orgánicos que puede ser usado directamente en otros procesos sin la necesidad de procesos adicionales de separación (Morocco, 2017).
- Bajos costos de inversión, el equipo de destilación con vapor de agua es barato, flexible y fácil de construir. Hay una variedad de materiales para su construcción porque el equipo de destilación opera a condiciones ambientales (Morocco, 2017).
- Los conocimientos técnicos disponibles son muy conocidos. El procedimiento operativo es lo mismo para destilar matrices herbáceas o líquidas (Morocco, 2017).

**Desventajas:**

- Puede ocurrir procesos colorantes como polimerización y resinificación de los terpenos; así como hidrólisis de ésteres y destrucción térmica de algunos componentes (Morocco, 2017).

- Degradación térmica de productos, si no se opera el equipo adecuadamente la temperatura interna del lecho puede superar los 98 °C provocando que los aceites esenciales sufran degradación térmica dando lugar a la formación de oligómeros y compuestos químicos complicados que disminuyan la durabilidad, calidad y cambio en la percepción organoléptica (Morocco, 2017).
- Alto consumo de energía, como la materia prima debe ser calentando a la temperatura de ebullición, el consumo de energía es alto la mayor contribución para el consumo de energía es causada por el calentamiento de la masa del equipo. De hecho, la carga, la carga real de calor es muy grande cuando es comparado para carga de valor ideal (el aislamiento, reciclo de agua condensada, vacío) y muchas modificaciones mecánicas y operacionales (Morocco, 2017).

### **2.2.3 Aceite esencial.**

Generalmente son mezclas complejas de hasta de 100 componentes (metabolitos secundarios) que pueden ser: compuestos alifáticos de bajo peso molecular, monoterpenos, sesquiterpenos y fenilpropanos. Estos metabolitos secundarios cubren un amplio espectro de efectos farmacológicos mostrando diversas propiedades biológicas como propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y anticancerígenos (Garcia et al., 2010).

Los aceites esenciales constituyen una importante fuente de pesticidas naturales y actualmente representan en el mercado mundial unos 700 000 millones de dólares con un total de 45 000 toneladas producidas por año (Tripathi et al., 2009).

### **Propiedades de los aceites esenciales**

Los aceites esenciales se caracterizan por su olor pronunciado y penetrante, generalmente agradable, que siempre nos recuerda el olor del vegetal del que proviene, pero generalmente menos suaves tiene sabor caustre, acre e irritante y a veces aromático, dulce y delicado. Son sustancias de aspecto oleoso poco solubles o insolubles en el agua, a la que le acompaña su aroma característico; soluble en alcohol absoluto, en el sulfuro de carbono, en éter de petróleo, en tetracloruro de carbono y demás solventes orgánicos, son volátiles y en su mayoría líquidos a la temperatura ambiente (Morocco, 2017).

Si los aceites se dejan en contacto con el aire, se oxidan, solidifican y resinifican, perdiendo su color característico, al igual que se alteran fácilmente bajo la acción de la luz, volviéndose amarillos y oscuros, modificándose asimismo su perfume. La acción del aire sobre estas sustancias, se debe a la transformación de los terpenos, razón por la cual se trata de eliminar por distintos procedimientos, obteniéndose entonces las esencias desterpenadas cuya solubilidad e inalterabilidad es mucho más grande (Morocco, 2017).

### **Control de calidad del aceite esencial.**

En la industria de los aceites esenciales, para mantener una calidad constante, es necesario fijar criterios de calidad para cada aceite esencial. El conjunto de estos criterios constituye la norma de calidad. Un adecuado y estricto control de calidad se basa en la determinación de propiedades organolépticas, constantes físicas, propiedades químicas y la combinación de datos analíticos obtenidos con técnicas modernas.

El objeto de la norma de calidad es evitar y controlar adulteraciones en todos los productos terminados o sus materias primas. Las normas de calidad generales de un aceite esencial las establece la legislación de cada país.

### **2.2.4 Insecticida.**

Un insecticida es un compuesto químico utilizado para matar insectos, mediante la inhibición de enzimas vitales. El origen etimológico de las plagas de insecticida deriva del latín y significa literalmente matar insectos. Es un tipo de biomasa (Baldeón, 2011).

### **Características ideales de un insecticida.**

- Gran especificidad: el producto solo afecta al organismo, daña dejando indemnes al resto de seres vivos y al medio ambiente.
- Baja toxicidad en humanos: El producto reviste un riesgo bajo tanto para sufrir intoxicaciones agudas como exposición a bajas dosis.
- Baja dosis letal: el insecticida es efectivo con poca cantidad.
- Bajo costo: el producto tiene que ser de bajo costo.
- De característica latente: el insecticida permanece en el lugar durante un tiempo matando a todo lo que se cruza.

### **Forma de actuación**

Los insecticidas pueden hacer acción sobre uno o diferentes estados de desarrollo del artrópodo y se pueden considerar ovicidas, larvicidas y adulticidas respectivamente si eliminan los huevos, la larva o el adulto. Los insecticidas pueden entrar en contacto con los insectos a través de la alimentación cuando tocan al insecto o vuelan en el aire contaminado, lo más habitual, de forma combinada. La forma moderna y efectiva de actuación en caso a plantas es la introducción de insecticida en el interior de la planta y a través de los vasos conductores repartirse por toda la planta y la convierte en venenosa para la plaga (Baldeon, 2011). Así tenemos: insecticidas de ingestión, contacto, combinados de ingestión y contacto y sistémico. La acción del insecticida sobre el organismo puede ser la muerte a corto o largo plazo (Baldeón, 2011).

### **Desventaja de los insecticidas químicos.**

- Aunque al principio los insecticidas químicos actúan muy bien, después de cierto tiempo dejan de ser efectivos debido a que los insectos desarrollan resistencia contra ellos.
- Otro problema es que los insecticidas químicos son una fuente de contaminación para las tierras de cultivo y las aguas subterráneas, y de toxicidad para agricultores e insectos a los que no estaban dirigidos.
- Su uso cada vez más frecuente en la agricultura hace que los costos de la producción aumenten y las exportaciones de los productos agropecuarios corran un mayor riesgo de disminuir debido a que no se cumplen con la norma sanitaria.

### **Insecticida biológico.**

Después de la segunda guerra mundial las pocas plantas que mostraron resultados auspiciosos y alcanzaron a usarse masivamente, fueron remplazadas por los insecticidas sintéticos (Baldeón, 2011).

Con la aparición en la década de los cuarenta de estos insecticidas sintéticos se pensó en utilizar insecticidas biológicos o los que consten de ellos. Sin lugar a dudas los Fito insecticidas constituyen una muy interesante alternativa de control de insectos (Baldeón, 2011).

### 2.3 Marco conceptual.

- **Aceite esencial:** Es una mezcla de varias sustancias químicas bio sintetizadas por las plantas naturalmente (Quispe, 2018).
- **Destilación por arrastre de vapor:** Es una operación unitaria de extracción de aceite esencial del material aromático con vapor generado fuera del destilador en un generador de vapor (Morocco, 2017).
- **Concentración:** Es la noción que describe a la relación, asociación o proporción que se puede establecer al comparar la cantidad de soluto, es decir, de sustancia capaz de disolverse y el nivel de disolvente, es decir, la sustancia que logra que el soluto se disuelva presentes en una disolución (Quispe, 2018).
- **Caracterización:** Es la determinación de aquellos atributos peculiares que presenta una persona o una cosa y que por tanto la distingue claramente del resto de su clase (RAE, 2001).
- **Agua floral:** Se obtiene durante la destilación de las plantas y flores para obtener el aceite esencial, es decir, en el mismo proceso se obtiene el aceite esencial que es más ligero por lo cual flota y agua esencial, que queda en la parte inferior (Elherbolario, 2018).
- **Análisis cromatográfico:** Es un tipo de separación física de las mezclas homogéneas, que permite no solo la determinación del número de componentes, sino también su identificación por color. Esta técnica se basa en la migración diferencial de tales componentes que tienen diferentes interacciones con dos fases, la fase móvil y la fase estacionaria (Condori, 2019).
- **Rendimiento:** Es la cantidad de producto obtenido, que sirve para medir la efectividad de un procedimiento, es calculado al dividir la cantidad de volumen obtenido por el peso de la muestra (Vogel, 1996).



- **Presión de vapor:** Es la presión de la fase gaseosa o vapor de un sólido o un líquido sobre la fase líquida, para una temperatura determinada, en la que la fase líquida y el vapor se encuentran en equilibrio dinámico (Quispe, 2018).
- **Temperatura de ebullición normal:** se define como el punto de ebullición a una presión total aplicada de 101.325 kilo pascales (1 atm); es decir, la temperatura a la cual la presión de vapor del líquido es igual a una atmósfera. El punto de ebullición aumenta cuando se aplica presión (Quispe, 2018).
- **Diseño experimental:** Es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. Se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés (Condori, 2019).
- **Diagrama de pareto:** Es un procedimiento estadístico que busca descubrir a partir de un análisis de informes de defectos o quejas de los problemas reportados (Condori, 2019).
- **Acción insecticida:** Es la acción de entrar en contacto con el insecto a través de la alimentación cuando tocan al insecto o vuelan en aire contaminado, lo más habitual, de forma combinada, y que posteriormente tiene como consecuencia su muerte (Quispe, 2018).
- **Mortandad:** Tasa de muertes producidas en una población durante un tiempo dado, en general o por una causa determinada (RAE, 2001).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Materiales

##### 3.1.1 Materia vegetal

Hojas frescas de la especie:

- Paico (*Chenopodium Ambrosioides*) de la localidad de Azángaro.

##### 3.1.2 Material experimental

- Recipientes con tapa para aplicación del insecticida (03 unidades).
- Recipientes de plástico (09 unidades).
- Guantes quirúrgicos (01 caja).
- Tapa bocas (01 caja).
- Tijera (01 unidad).
- Cinta adhesiva y marcador.

##### 3.1.3 Material de laboratorio

- Pera de decantación.
- Picnómetro.
- Erlenmeyer (volumen 100 mL).
- Matraz (volumen 50 mL).
- Pipeta (capacidad 5 mL).
- Frascos de color ámbar (6 unidades, capacidad 25 mL).
- Soporte universal.

##### 3.1.4 Material de campo

- Cuaderno de campo.
- Mochila de fumigación (capacidad 15 L).

- Cámara fotográfica.
- Rafia.

### 3.1.5 Reactivos químicos

- Agua destilada (03 unidades, capacidad de 1 L).
- Ácido clorhídrico (0.5 N).
- Hidróxido de potasio (0.1 N).
- Fenolftaleína.

### 3.1.6 Equipos

- Equipo extractor de aceite esencial por arrastre de vapor, Sociedad Inducontrol. Ingeniería S. A. C. modelo UDCA – 2/EV (unidad de destilación para la extracción de aceite esencial) del Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Altiplano.
- Generador de vapor, Sociedad Inducontrol. Ingeniería S.A.C. modelo CCT 04/EV (Unidad generador de vapor) del Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Altiplano.
- Compresor de aire (LVA-65, 3HP, 8bar y 8.8 C.F.M), del Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Altiplano.
- Refractómetro ABBE (NAR-1T).
- Cromatografo de gas Agilent 6890N.
- Balanza analítica capacidad máxima de 5 Kg., precisión 0,0001.

## 3.2 Metodología

### 3.2.1 Extraer el aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*) por arrastre de vapor saturado.

#### 3.2.1.1 Equipo de extracción por arrastre con vapor de agua.

Seleccionado la destilación por arrastre con vapor saturado de agua como el procedimiento a desarrollar por ser apropiado para la extracción del aceite esencial, ya que no requiere tecnología sofisticada y es fácil de implementar.

