

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“EXTRACCIÓN Y FRACCIONAMIENTO SIMULTÁNEO DEL ACEITE  
ESENCIAL DE PAICO (*Chenopodium ambrosioides* L.) PARA LA  
OBTENCIÓN DE DESTILADOS DE COMPOSICIÓN DIFERENCIADA”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

AUTORES

JULISSA, AQUINO INOFUENTE

SARA ROCIO, AVELLANEDA FLORES

ASESOR

Dr. LUIS CARRASCO VENEGAS

LINEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Callao, 2024

PERÚ



Document Information

<b>Analyzed document</b>	TESIS VIRTUAL - AQUINO Y AVELLANEDA.pdf (D181826316)
<b>Submitted</b>	2023-12-14 14:44:00 UTC+01:00
<b>Submitted by</b>	
<b>Submitter email</b>	fiq.investigacion@unac.edu.pe
<b>Similarity</b>	6%
<b>Analysis address</b>	fiq.investigacion.unac@analysis.arkund.com



Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>Tesis.docx</b> Document Tesis.docx (D55275168)	
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.redalyc.org/pdf/856/85670103.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/856/85670103.pdf</a> Fetched: 12/14/2023 2:45:00 PM	
<b>W</b>	URL: <a href="https://1library.co/document/lq5xm8jz-antifungico-comparativo-esencial-extracto-etanolico-chenopodium-ambrosioides-rhizoctonia.html">https://1library.co/document/lq5xm8jz-antifungico-comparativo-esencial-extracto-etanolico-chenopodium-ambrosioides-rhizoctonia.html</a> Fetched: 12/14/2023 2:45:00 PM	
<b>W</b>	URL: <a href="https://1library.co/document/zpnm604y-extraccion-caracterizacion-aceite-esencial-chenopodium-ambrosioides-mediante-arrastre.html">https://1library.co/document/zpnm604y-extraccion-caracterizacion-aceite-esencial-chenopodium-ambrosioides-mediante-arrastre.html</a> Fetched: 12/14/2023 2:45:00 PM	
<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.sena.edu.co/sitios/introduccion_industria_aceites_esenciales_plantas_medicinales_aromaticas/">https://repositorio.sena.edu.co/sitios/introduccion_industria_aceites_esenciales_plantas_medicinales_aromaticas/</a> Fetched: 12/14/2023 2:46:00 PM	
<b>SA</b>	<b>Extracci%C3%B3n+de+aceite+esencial+final.pdf</b> Document Extracci%C3%B3n+de+aceite+esencial+final.pdf (D87420850)	
<b>W</b>	URL: <a href="https://core.ac.uk/download/pdf/16358082.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/16358082.pdf</a> Fetched: 12/14/2023 2:46:00 PM	
<b>W</b>	URL: <a href="https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf">https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf</a> Fetched: 12/14/2023 2:47:00 PM	
<b>SA</b>	<b>TESIS - Myrcia mollis-2.pdf</b> Document TESIS - Myrcia mollis-2.pdf (D41264412)	
<b>SA</b>	<b>Quispe_Chacón_Diana_Elizabeth_Titulo_Profesional_2015.pdf</b> Document Quispe_Chacón_Diana_Elizabeth_Titulo_Profesional_2015.pdf (D29205942)	
<b>W</b>	URL: <a href="http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2612.pdf">http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2612.pdf</a> Fetched: 12/14/2023 2:46:00 PM	
<b>W</b>	URL: <a href="https://docplayer.es/27401021-Aceites-esenciales-una-alternativa-de-diversificacion-para-el-eje-cafetero.html">https://docplayer.es/27401021-Aceites-esenciales-una-alternativa-de-diversificacion-para-el-eje-cafetero.html</a> Fetched: 12/14/2023 2:46:00 PM	
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.mdpi.com/1420-3049/24/10/1932">https://www.mdpi.com/1420-3049/24/10/1932</a> Fetched: 12/14/2023 2:46:00 PM	
<b>W</b>	URL: <a href="https://tsia.udlap.mx/mecanismos-de-accion-antimicrobiana-de-timol-y-carvacrol-sobre-microorganismos-de-interes-en-alimentos/">https://tsia.udlap.mx/mecanismos-de-accion-antimicrobiana-de-timol-y-carvacrol-sobre-microorganismos-de-interes-en-alimentos/</a> Fetched: 12/14/2023 2:46:00 PM	
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.academia.edu/94853051/Metodolog%C3%ADa_de_la_Investigaci%C3%B3n_EL_m%C3%A9todo_Arias">https://www.academia.edu/94853051/Metodolog%C3%ADa_de_la_Investigaci%C3%B3n_EL_m%C3%A9todo_Arias</a> Fetched: 12/14/2023 2:46:00 PM	