Se escogió la destilación con vapor saturado de agua, ya que en esta hay una mayor difusión del vapor a través de las membranas vegetales y la desnaturalización del producto es menor.

Con respecto a las ventajas el costo de operación es relativamente bajo, presenta mayor capacidad de producción y alto rendimiento siendo así el método más utilizado en la industria de los aceites esenciales (Loayza, 1998).

El proceso se llevó acabo en el equipo extracción por arrastre de vapor, Sociedad Inducontrol. Ingeniería S. A. C. modelo UDCA – 2/EV (unidad de destilación para la extracción de aceite esencial) del Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Altiplano Puno, los parámetros utilizados fueron: temperatura, presión y tiempo de extracción.



Figura 4: Equipo de destilación por arrastre de vapor.

### 3.2.1.2 Recolección y recepción de la materia prima.

La planta de *Chenopodium Ambrosioides* (Paico), se recolectó en los alrededores de la provincia de Azángaro. La cantidad de materia vegetal recolectada se registró en la siguiente tabla:

Tabla 4: Cantidad de materia vegetal recolectada.

Lugares de recolección	Cantidad (Kg)
<b>Macaya Piripirini</b>	15
<b>Ñaupapampa</b>	7
<b>Pantipantini</b>	8
<b>Layuyo</b>	10
<b>Total recolectado</b>	40

La materia recolectada fue clasificada y acondicionada físicamente, teniendo en cuenta que la materia vegetal fue trasladada desde la provincia de Azángaro hasta la ciudad de Puno, para luego ser recepcionado en laboratorio donde se trabajó su extracción.

### 3.2.1.3 Selección de la materia prima.

Posterior a la recolección general de la planta, se escogió la materia (Paico) separando las raíces ya que se trabajó solo con la parte superior de la planta (tallo, hoja y fruto), sobre todo aprovechando la semilla del paico porque es la parte más importante de esta planta debido a que contiene la mayor cantidad de aceite esencial.

### 3.2.1.4 Pesado de la materia.

La materia prima (Paico) se pesó para separarlo, obteniendo un total de 12 lotes, donde luego se introdujo en el tanque enchaquetado del extractor de aceite esencial por arrastre de vapor saturado, fijándose el lecho vegetal. En el cual se trabajaron con dos diferentes masas de 2 y 3 Kg respectivamente.

### 3.2.1.5 Extracción del aceite esencial.

- Generador de vapor eléctrico (caldero): El equipo cuenta con un ablandador de agua para poder tener un mejor trabajo de modo se genere

el vapor, el agua se calentó hasta su punto de ebullición en la cámara del generador de modo se produzca el vapor saturado que ingresa por la parte inferior a la cámara de extracción de aceite esencial.

Tabla 5: Condiciones de operación del caldero.

Tiempo a funcionar el caldero (minutos)	90 – 120
<b>Funcionamiento del ablandador</b>	Si
<b>Funcionamiento de la bomba</b>	Si
<b>Funcionamiento de las resistencias</b>	Si
<b>Presión (bar)</b>	4

- Cargado de materia (Paico): La cámara de extracción tiene capacidad de 10 Kg. teniendo en cuenta las masas del Paico se introdujo a la cámara y cerrando con su tapa para poder iniciar el proceso de extracción del aceite esencial, estableciendo el lecho con la materia vegetal.

Tabla 6: Condiciones de la materia prima para la extracción.

Masa de la materia (Kg)	2 – 3
Estado de la materia	Fresco
Estación de recolección	Otoño

- Condensado: El efecto de arrastre de vapor que se genera en la cámara llega al condensador, en donde por el intercambio de calor entre vapor saturado y agua se obtiene como producto una emulsión líquida compuesta por agua y aceite esencial. Considere el inicio de la extracción cuando se presencié la caída de la primera gota del condensado.



Figura 5: Condensador del equipo de extracción por arrastre de vapor.

Fuente: Fotografía de FIQ-LOPU.

- Sistema de control: El equipo modular de extracción de aceite esencial cuenta con un tablero eléctrico de control, que consta de:
  1. Sensores digitales de temperatura.
  2. Válvula de control de flujo de vapor.
  3. Pulsadores de marcha y parada.
  4. Interruptor automático diferencial.

Tabla 7: Condiciones de trabajo del equipo de extracción.

Caudal de vapor (bar)	3
Caudal de agua de condensador (L/h)	250
Temperatura del caldero (°C)	88.5
Temperatura de entrada de agua de enfriamiento (°C)	15 – 17
Temperatura de salida de agua de enfriamiento (°C)	30 – 35
Presión de aire (psi)	10



Figura 6: Panel de control.



- Suministro de servicio: Los suministros de servicio para el funcionamiento del equipo modular de extracción de aceite esencial es la energía eléctrica, el aire comprimido para el funcionamiento de la válvula neumática para regular el flujo de vapor de la caldera, agua de refrigeración del condensador de tubo-coraza y el florentador.



Figura 7: Compresor de aire.

#### **3.2.1.6 Decantación.**

La emulsión obtenida se lleva a una pera de decantación en la cual, pasada un tiempo, por la diferencia de densidades las fases líquidas se separan en aceite y agua floral.

#### **3.2.1.7 Envasado.**

Luego de todo el proceso de extracción, el aceite esencial obtenido se envasa en frascos de vidrio de color oscuro y será bien sellado para no tener alteraciones al contacto con la luz y el oxígeno, luego se almacena en un lugar donde no esté a la luz del sol ni a temperatura muy caliente ya que será sometida a los análisis y evaluaciones correspondientes.



### **3.2.2 Determinar el tiempo de trabajo y el rendimiento de obtención de aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*).**

#### **3.2.2.1 Determinación de la influencia del tiempo en la extracción.**

Para determinar el tiempo en la extracción del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*) se tomaron datos de la cantidad del aceite esencial extraído durante cada 30 minutos, para poder ver el tiempo adecuado de trabajo.

#### **3.2.2.2 Determinación del rendimiento del aceite esencial.**

Para determinar el rendimiento del aceite, se toma como referencia: la masa (g) de aceite esencial extraído sobre la cantidad del material vegetal (g), haciendo uso de una balanza analítica para tener los datos y luego aplicamos la siguiente fórmula (Casanova, 2016).

$$\%RAE = \left( \frac{\text{Vol. AE (g)}}{\text{m. muestra (g)}} \right) \times 100$$

Dónde:

%RAE = Porcentaje del rendimiento del aceite esencial.

Vol. AE = Volumen del aceite esencial obtenido en mililitros.

m. muestra = Masa de la muestra a destilar en gramos.

### **3.2.3 Obtener las características fisicoquímicas del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*) extraído.**

#### **3.2.3.1 Caracterización del aceite esencial.**

Con la finalidad de verificar y evaluar las características físico-químicas del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*), se determinaron algunas constantes como: la densidad relativa, índice de ácidos, índice de saponificación y el índice de refracción. Seguidamente se realizó la evaluación de los resultados obtenidos en esta prueba.

Normas utilizadas:

- Determinación de la densidad relativa, Norma Mexicana, NMX-F-075-1987.
- Determinación de índice de acidez, Norma AOAC, 972.28 (1985).
- Determinación de índice de saponificación, Norma AOAC, 920.160 (1920).
- Determinación del índice de refracción, Norma AOAC, 921.08 (1921).

### **La densidad relativa.**

La densidad de los aceites esenciales, se determinó a temperatura ambiente empleando un picnómetro. Inicialmente se pondrá el picnómetro previamente limpio y seco en una balanza analítica; seguidamente, se adiciono agua destilada y se pesó nuevamente. Cabe mencionar, que el volumen del picnómetro que se utilizo estuvo estandarizado. Seguidamente, se pesará el aceite esencial, con el picnómetro previamente secado en una estufa y con los datos obtenidos, se determinó la densidad relativa de la esencia. Este procedimiento se realizó por triplicado para cada uno de los aceites esenciales aislados por destilación con vapor de agua. La densidad relativa del aceite esencial se determinó según Norma Mexicana, NMX-F-075-1987.

### **El índice de acidez.**

Es el número de miligramos de hidróxido de potasio que se requerirán para neutralizar los ácidos libres que existen en un gramo del producto. En un matraz de 100 – 200 mL. Se pesó 2 + 0.05 g. de la muestra, luego se adicionará con una pipeta 5 mL de alcohol etílico (95% v/v a 20°C) y 5 gotas de fenolftaleína, posterior mente se neutraliza la disolución con hidróxido de potasio 0,1 N; hasta la aparición de coloración rosado intenso la cual persista por algunos segundos, considerando esta formación como el punto final de la valoración. Según Norma AOAC, 972.28 (1985).

### **Índice de saponificación.**

Es la cantidad de hidróxido de potasio expresado en miligramos, necesario para saponificar un gramo de aceite. En un matraz Erlenmeyer de 100 – 200 mL. Se pesó 4 g – 5 g, luego agregue 50 mL de la potasa (KOH) alcohólica, lleve a ebullición lenta pero

constante hasta que esté completamente saponificada, después se enfría, pero no lo suficiente como para formar un gel, agregue 1 mL de fenolftaleína y luego titule con la solución 0.5 N de HCL. El índice de saponificación del aceite esencial se denominará según Norma AOAC, 920.160 (1920).

### **Índice de refracción.**

El refractómetro ABBE, mide la viscosidad de un fluido con una densidad conocida. Este se determinó a una temperatura constante, la temperatura de referencia es de 20°C, el índice del aceite esencial se determinó según la Norma AOAC, 921.08 (1921), utilizando el refractómetro ABBE.

### **3.2.3.2 Determinación de la composición química por cromatografía de gases.**

El aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*), fueron sometidos a un análisis por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas para poder determinar la composición química del aceite esencial. Este análisis se realizó en el Laboratorio de Cromatografía y Espectrofotometría de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Condiciones de análisis cromatografico para el aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*):

- Equipo: Cromatógrafo de gases Agilent 6890N con detector espectrómetro de masas Agilent 5975B.
- Columna: Agilent HP-5MS 5% Fenil Metil Siloxano. 325 °C: 30 m x 0.25 mm x 0.5 µm.
- Rampa de temperatura: Empieza con 60 °C y sube 280 °C.
- Tiempo de corrida: 36 min.
- Volumen de inyección: 0.1 µL.
- Split: 100:1
- Gas portador: Helio 1 mL/min

- Muestra inyectada: puro

### **3.2.4 Aplicar y ver la efectividad del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*) como insecticida.**

Para poder aplicar y ver el efecto del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*) como insecticida, se tuvo que escoger un cultivo en el cual se pueda probar la eficacia de dicho aceite como insecticida, llevándolo al campo de cultivo para su aplicación y ver la efectividad como insecticida.

Se escogió la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) por ser perteneciente a la misma familia que el paico (*Chenopodium Ambrosioides*) para probar la efectividad del aceite esencial como insecticida. Debido a que este cultivo es atacado por una gran variedad de insectos a lo largo de su maduración.

#### **Concentración y datos.**

Teniendo como referencia a Quispe (2015) con las concentraciones disueltas de 1%, 2% y 3% en 500 mL, este trabajo de investigación se realizó con las mismas concentraciones de 1 %, 2 % y 3 % del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*) disuelto en 1 000 mL de agua.

#### **Aplicación.**

Para la aplicación del aceite esencial de paico como insecticida se tomó la decisión de aplicar en la temporada de floración cuando inician pequeños veranillos con el fin de eliminar la presencia de pulgones (*Macrosiphum euphorbiae*). También se recortó parte de la planta infectada con pulgones los cuales se depositaron en frascos y poder observar más de cerca el efecto insecticida del aceite esencial.

### **3.3 Lugar de Ejecución**

La extracción del aceite esencial se realizó en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

- Coordenada geográfica: 15,8231 °S; 70,0185 °W.
- Altura: 3837 m.s.n.m.

La determinación del efecto insecticida del aceite esencial se realizó en el distrito de San José provincia de Azángaro.

- Coordenada geográfica: 0376537 Este, 8370927 Norte
- Altura: 3983 m.s.n.m.

### 3.4 Diseño experimental.

El estudio de porcentaje del aceite esencial y la variación relativa de las propiedades físico-químicas del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*), se realizaron con repeticiones en cada tratamiento. Las variables y niveles a utilizar son las que se indican a continuación:

- Variable independiente.  
A: Tiempo de extracción del aceite esencial.  
B: Cantidad de masa de la materia vegetal.
- Variable dependiente.  
Porcentaje de rendimiento del aceite esencial.

Para realizar las pruebas experimentales, se empleó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2x2, con 3 repeticiones, obteniendo un total de 12 tratamientos (2x2x3).

Diseño estadístico:

$$Y_{ij} = u + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ij}$$

Dónde:

Y: Variable de respuesta de la i, j – esima unidad de muestra experimental.

u: Efecto de la materia global.

A: Efecto del i – esimo especie de la planta.

B: Efecto del j – esimo cantidad de masa de la planta (masa).

AB ij: Efecto de la interacción localidad de variable de planta – cantidad de masa de la planta.

E ij: Efecto de error experimental.

Los datos obtenidos son analizados posteriormente con el análisis de varianza (ANOVA) desarrollado para determinar la existencia de diferencias en el porcentaje de rendimiento de los aceites esencial extraídos, con respecto a las variables independientes.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1 Resultado de la extracción de aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*) por arrastre de vapor saturado.

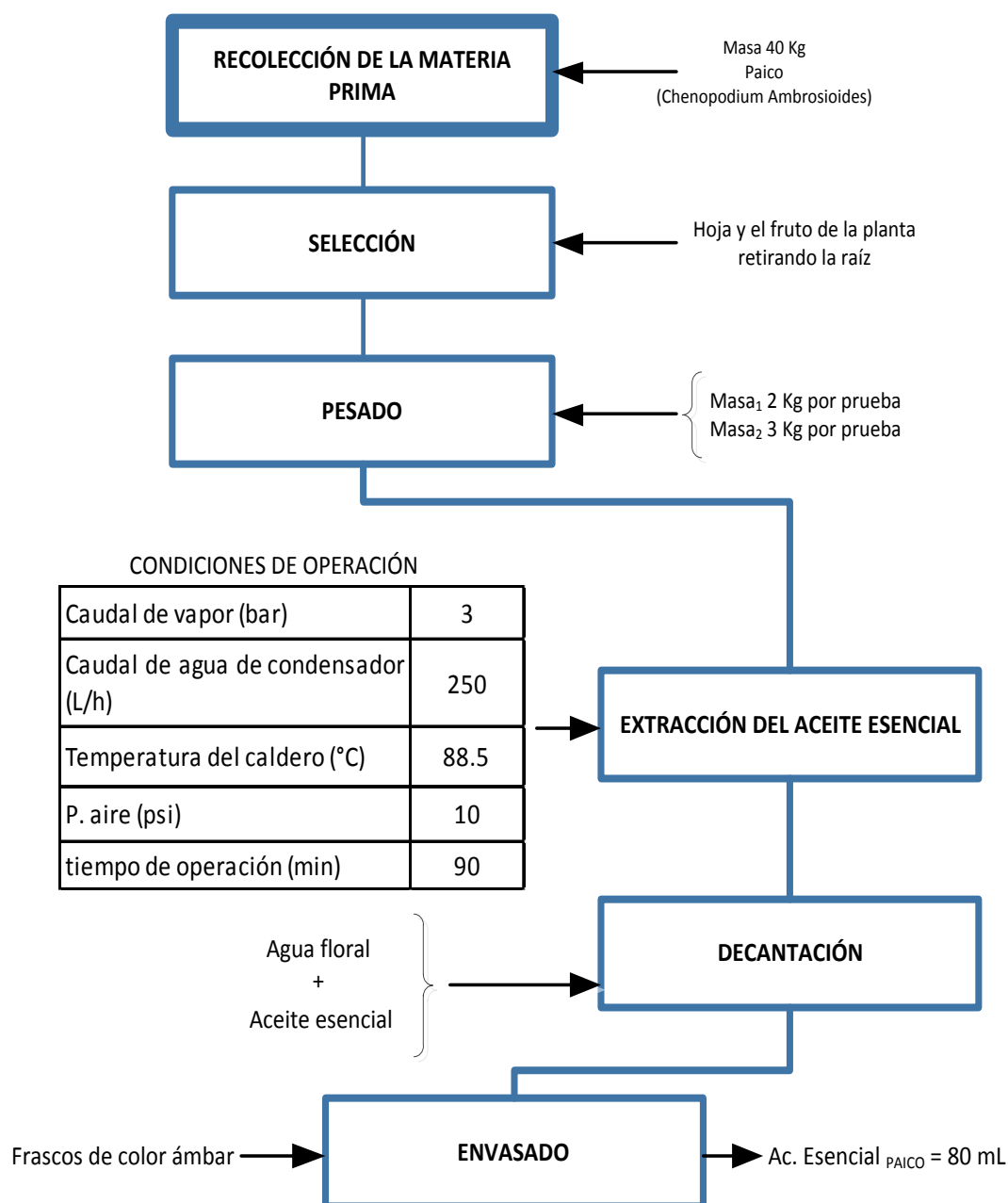


Figura 8: Diagrama de flujo del proceso de extracción por arrastre de vapor.

Los datos obtenidos de los parámetros controlados de la extracción de aceite esencial de las temperaturas en las termocúplas ubicadas en el equipo y presión. ANEXO A.

Tabla 8: Condiciones de operación en la extracción por arrastre de vapor saturado del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*) para 2 Kg.

Tiempo de operación del equipo (min)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	Presión de vapor (bar)
90	88,2	15,6	31,7	16,4	3.0

Dónde:

La termocupla T1 se encuentra en la cámara de extracción, esta indica que se trabajó a 88,2 °C.

La termocupla T2 está en la entrada de agua potable al intercambiador de calor, con una temperatura de 15,6 °C.

La termocupla T3 está en la salida de agua potable del intercambiador de calor, con una temperatura de 31,7 °C.

La termocupla T4 indica la temperatura con la que sale el AGUA FLORAL + ACEITE ESENCIAL, siendo la temperatura de 16,4 °C.

Tabla 9: Condiciones de operación en la extracción por arrastre de vapor saturado del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*) para 3 Kg.

Tiempo de operación del equipo (min)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	Presión de vapor (bar)
90	88,3	15,8	29,5	17,9	3.0



Dónde:

La termocupla T1 se encuentra en la cámara de extracción, esta indica que se trabajó a 88,3 °C.

La termocupla T2 está en la entrada de agua potable al intercambiador de calor, con una temperatura de 15,8 °C.

La termocupla T3 está en la salida de agua potable del intercambiador de calor, con una temperatura de 29,5 °C.

La termocupla T4 indica la temperatura con la que sale el AGUA FLORAL + ACEITE ESENCIAL, siendo la temperatura de 17,9 °C.

## 4.2 Resultados del tiempo de trabajo y el rendimiento de obtención de aceite esencial de paico.

### 4.2.1 Resultados de la influencia del tiempo en la extracción.

Tabla 10: Resultados de la influencia de tiempo en la extracción de aceite esencial de paico.

Tiempo (min)	Para 2 Kg de paico		Para 3 Kg de paico	
	Aceite esencial (mL)	Presión de vapor (bar)	Aceite esencial (mL)	Presión de vapor (bar)
0	0	2	0	2,1
15	1,00	2,3	1,35	2,3
30	1,63	2,6	2,58	2,5
45	2,10	2,8	3,02	2,7
60	2,49	2,9	4,455	2,8
75	0,53	3	1,025	2,9
90	0,50	3	0,82	3
120	0	3	0	3,1
<b>total</b>	8,25		13,25	

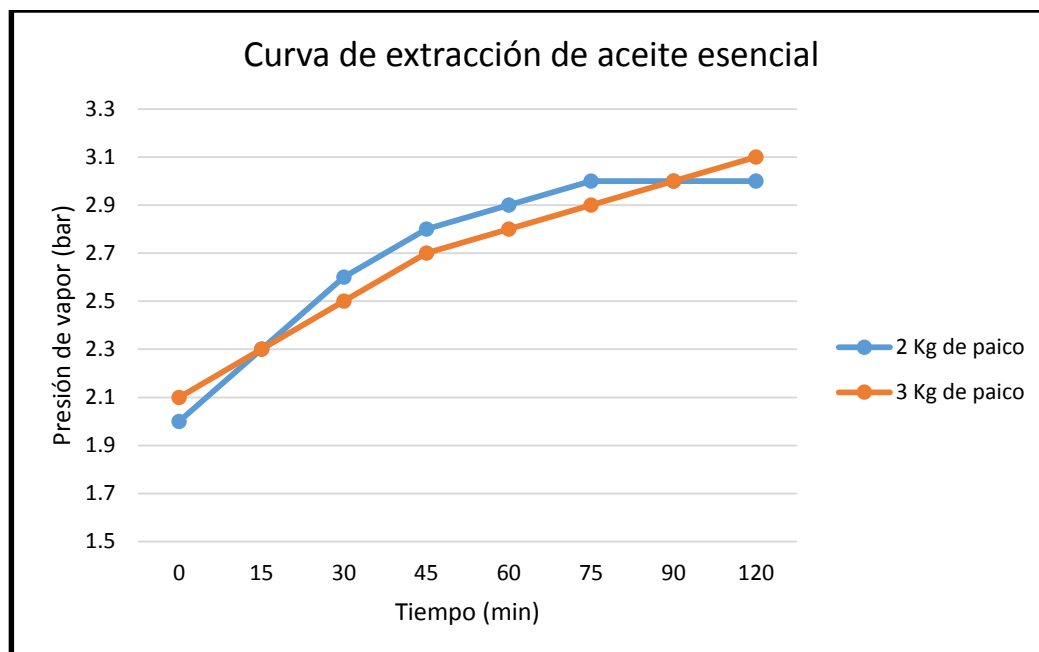


Figura 9: Curva de extracción del aceite esencial, presión vapor saturado (bar) en función al tiempo (min).

Pasado los 15 minutos se inicia a juntarse en el florentino el aceite esencial, llegado los 60 minutos se observa que es donde hay mayor extracción de aceite y finalmente pasado los 90 minutos finaliza la extracción ya solo habiendo reflujo de esta misma. Se observa que el tiempo máximo de extracción de aceite esencial es de 90 minutos, esto será de utilidad ya que se ahorra energía al momento de trabajar seguidamente.

#### 4.2.2 Resultados del rendimiento del aceite esencial obtenido.

Primera prueba de 2 Kilogramos de la planta entera de la especie *Chenopodium Ambrosioides* extraídas durante un tiempo de 90 min, se obtuvo 8,25 g de aceite esencial equivalente a un rendimiento del 0,4125 % peso a peso (P/P).

Segunda prueba de 2 Kilogramos de la planta entera de la especie *Chenopodium Ambrosioides* extraídas durante un tiempo de 90 min, se obtuvo 9,10 g de aceite esencial equivalente a un rendimiento del 0,455 % peso a peso (P/P).

Tercera prueba de 2 Kilogramos de la planta entera de la especie *Chenopodium Ambrosioides* extraídas durante un tiempo de 90 min, se obtuvo 8.50 g de aceite esencial equivalente a un rendimiento del 0,425 % peso a peso (P/P).

Primera prueba de 3 Kilogramos de la planta entera de la especie *Chenopodium Ambrosioides* extraídas durante un tiempo de 90 min, se obtuvo 13.25 g de aceite esencial equivalente a un rendimiento del 0,4417 % peso a peso (P/P).

Segunda prueba de 3 Kilogramos de la planta entera de la especie *Chenopodium Ambrosioides* extraídas durante un tiempo de 90 min, se obtuvo 12.90 g de aceite esencial equivalente a un rendimiento del 0,430 % peso a peso (P/P).

Tercera prueba de 3 Kilogramos de la planta entera de la especie *Chenopodium Ambrosioides* extraídas durante un tiempo de 90 min, se obtuvo 13.08 g de aceite esencial equivalente a un rendimiento del 0,436 % peso a peso (P/P).

En la siguiente tabla se muestran los resultados generales del rendimiento del aceite esencial de la materia prima que se estudió *Chenopodium Ambrosioides*. Para las dos masas usadas.

Según al diseño experimental planteado se realizaron 06 tratamientos de cada uno cada uno de ellos con dos repeticiones, obteniendo un total de 12 datos experimentales.

Tabla 11: Resultados del rendimiento en (%) de aceite esencial con las masas de 2 y 3 Kg respectivamente de la especie *Chenopodium Ambrosioides*.

Repeticiones		Repeticion 1 (%)	Repeticion 2 (%)
<b>A1</b>	<b>B1</b>	0,4125	0,4560
		0,4550	0,4110
		0,4250	0,4360
	<b>B2</b>	0,4417	0,4053
		0,4300	0,4293
		0,4360	0,4370

A1: Especie de la planta (*Chenopodium Ambrosioides*); B1: Masa 1 (2 Kg); B2: Masa (3 Kg).

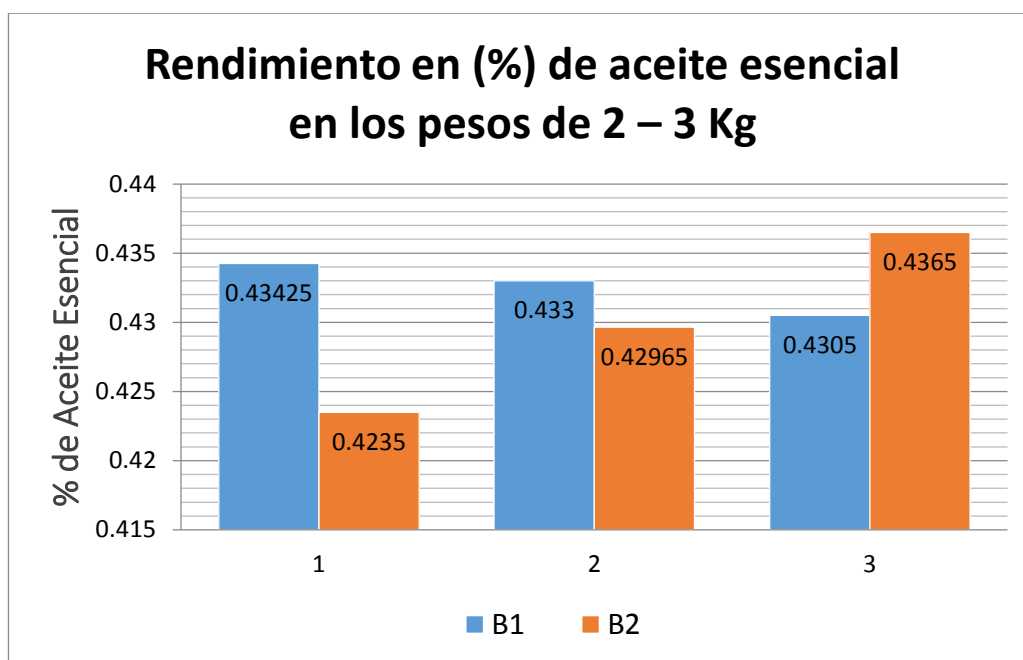


Figura 10: Comparación del rendimiento de aceite esencial en la extracción (resultado promedio) B1 (masa 2 Kg), B1 (masa 3 Kg).

El rendimiento de aceite esencial de *Chenopodium Ambrosioides* más alto para el peso de 2 Kg fue de 0,4560 %, por otro lado, para el peso de 3 Kg fue de 0,4417 %. Por lo contrario, los rendimientos más bajos fueron 0,4110 – 0,4053 para 2 – 3 Kg respectivamente.

Los resultados del rendimiento de la investigación de León (2009), el cual utilizó la materia prima en su estado más fresco obtuvo un rendimiento de 0,35 % y 0,66 %, y comparando con la investigación con materia prima casi seca se obtuvo resultados de 0,456 % las cuales comparándolas con mis resultados están en el promedio de rendimientos de extracción. Teniendo por concluido que fue un buen rendimiento obtenido dado que la materia prima utilizada no estaba tan fresca.

Mientras tanto Casanova (2016), obtuvo un rendimiento de 0,066 en base a 150 g de muestra y comparándolo con la muestra extraída sería de 0,034 en base a 150 g. Suponiendo que fueron extraídas en diferentes condiciones se puede ver que comparándolas se obtuvo poco rendimiento debido a que utilizó una materia prima más consistente.

Tomando en cuenta lo dicho por Moreno et al. (2010), buscar en todo momento aumentar los rendimientos y disminuir gastos. Podemos decir que el rendimiento de

obtención de aceite esencial de eucalipto es rentable debido a que utilizado este método se tiene un rendimiento alto para la cantidad de materia que se usó. Comparado con el paico que es menor el rendimiento.

#### 4.2.3 Análisis de varianza.

Para el análisis de los datos se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) de 02 factores (A: Factor de tiempo, B: Factor de cantidad). Para el análisis se contrastaron los resultados de las muestras que se ven influenciadas por la variación de estos factores, se analizó la acción simultánea de los tres factores sobre una variable respuesta.

Tabla 12: Datos para el análisis de varianza.

A Tiempo (min)	80 – 90 min
B Cantidad (g)	2 000 – 3 000 g

A: Factor de tiempo, B: Factor cantidad.

Los resultados presentados en la siguiente tabla, corresponden al rendimiento del aceite esencial obtenido en cada uno de los tratamientos realizados.

Tabla 13: Datos para el diseño factorial en el proceso de extracción del aceite esencial.

	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Cantidad (g)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>R1</b>	80	2 000	0.4125
	90	2 000	0.455
	90	3 000	0.4417
	80	3 000	0.43
<b>R2</b>	80	2 000	0.425
	90	2 000	0.456
	90	3 000	0.436
	80	3 000	0.4053
<b>R3</b>	80	2 000	0.411
	90	2 000	0.436
	90	3 000	0.4293
	80	3 000	0.437

Dónde: R1 repetición 1, R2 repetición 2, R3 repetición 3.

En la tabla 13 se observa los datos de la aplicación del aceite esencial de paico, se realizaron 3 repeticiones, con un intervalo de tiempo de 80 – 90 min y cantidades de 2 000 – 3 000 g dando como resultado el porcentaje de rendimiento del aceite esencial.

### **Análisis de Varianza para Rendimiento**

Los datos obtenidos en la aplicación del aceite esencial, fueron analizados con el análisis de varianza (ANOVA) para determinar la relación que existe entre el rendimiento con el tiempo y cantidad de la extracción.

Tabla 14: Análisis de varianza para rendimiento – Extracción de aceite esencial.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Tiempo	0.00147852	1	0.00147852	9.67	0.0209
B: Cantidad	0.00002187	1	0.00002187	0.14	0.7183
AB	0.000339203	1	0.000339203	2.22	0.1870
Bloques	0.0000864517	2	0.0000432258	0.28	0.7633
Error total	0.000917422	6	0.000152904		
Total (corr.)	0.00284347	11			

Fuente: Análisis de varianza calculada por el programa statgraphics centurión XI.

R-cuadrada = 67.7358 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 40.849 por ciento

Error estándar del est. = 0.0123654

Error absoluto medio = 0.00686389

Estadístico Durbin-Watson = 1.40333 (P=0.0719)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.133623

### El StatAdvisor

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de Rendimiento en piezas separadas para cada uno de los efectos. entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 1 efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%. El valor-P con respecto al tiempo será de 0.0209.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 67.7358% de la variabilidad en Rendimiento. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 40.849%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los

residuos es 0.0123654. El error medio absoluto (MAE) de 0.00686389 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%.

### **Coefficiente de regresión y modelo matemático.**

Tabla 15: Coeficiente de regresión para rendimiento – extracción de aceite esencial.

Coeficiente	Estimado
Constante	-0.202633
A:Tiempo	0.00753667
B:Cantidad	0.000178067
AB	-0.00000212667

Fuente: Análisis de varianza calculada por el programa statgraphics centurión XI.

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Rendimiento} = -0.202633 + 0.00753667 * \text{Tiempo} + 0.000178067 * \text{Cantidad} - 0.00000212667 * \text{Tiempo} * \text{Cantidad}$$

En donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales. Para hacer que STATGRAPHICS evalúe esta función, seleccione Predicciones de la lista de Opciones Tabulares. Para graficar la función, seleccione Gráficas de Respuesta de la lista de Opciones Gráficas.

### **Optimización de respuesta.**

Optimizar Respuesta

Meta: Maximizar Rendimiento

Valor óptimo = **0.449**



Tabla 16: Valores óptimos de extracción de aceite esencial.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Tiempo	80.0	90.0	<b>90.0</b>
Cantidad	2000.0	3000.0	<b>2000.0</b>

Fuente: Análisis de varianza calculada por el programa statgraphics centurión XI.

### El StatAdvisor

Esta tabla muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza Rendimiento sobre la región indicada.

### Diagrama de Pareto

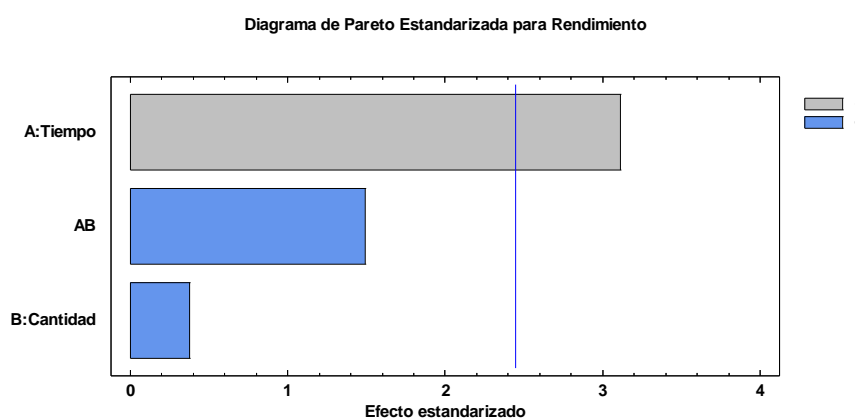


Figura 11: Diagrama de Pareto estandarizada para rendimiento.

A través del diagrama de Pareto se observa la influencia de los factores sobre el aceite esencial extraído. AB indica para este caso a mayor tiempo habrá una pérdida debido a que durante el proceso de extracción hay recirculación en el equipo.

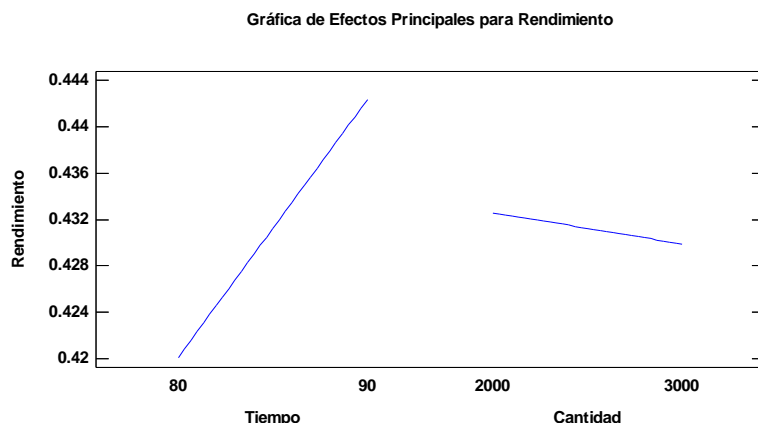


Figura 12: Efectos principales para rendimientos.

Según el gráfico de efectos principales del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*), nos indica que a menor cantidad mejor rendimiento de extracción de aceite esencial y que a mayor tiempo aumenta el rendimiento de extracción.

**Superficie de respuesta**

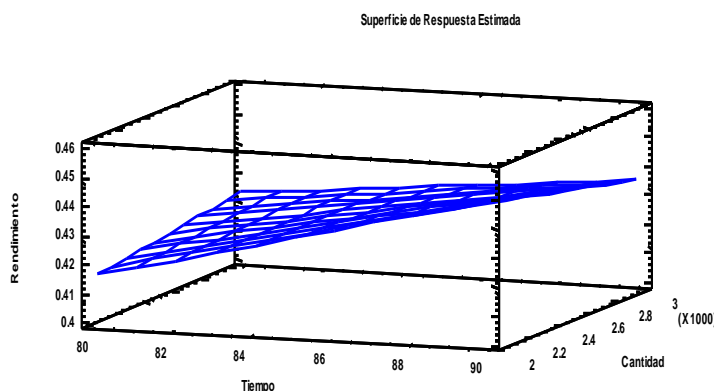


Figura 13: Superficie de respuesta.

En la figura se muestra el grafico de superficie de respuesta, donde el valor óptimo de tiempo de extracción de 90 min y cantidad de 2000 g al ser remplazado en la ecuación del modelo ajustado nos da un 0.449 % de rendimiento.

### 4.3 Resultado de las características fisicoquímicas del aceite esencial de paico.

#### 4.3.1 Caracterización del aceite esencial.

Tabla 17: Características organolépticas del aceite esencial de paico (*Chenopodium ambrosioides*)

Variable	Características organolépticas
<b>Color</b>	Ligeramente verdoso
<b>Olor</b>	Fuerte desagradable
<b>Sabor</b>	Amargo
<b>Aspecto</b>	Viscoso
<b>Textura</b>	Semi aceitosa

Los resultados presentados, corresponden al análisis realizado al aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*) por arrastre de vapor saturado, estos análisis fueron realizados de acuerdo a los procedimientos indicados en las normativas usadas, llevados a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco para realizar su respectivo análisis y así certificar los resultados. **ANEXO B.**

Tabla 18: Resultados del análisis físico-químico del aceite esencial de paico.

Análisis físico-químicos				
	Densidad g/mL 17.3 °C	Índice de saponificación mg KOH/g	Índice de refracción 20 °C	Índice de acidez %
<b>B1</b>	0,930	16,01	1,410	1,74

Fuente: Análisis realizados en Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

La densidad relativa y el índice de refracción que se obtuvieron del aceite esencial de Paico (*Chenopodium Ambrosioides*) es de 0,930 y 1,410 comparándola con la investigación realiza por León (2009) de “Estudió de la Extracción y Determinación de la Composición del Aceite Esencial de Paico (*Chenopodium Ambrosioides L.*)”, es de 0,8923 y 1,472; con respecto a la densidad relativa nos indica que si existe diferencia y seguramente se debe a las diferentes condiciones de trabajo a las que fueron sometidas para determinar su densidad relativa, por lo contrario el índice de refracción demuestra

que casi no hubo diferencia ya que el índice de refracción es casi específico (Garcés y Reyes. 1997).

Los resultados registrados en la investigación de (Casanova, Renjifo; 2016) determinaron que la densidad fue de 0.7561 g/mL y índice de refracción 1,477, comparando densidad con la que nosotros obtuvimos se ve una gran diferencia debido a la temperatura que se trabajaron, mientras tanto el índice de refracción demuestra nuevamente que no hay mucha diferencia.

#### **4.3.2 Determinación de la composición química por cromatografía de gases**

Los resultados del análisis del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*) por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas, fueron obtenidos en el Laboratorio de Cromatografía y Espectrofotometría de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, análisis certificado. **ANEXO B.**

Tabla 19: Resultados del análisis por cromatografía de gases acoplado a espectrofotometría de masas de aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*)

Pico	Tiempo de retención (min)	Compuesto Librería Nist 11	Cas	Qual	Contenido Relativo %
1	6.0834	(+)-4-Carene	029050-33-7	97	1.149
2	6.3118	3-Carene	013466-78-9	95	0.5781
3	6.4894	(+)-4-Carene	029050-33-7	96	15.1705
4	6.705	Benzene, 1 -methyl-3-( 1 -methylethyl)-	000535-77-3	95	19.2316
5	6.7811	.beta.-Phellandrene	000555-10-2	87	0.5588
6	7.4619	.gamma.-Terpinene	000099-85-4	97	1.317
7	12.5617	Bicyclo[2.2.1 ]hept-2-ene, 1,7,7-trimethyl	000464-17-5	90	47.4584
8	12.8239	Cyclopropane, 1,1-diethyl-	001003-19-6	46	0.4536
9	12.9042	7-Oxabicyclo[4.1.0]heptan-2-one, 3-methyl-6-(1- methylethyl)-	005729-99-7	55	1.0705
10	13.7838	Thymol	000089-83-8	94	0.3961
11	14.0502	Phenol, 2-ethyl-4,5-dimethyl-	002219-78-5	90	0.5874
12	14.2235	1,3-Cyclohexanediamine	003385-21-5	38	1.4797
13	15.7247	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	000141-12-8	90	0.2388
14	17.8221	Benzene, 1-ethenyl-3-methyl-	000100-80-1	62	0.7189
15	19.9829	Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1 -(1 -methylethyl)-, [1S-(1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)]-	000523-47-7	96	0.301
16	20.6342	Cyclohexanemethanol, 4-ethenyl-.alpha., .alpha. ,4-trimethyl-3-( 1 -methylethenyl)-,[1 R-(1.alpha.,3.alpha.,4.beta.)]-	000639-99-6	91	0.3399
17	21.3276	(-)-.beta.-Bourbonene	005208-59-3	47	0.8947
18	22.9303	.tau.-Muurolol	019912-62-0	98	0.4985
19	23.2348	.alpha.-Cadinol	000481-34-5	96	0.6169
20	24.1693	Furan, 2,3-dihydro-4-methyl-	034314-83-5	35	6.9405

Fuente: Análisis realizado en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Viendo los resultados obtenidos en el cromatógrafo de gas podemos ver que los componentes en mayor cantidad encontrados en el aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*) fueron los siguientes:

- Bicyclo[2.2.1]hept-2-ene, 1,7,7-trimethyl, también conocido como (bornileno).

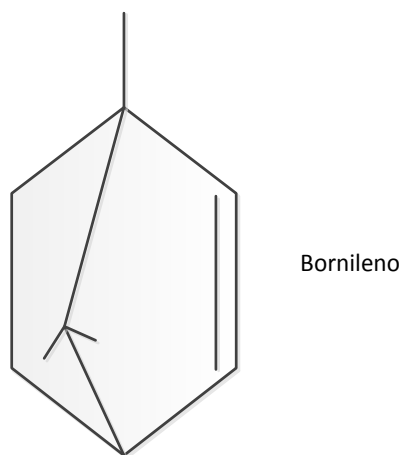


Figura 14: Estructura del bornylene.

Fuente: Lock (1994).

- Benzene, 1 -methyl-3-( 1 -methylethyl)-, también conocido como (m-cimeno).

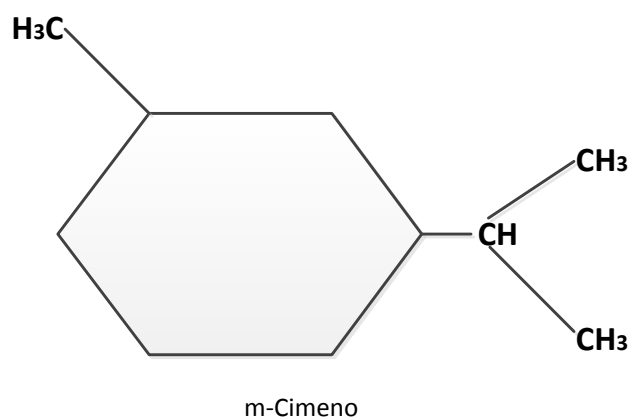


Figura 15: Estructura del m-cymene

Fuente: Klages (2005).

- (+)-4-Carene, también conocido como ( $\delta$  - carene).

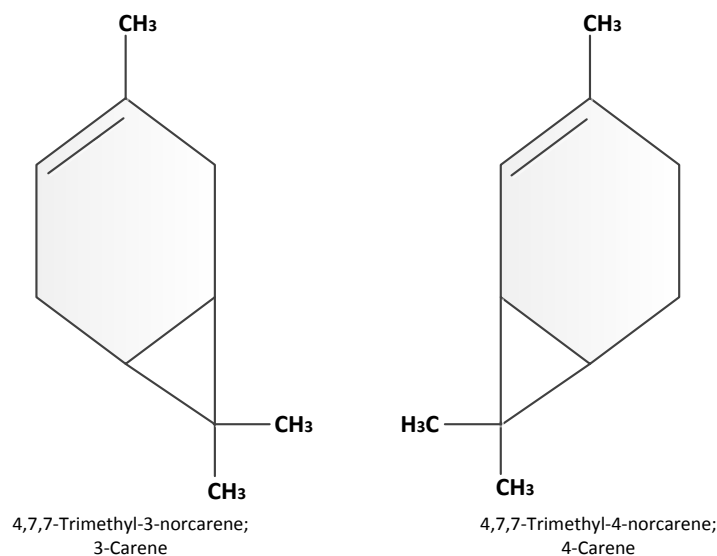


Figura 16: Estructura de 4-carene y 3-carene.

Fuente: Ashutosh (2003).

Los extractos de diferentes especies de plantas son en su mayoría aromáticas, así como lo es el ascaridol un monoterpene que se presenta en otros análisis cromatográficos (León, 2009). (Lock, 1994) nos dice que el bornileno es un monoterpene. Según (Klages, 2005) m-cimeno es considerado un hidrocarburo aromático y (Ashutosh, 2003) nos menciona que por la estructura que tiene el 4-carene y 3-carene son monoterpenos los cuales han probado tener actividad insecticida y viendo que el aceite esencial de paico contiene buena cantidad de ellos puede tener efecto insecticida en el control de plagas, debido a que son antibacteriales.

Comparando de los resultados con la investigación de Torres et al. (2003) se tiene similitud en dos componentes del aceite los cuales fueron (3-carene y thymol). Siendo el thymol el más común entre todos los análisis de cromatografía del aceite esencial de paico León (2009).

#### 4.4 Resultado de la aplicación del aceite esencial de paico como insecticida.

Tabla 20: Datos de la aplicación del aceite esencial de paico como insecticida.

Concentración %	Tiempo (h)	Mortandad (%)
1	12	35
	24	40
2	12	40
	24	55
3	12	50
	24	70

Teniendo en cuenta lo dichos por Orozco (2016), que tuvo una mortandad de 100 % con una alta concentración de 5% de uso del aceite esencial y comparando con lo que se obtuvo del uso del aceite al 1%, 2% y 3% con mortandad en 24 h de 40%, 55% y 70% respectivamente se podría decir que son buenos resultados para ser concentraciones menores que se utilizaron para esta prueba de efectividad del aceite esencial.

Por otro lado, Quispe (2015), que utilizó un insecticida a base de aceite esencial de eucalipto para eliminar pulgones con concentraciones de 1%, 2%, y 3% teniendo una mortandad promedio de 95,06% en 24 horas y comparando con la mortandad promedio de 55% en 24 horas del aceite esencial de paico podríamos decir que es menor porque el eucalipto contiene compuestos con mayor efecto insecticida.

La actividad insecticida se logró por los monoterpenos, debido a su actividad fitotóxica, que también representan un gran potencial como bioherbicidas, ya que permiten el desarrollo de nuevos pesticidas seguros y ecocompatibles (Martino et al., 2010).



## V. CONCLUSIONES

- Los valores óptimos de trabajo para lograr una buena extracción de aceite esencial de la planta *Chenopodium ambrosioides* (paico) por el proceso de extracción por arrastre de vapor saturado fueron: tiempo máximo de 90 minutos con una presión de vapor de 3 bar.
- El porcentaje de rendimiento del aceite esencial de la planta *Chenopodium ambrosioides* es de 0.449 % con 2 Kg de materia prima sabiendo que el tiempo óptimo de trabajo será de 90 minutos ya que al exceder este tiempo no hay extracción si no pérdida debido a la recirculación que tiene el florentador con la cámara de extracción del equipo de extracción por arrastre con vapor del laboratorio de operaciones y procesos unitarios de la facultad de Ingeniería Química. Teniendo también que el rendimiento de la extracción mejora trabajando con una menor cantidad de materia prima.
- La caracterización fisicoquímica del aceite esencial de *Chenopodium Ambrosioides* (Paico), extraídos por arrastre de vapor saturado determino los siguientes resultados densidad (0,930 g/mL a 17.3°C), índice de refracción (1,410 a 20°C), índice de saponificación (16,01 mg KHO/g), índice de acides (1,47%) y con componentes mayoritarios obtenidos por análisis de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas son; Bornileno (45,45%), m-cimeno (19,23%), y  $\delta$ -carene (15,17%).
- La aplicación del aceite esencial para verificar su efectividad como insecticida determinó que tiene efecto por ingestión al eliminar el pulgón (*Macrosiphum euphorbiae*) del cultivo de quinua con el porcentaje de mortandad de 40%, 55% y 70% en concentraciones de 1 %, 2% y 3% respectivamente en un tiempo de 24 horas.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los futuros investigadores de la Facultad de Ingeniería Química considerar otro tipo de extracción con disolventes, ya que en el proceso de extracción la muestra representativa, hubo pérdidas debido a la alta volatilidad de los compuestos presente en el aceite esencial de paico.
- Se recomienda a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Química que, al utilizar el equipo de extracción de aceites esenciales por arrastre de vapor controlar el tiempo en el que se extrae, porque pasado su tiempo óptimo de extracción se tienen pérdidas debido al reflujo con el que funciona este equipo.
- Se recomienda a los estudiantes de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, que para poder realizar una buena extracción del aceite esencial de paico se debe recolectar la materia prima y mantenerla fresca para tener un buen rendimiento en el proceso de extracción.
- Se recomienda a los agricultores promover el uso de insecticida de aceite esencial de paico debido a que tienen una buena efectividad con la mortandad de plagas que atacan los cultivos y por ser un insecticida a partir de una planta que crece como un pasto natural en la región y toda la sierra peruana.

## VII. REFERENCIAS

- Araujo C. Franchesco (2018). Parámetros de extracción de aceite esencial de albahaca (*ocimum basilicum* l.) Por arrastre de vapor.
- Ashutosh, kar (2003). Pharmacognosy and pharmacobiotechnology. Pag 305.
- Baldeón Ordoñez, Ximena (2011). Actividad insecticida de los aceites esenciales de tagetes minuta, tagetes termiflora y tagetes zipoquiresis sobre *premnortypes vorax*.
- Bandoni, Arnoldo (2000). Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica. Argentina. Editorial Universidad Nacional de la Plata.
- BioPat Perú (2015). Comisión nacional contra la biopiratería. Año 1, N° 11. Tema: Paico.
- Blanckaert I, Paredes-Flores M, Espinosa F, Piñero D, Lira R (2012). Ethnobotanical, morphological, phytochemical and molecular evidence for the incipient domestication of Epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.: Chenopodiaceae) in a semi-arid region of Mexico. *Genet Resour Crop Evol.* 59:557-573.
- Casanova Godoy, Rengifo becerra, (2016). Características fisicoquímicas y efecto del aceite esencial de hojas de *Chenopodium Ambrosioides* y determinación del porcentaje relativo de sus componentes hidrogenados e hidrocarbonados.
- Condori, Dery (2019). Rendimiento y caracterización fisicoquímica del aceite esencial de (*coriandrum sativum*) cilantro extraído por arrastre de vapor en un equipo modular.
- De la Torre, L., y Navarrete, H. (2008). Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador. Quito: Herbario Nacional QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la PUCE.
- Diaz Arcos Jhon M. y Martínez Chuquillanqui Jesús D. (2013). “Cantidad y calidad de aceites esenciales en hojas de cuatro especies del género *Eucalytus* - El Mantaro”. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Huancayo. Perú.
- Elherbolario (2018). <http://elherbolario.com/aromaterapia/item/1151-aguas-florales-o-hidrolatos>.

- Estrada, et al. (2012). Estudio de la eficacia del “paico” (*Chenopodium ambrosioides*) como antihelmíntico, en especímenes silvestres mantenidos en cautiverio en el hogar de paso de fauna silvestre de la Universidad de la Amazonía. Universidad de la Amazonía. Grupo De Investigación en fauna silvestre y semillero de investigación en fauna silvestre – Ankoré.
- Flores Q. Esther, Velasco A. Patricia, Hiraola S. Pablo y Giménez T. Alberto (1999). “Aceites Esenciales con actividad cito tóxica como indicador de propiedades insecticidas”. Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas, Universidad Mayor de San Andrés Instituto de Investigaciones Fármaco Bioquímicas IIFB en el Área temática de Química Farmacéutica – La Paz Bolivia.
- Garcés, I., y Reyes, J. (1997). Correlación generalizada para predecir el índice de refracción en soluciones salinas naturales. Información Tecnológica, 190.
- Gómez (2008). Epazote (*Chenopodium Ambrosioides*). Revisión a sus características morfológicas, actividad farmacológica, y biogénesis de su principal principio activo, ascaridol boletín latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas, Universidad de Santiago de Chile Santiago, Chile, Vol. 7, Núm. 1, Pp. 39.
- Guenther Ernest (1942). The essential Oils. Volumen 1. Editorial New York.
- Günther, E. (1948). The Essential Oils. Vol. 1, Vol. 3: History and origin in Plants Production Analysis. Krieger Publishing: New York, USA.
- Gupta, M. (1995). 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Santafé de Bogotá: Editorial Presencia Ltda.
- Huayhua Carlos Marina Lucia y Moya Torres Gliseth Hipatia (2018). “Extracción, purificación y caracterización fisicoquímica de los compuestos volátiles del *Tecoma fulva* (arequipensis)”. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de Ciencias Naturales y Formales. Escuela Profesional de Química. Arequipa. Perú.
- Jaramillo C, Duarte (2012). Bioactividad del aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* colombiano Revista Cubana de Plantas Medicinales; 17(1)54-64.

- Jena (1876). Manual de todo médico-farmacéutica plantas.
- Klages, Federico (2005). Tratado de química orgánica – Tomo 1 (1<sup>ra</sup>. Parte). Química orgánica sistemática.
- León (2009). Estudio De la extracción y determinación de la composición química del aceite esencial de paico (*Chenopodium ambrosioides* L.), Universidad Nacional del Callao, Vicerrectorado de Investigación Editorial Universitaria, ISSN N°2070-089X, Volumen 12 N°1.
- Loayza N. (1998). “Extracción de aceite esencial de eucalipto con fines farmacéuticos” Tesis de titulación. Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco. Cusco. Perú.
- Lock de Ugaz, Olga (1994). Investigación fitoquímica – Metodos en el Estudio de Productos naturales. Pag 31.
- Martino, I.; Mancicni, E.; Almeida, L.; Feo, V. (2010). The antigerminative activity of twenty-seven monoterpenes. *Molecules*. 15, 6630-6637.
- McKey D., Elias M., Pujol B., Duputié A. (2010). The evolutionary ecology of clonally propagated domesticated plants. *New Phytol*. 186: 318-332.
- Miranda, M. (2002). *Farmacognosia y Productos Naturales*. Habana: Editorial Félix Varela.
- Moreno Jeancarlos, López Gabriel y Siche Raúl (2010). “Modelación y optimización del proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto” 100 en la Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Scientia Agropecuaria, Trujillo – Perú.
- Morocco Quispe, Sively (2017). Caracterización micro-histologica físico y químico del aceite esencial de las hojas de matico, extraído por arrastre de vapor en un equipo modulador.
- Orozco, Mario (2016). Actividad insecticida y antixenótica del aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* L. (*Chenopodiaceae*) silvestre sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (*Coleoptera*, *Curculionidae*).

- Peruecologico (2003). <http://www.peruecologico.com.pe/libro.htm>.
- Pickersgill B. (2007) Domestication of Plants in the Americas: Insights from Mendelian and Molecular Genetics. *Ann Bot* 100: 925-940.
- Quispe Guzmán María Jessica (2015). “Evaluación de la Actividad Insecticida de los Aceites Esenciales del Eucalipto (*Eucalyptus Globulus*) y Romero (*Rosmarinus Officinalis*), para el Control de Pulgones (*Aphis sp.*) en Rosas (*Rosa sp.*)”. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Perú.
- Quispe Ticona, Grettel G. (2018). Efecto Insecticida del Aceite Esencial de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y Altamisa (*Franseria artemisioides*) contra el Kcona Kcona (*Eurysacca melanocampta*) del Cultivo de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.).
- Real Academia Española. (2001). Diccionario de la lengua española [Dictionary of the Spanish Language] (22nd ed.). Madrid, Spain: Author.
- Torres, A. et al. (2003). Aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* L., (paico macho).
- Tripathi A, et al. (2009). Structural characterization of Tip20p and Dsl1p, subunits of the Dsl1p vesicle tethering complex. *Nat Struct Mol Biol* 16(2):114-23.
- Trongtokit Y., Rongsriyam Y., Komalamisra N., Apiwathnasorn C. (2005). Comparative repellency of 38 essential oils against mosquito bites. *Phytother. Res.* 19: 303–309.
- Vega, Mario (2001). Etnobotánica de la Amazonía peruana. ABYA.
- Vogel A, et al. (1996). Textbook of Practical Organic Chemistry, 5th Edition.

## ANEXOS

### Anexo A:

Tabla A. 1: Parámetros controlados en la extracción por arrastre de vapor saturado del Paico con 2 Kg.

Tabla A. 2: Parámetros controlados en la extracción por arrastre de vapor saturado del Paico con 3 Kg.

### Anexo B:

Figura B. 1: Certificados de los resultados del Análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas del aceite esencial de paico en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

Figura B. 2: Certificados de los resultados del Análisis fisicoquímicos del aceite esencial de paico en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

### Anexo C:

Tabla C. 1: Ficha técnica de seguridad N°1.

Tabla C. 2: Ficha técnica de seguridad N°2.

Tabla C. 3: Ficha técnica de seguridad N°3.

Tabla C. 4: Ficha técnica de seguridad N°4.

### Anexo D:

Tabla D. 1: Matriz de operación de variables.

### Anexo E:

Figura E. 1: Recolección de la planta paico (*Chenopodium Ambrosioides*).

Figura E. 2: Selección de la planta (*Chenopodium Ambrosioides*).

Figura E. 3: Almacenado de la materia prima que se trabajara.

Figura E. 4: Pesado de la materia prima para la extracción del aceite.

Figura E. 5: Separado de la materia por pesos para su extracción.

Figura E. 6: Cargado de la materia prima al equipo de extracción.

Figura E. 7: Cámara de extracción con la materia ya cargada.

Figura E. 8: Aceite esencial extraído luego de los 90 minutos de trabajo.

Figura E. 9: Decantación del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*).

Figura E. 10: Preparación del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*) para su análisis cromatografico.

Figura E. 11: Análisis de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.

Figura E. 12: Interpretación de resultados del análisis cromatografico.

Figura E. 13: Identificación de la plaga (pulgón).

Figura E. 14: Preparación del insecticida.

Figura E. 15: Aplicación del insecticida a partir de aceite esencial de Paico (*Chenopodium Ambrosioides*) en el cultivo para prueba de efectividad.

Figura E. 16: Evaluación de la actividad insecticida del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*).



**Anexo A**


Tabla A 1: Parámetros controlados en la extracción por arrastre de vapor saturado del Paico con 2 Kg.

Hora (min)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)
0	-	-	-	-
10	88.1	15.5	28.4	16.1
20	88.2	15.7	29	16.6
30	88.2	15.7	29	16.4
40	88.2	15.6	29.3	16.5
50	88.2	15.6	34.6	16.4
60	88.2	15.6	32	16.4
70	88.2	15.6	31.7	16.4
80	88.2	15.6	32.1	16.4
90	88.2	15.6	31.7	16.4

Tabla A 2: Parámetros controlados en la extracción por arrastre de vapor saturado del Paico con 3 Kg.

Hora (min)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)
0	-	-	-	-
10	87.6	15.9	17.5	19.1
20	88.5	15.8	28.3	18.3
30	88.3	15.9	29.4	18.1
40	88.3	15.9	29.9	18
50	88.3	15.8	29.9	18
60	88.2	15.8	29.3	17.9
70	88.3	15.8	30	17.8
80	88.3	15.8	29.5	17.9
90	88.3	15.8	29.5	17.9

## Anexo B



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad  
AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973868855

---

**RESULTADOS**

Cusco, 02 de Mayo del 2019

Solicitantes : Rider Yampolh Puma Mamani  
 Tipo de Análisis : Determinación de componentes volátiles por Cromatografía de Gases  
 Tipo de Muestras : Frasco con Aceite Esencial Denominado Paico  
 Cantidad de Muestra : 1, aproximadamente 5 mL  
 Almacenamiento : 4 °C.

**Condiciones de Análisis para el Aceite Esencial**

Cromatógrafo : Agilent 6890N  
 Detector Espectrometro de Masas : Agilent 5975B.  
 Línea de transferencia : 280°C  
 Modo de Ionización : Impacto Electrónico 70 electron voltios  
 Modo escaneo de masas : 40-500 uma

Inyector Automático Agilent: 7683B  
 Columna: Agilent HP-5MS 5% Fenil Metil Siloxano.

**Condiciones del cromatografo.**  
 Temperatura del Horno inicial 60°C  
 Rampa:  


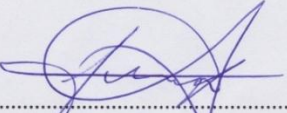
Relacion °C/min	temp °C	Final time
Inic 0	60	0.00
1 5.00	240	36
Post Run time:	280	4.00 min

 Tiempo de Análisis: 36.00 min

**Puerto de Inyección**  
 Modo : Split  
 Relación de Split : 100:1  
 Temp. Inicial : 200 °C  
 Tipo de Gas : Helio  
 Flujo : 1 mL/min  
 Volumen de Inyección : 0.1uL  
 Muestra inyecta : puro

Nota: El resultado obtenido en la determinación del Aceite esencial, expresa el contenido relativo en porcentaje de los compuestos volátiles que están presente. La metodología desarrollada es de acuerdo con la literatura descrita (con modificaciones)

- Pino Alea. J. A. I Curso Internacional Análisis de Aceites Esenciales Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco 2014.
- Lynam, K. 2014 Potential Allergens in Aromatherapy Oils by GC/MS Using an Agilent J&W DB-XLB Capillary Column Agilent Technologies, Inc. 2850 Centerville Road Wilmington, DE 19808 USA 5990-5293EN

Quim Jorge Choquenaira Pari  
 Analista del Laboratorio de Cromatografía y  
 Espectrometría - UNSAAC.  
 CGP - 914

Figura B 1: Certificados de los resultados del Análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas del aceite esencial de paico en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO  
 FACULTAD DE CIENCIAS  
 LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRIA – Pabellón de Control de Calidad  
 AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973868855

RESULTADOS

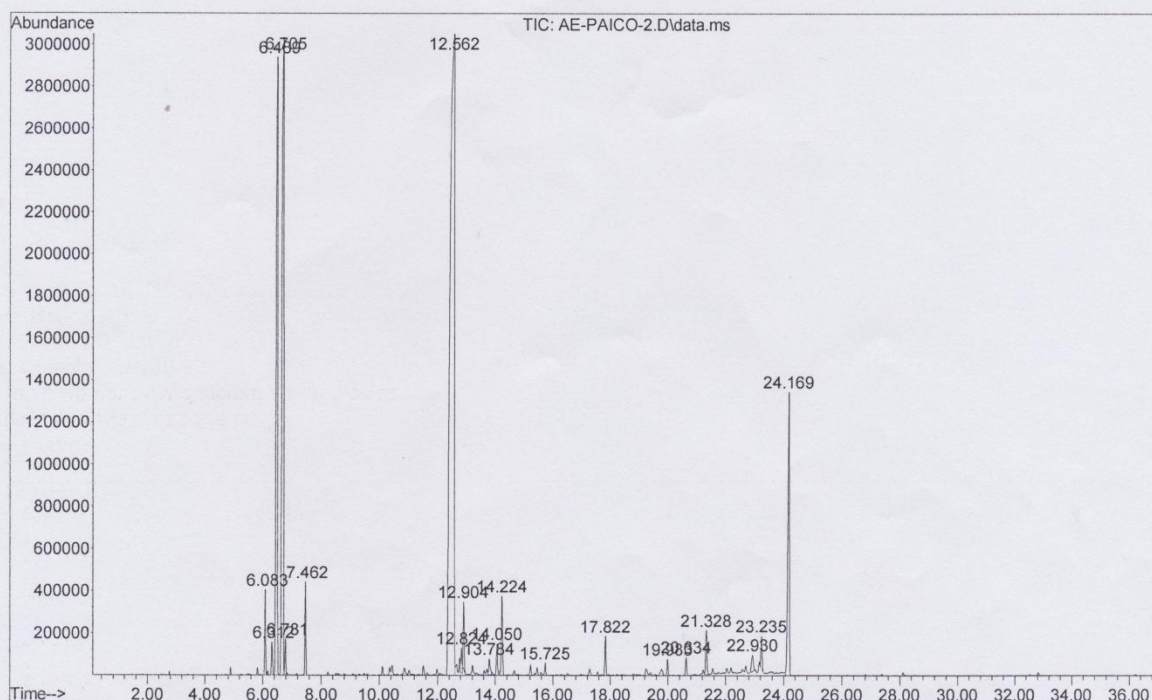
Pico	Tiempo de Retencion	Compuesto Libreria Nist 11	CAS	Qual	Contenido Relativo %
1	6.0834	(+)-4-Carene	029050-33-7	97	1.149
2	6.3118	3-Carene	013466-78-9	95	0.5781
3	6.4894	(+)-4-Carene	029050-33-7	96	15.1705
4	6.705	Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	000535-77-3	95	19.2316
5	6.7811	.beta.-Phellandrene	000555-10-2	87	0.5588
6	7.4619	.gamma.-Terpinene	000099-85-4	97	1.317
7	12.5617	Bicyclo[2.2.1]hept-2-ene, 1,7,7-trimethyl	000464-17-5	90	47.4584
8	12.8239	Cyclopropane, 1,1-diethyl-	001003-19-6	46	0.4536
9	12.9042	7-Oxabicyclo[4.1.0]heptan-2-one, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-	005729-99-7	55	1.0705
10	13.7838	Thymol	000089-83-8	94	0.3961
11	14.0502	Phenol, 2-ethyl-4,5-dimethyl-	002219-78-5	90	0.5874
12	14.2235	1,3-Cyclohexanediamine	003385-21-5	38	1.4797
13	15.7247	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	000141-12-8	90	0.2388
14	17.8221	Benzene, 1-ethenyl-3-methyl-	000100-80-1	62	0.7189
15	19.9829	Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, [1S-(1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)]-	000523-47-7	96	0.301
16	20.6342	Cyclohexanemethanol, 4-ethenyl-.alpha.,.alpha.,4-trimethyl-3-(1-methylethenyl)-, [1R-(1.alpha.,3.alpha.,4.beta.)]-	000639-99-6	91	0.3399
17	21.3276	(-)-.beta.-Bourbonene	005208-59-3	47	0.8947
18	22.9303	.tau.-Muurolol	019912-62-0	98	0.4985
19	23.2348	.alpha.-Cadinol	000481-34-5	96	0.6169
20	24.1693	Furan, 2,3-dihydro-4-methyl-	034314-83-5	35	6.9405



Quim. Jorge Choquenaira Parí  
 Analista del Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría - UNSAAC.  
 CGP - 914



File : D:\DATA MSD\VACEITES ESENCIALES\2019\PAICO-RYPM\AE-PAICO-2.D  
 Operator : JCHP  
 Acquired : 2 May 2019 10:33 using AcqMethod ACEITE ESENCIAL19.M  
 Instrument : UNSSAC  
 Sample Name: Chenopodium ambrosioides  
 Misc Info : Aceite esencial  
 Vial Number: 1





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad  
 AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973868855

**RESULTADOS**

Cusco, 02 de Mayo del 2019

**Solicitantes** : Rider Yampoh Puma Mamani  
**Tipo de Análisis** : Determinación Físicoquímica  
**Tipo de Muestras** : Frasco Denominado Aceite Esencial Paico  
**Cantidad de Muestra** : 1, aproximadamente 1 mL  
**Almacenamiento** : 4 °C.

**Condiciones de Análisis AOAC**

Densidad gr/mL Método Gravimetroco (microcapilar)  
 Acides % (Acido oleico) Método Volumetrica  
 Indice de Saponificacion mg KOH/g Método Volumetrica  
 Indice de Refraccion Refractometro ABBE

Parametro	Valores
Densidad gr/mL 17.3°C	0.930
Acides % (Acido oleico)	1.74
Indice de Saponificacion mg KOH/g	16.01
Indice de Refraccion 20°C	1.410

Quim. Jorge Choquenaira Pari  
 Analista del Laboratorio de Cromatografía y  
 Espectrometría – UNSAAC.  
 CQP - 914

Figura B 2: Certificados de los resultados del Análisis físicoquímicos del aceite esencial de paico en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

**Anexo D**

Tabla C. 1: Ficha técnica de seguridad N°1.

<b>FICHA DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>	
Fecha de ejecución: abril 2019	Elaboro por: Bach. Rider Yampolh Puma Mamani
Responsable : Bach. Rider Yampolh Puma Mamani	
<p><b>Elemento (nombre y marca):</b></p> <p>Casco de seguridad dieléctrico tipo I clase E</p> <p>Marca: steelpro</p> <p>Ref. 10-03</p>	<p><b>Certificados de Calidad:</b></p> <p>ANSI Z89.1 – 2009</p>
<p><b>Descripción y composición:</b></p> <p>Casco elaborado en copolimero de polipropileno Etileno que asegura una alta resistencia a la electricidad, el impacto y la llama.</p> <p>Conexión para barboquejo de 4 apoyos</p>	
<p><b>Tallas disponibles</b></p> <p>Estándar</p>	
<p><b>Mantenimiento requerido:</b></p> <p>Limpieza con agua tibia que no exceda los 25 °C y jabón con PH neutro. No usar detergentes, desengrasantes, solventes o productos químicos.</p>	
<p><b>Niveles de protección brindados:</b></p> <p>Protege contra riesgos de golpes, caídas de objetos, choques.</p>	<p><b>Indicaciones de uso:</b></p> <p>Hacer chequeo frecuente a los cascos de uso diario. Jamás se siente encima, no los comprima al transportar en maletines, no golpearlos ni dejarlos caer, evitar el contacto con elementos puntiagudos o afilados. Protegerlos de productos químicos.</p>
<p><b>No debe usarse:</b></p>	<p><b>Se debe usar en:</b></p> <p>Indicado para trabajos en lugar donde hay varios equipos con partes salientes.</p>

Tabla C. 2: Ficha técnica de seguridad N°2.


<b>FICHA DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>	
Fecha de ejecución: abril 2019	Elaboro por: Bach. Rider Yampolh Puma Mamani
Responsable : Bach. Rider Yampolh Puma Mamani	
<b>Elemento (nombre y marca):</b> Botas de seguridad. <b>Marca:</b>	<b>Certificados de Calidad:</b>
<b>Descripción y composición:</b> Botas con punta resistente a golpes y suelas resistente a calor que protejan el pie.	
<b>Tallas disponibles:</b> 38 a 42	
<b>Mantenimiento requerido:</b>	
<b>Niveles de protección brindados:</b> Protege los pies en condiciones adversas.	<b>Indicaciones de uso:</b> Industria en general.
<b>No debe usarse:</b>	<b>Se debe usar en:</b>

Tabla C. 3: Ficha técnica de seguridad N°3.


<b>FICHA DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>	
Fecha de ejecución: abril 2019	Elaboro por: Bach. Rider Yampolh Puma Mamani
Responsable : Bach. Rider Yampolh Puma Mamani	
<b>Elemento (nombre y marca):</b> Guarda polvo. <b>Marca:</b>	<b>Certificados de Calidad:</b>
<b>Descripción y composición:</b> Delantal fabricado en algodón.	
<b>Tallas disponibles:</b> M,L,XL	
<b>Mantenimiento requerido:</b> Lavar con agua y jabón y secar a temperatura ambiente.	
<b>Niveles de protección brindados:</b> Protección de salpicadura de líquidos.	<b>Indicaciones de uso:</b> Trabajo de laboratorio.
<b>No debe usarse:</b>	<b>Se debe usar en:</b>



Tabla C. 4: Ficha técnica de seguridad N°4.

**IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACION DE RIESGOS**

**FECHA:** 09/04/19

**PROCESO / SUBPROCESO / ACTIVIDAD:** Extracción de aceite esencial / operación de equipo modulador de extracción de aceite esencial por arrastre de vapor.

TAREA	PELIGRO	CLASIFICACION PELIGRO	RIESGO	ACTIVIDAD R/NR/E
Extracción de aceite esencial en un equipo modulador de extracción por arrastre de vapor saturado.	Operación incorrecta de equipo o herramientas	MECANICO	Contacto con energía eléctrica	R
	Falta de uso de epp	MECANICO	Quemaduras	R
	Falta de orden y limpieza	MECANICO	Caída	R
	Incorrecta manipulación al carga (materia vegetal)	MECANICO	Quemaduras	R
	Incorrecta forma de limpieza del equipo	MECANICO	Cortes y explosión por la presión de vapor	R
	Derramar aceite esencial.	QUIMICO	Intoxicación	R

**Anexo D**

Tabla D. 1: Matriz de operación de variables.

Variable	dimensiones	Indicador	ítems	Fuente	Instrumentos
Porcentaje del rendimiento del aceite esencial de paico.	Peso de la materia vegetal	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Evaluación de los pesos.</li> <li>✓ Cantidad de materia prima recolectada .</li> <li>✓ Estado en él se encuentra la materia vegetal.</li> </ul>	¿Qué cantidad de materia vegetal se utilizará para la extracción del aceite esencial?	Antecedentes	❖ Balanza.
	Tiempo de extracción del aceite esencial	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Presión de vapor.</li> <li>✓ Flujo de caudal de agua.</li> <li>✓ Temperatura en el equipo extractor.</li> </ul>	¿Cuál será el tiempo óptimo de extracción ?	Antecedentes	❖ Cronometro.

## Anexo E



Figura E. 1: Recolección de la planta paico (*Chenopodium Ambrosioides*).



Figura E. 2: Selección de la planta (*Chenopodium Ambrosioides*).





Figura E. 3: Almacenado de la materia prima que se trabajara.



Figura E. 4: Pesado de la materia prima para la extracción del aceite.



Figura E. 5: Separado de la materia por pesos para su extracción.





Figura E. 6: Cargado de la materia prima al equipo de extracción.



Figura E. 7: Cámara de extracción con la materia ya cargada.



Figura E. 8: Aceite esencial extraído luego de los 90 minutos de trabajo.





Figura E. 9: Decantación del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*).

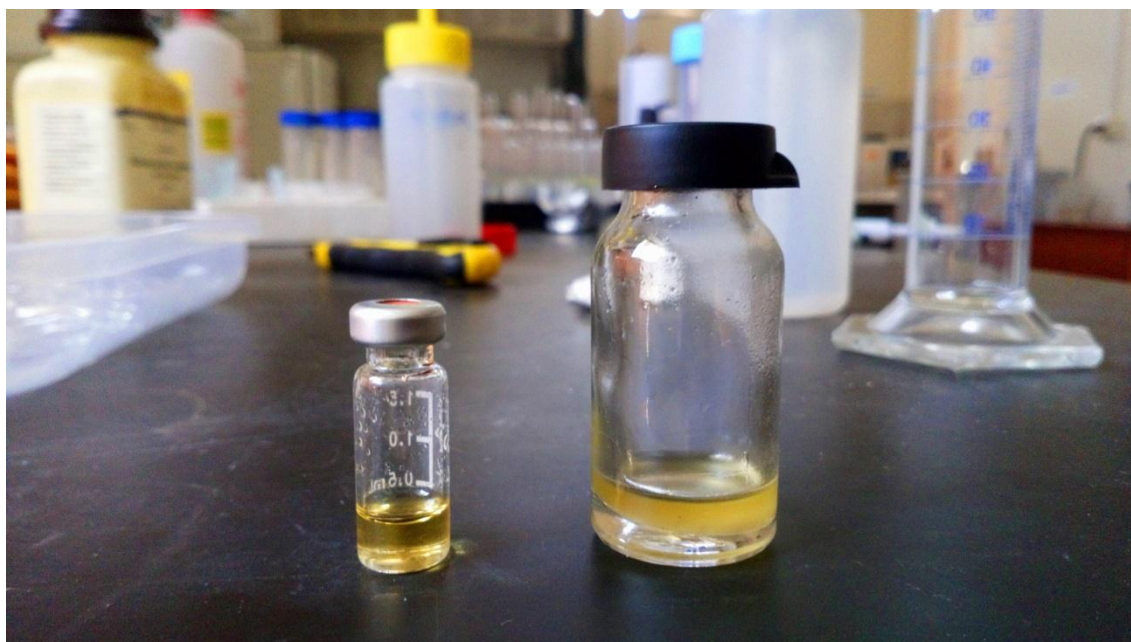


Figura E. 10: Preparación del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*) para su análisis cromatográfico.



Figura E. 11: Análisis de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.

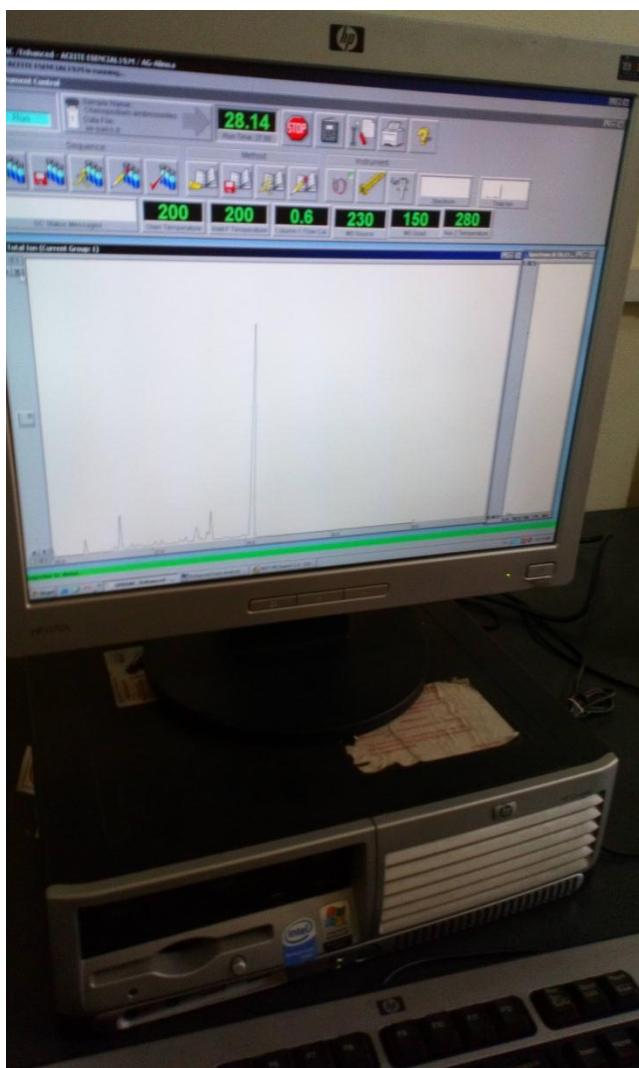


Figura E. 12: Interpretación de resultados del análisis cromatográfico.



Figura E. 13: Identificación de la plaga (pulgón).





Figura E. 14: Preparación del insecticida.





Figura E. 15: Aplicación del insecticida a partir de aceite esencial de Paico (*Chenopodium Ambrosioides*) en el cultivo para prueba de efectividad.





Figura E. 16: Evaluación de la actividad insecticida del aceite esencial de paico (*Chenopodium Ambrosioides*).