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA "EXTRACCIÓN Y FRACCIONAMIENTO SIMULTÁNEO DEL ACEIT ESENCIAL DE PAICO (Chenopodium ambrosioides L.) PARA LA OBTENCIÓN DE DESTILADOS DE COMPOSICIÓN DIFERENCIADA" TESIS PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO AUTORES JULISSA, AQUINO INOFUENT SARA ROCIO, AVELLANEDA FLORES

ASESOR Dr. LUIS CARRASCO VENEGAS LINEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Callao, 2023 PERÚ

INFORMACIÓN BÁSICA FACULTAD: Ingeniería Química UNIDAD DE INVESTIGACIÓN: De la Facultad de Ingeniería Química TÍTULO: Extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de paico (Chenopodium ambrosioides L.) Para la obtención de destilados de composición diferenciada.

AUTORES: Julissa Aquino Inofuente / CODIGO ORCID: 0009-0006-5545-2137 / DNI: 42011284 Sara Rocio Avellaneda Flores / CODIGO ORCID: 0009-0004-9530-701X / DNI:44422276 ASESOR Dr. Luis Carrasco Venegas / CODIGO ORCID: 0000-0002-7832-3366 / DNI: 25825871 LUGAR DE EJECUCIÓN: Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional del Callao – Facultad de Ingeniería Química – Bellavista, Callao. UNIDAD DE ANÁLISIS: Aceite esencial de paico (Chenopodium ambrosioides L.) TIPO DE INVESTIGACIÓN / ENFOQUE / DISEÑO: Aplicada / Cuantitativo / Experimentación

TEMA OCDE: 2.04.01 Ingeniería Química

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN La presente tesis fue sustentada por los bachilleres AQUINO INOFUENTE JULISSA y AVELLANEDA FLORES SARA ROCIO ante el Jurado de Sustentación de Tesis conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao: - Mg. Medina Collana Juan Taumaturgo PRESIDENTE - Ing. Suero Iquiapaza Polici Agatón SECRETARIO - Mg. Luna Chávez Carmen Mabel VOCAL - Mg. Reyna Mendoza Gladis Enith SUPLENTE - Dr. Carrasco Venegas Luis Américo ASESOR N° de Libro: N° de Folio: N° de Acta: de aprobación de Tesis: \_\_\_\_\_ Resolución de Sustentación: N°:

## INFORMACIÓN BÁSICA

**FACULTAD:**

Ingeniería Química

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:**

De la Facultad de Ingeniería Química

**TÍTULO:**

Extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de paico (*Chenopodium ambrosioides* L.) Para la obtención de destilados de composición diferenciada.

**AUTORES:**

Julissa Aquino Inofuente / CODIGO ORCID: 0009-0006-5545-2137 / DNI: 42011284

Sara Rocío Avellaneda Flores / CODIGO ORCID: 0009-0004-9530-701X / DNI:44422276

**ASESOR:**

Dr. Luis Carrasco Venegas / CODIGO ORCID: 0000-0002-7832-3366 / DNI: 25825871

**LUGAR DE EJECUCIÓN:**

Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional del Callao – Facultad de Ingeniería Química – Bellavista, Callao.

**UNIDAD DE ANÁLISIS:**

Aceite esencial de paico (*Chenopodium ambrosioides* L.)

**TIPO DE INVESTIGACIÓN / ENFOQUE / DISEÑO:**

Aplicada / Cuantitativo / Experimental

**TEMA OCDE:**

2.04.01 Ingeniería Química

## HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

La presente tesis fue sustentada por las bachilleres AQUINO INOFUENTE JULISSA y AVELLANEDA FLORES SARA ROCIO ante el Jurado de Sustentación de Tesis conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

- |   |            |
|---|------------|
| - Mg. Medina Collana Juan Taumaturgo    | PRESIDENTE |
| - Ing. Suero Iquiapaza Policarpo Agatón | SECRETARIO |
| - Mg. Luna Chávez Carmen Mabel          | VOCAL      |
| - Mg. Reyna Mendoza Gladis Enith        | SUPLENTE   |
| - Dr. Carrasco Venegas Luis Américo     | ASESOR     |

Tal como está asentado en el Libro N° 02 Folio N° 156 y Acta N° 337 de fecha tres de mayo del 2024, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Tesis Sin Ciclo de Tesis, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 24 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150– 2023–CU del 15 de junio de 2023.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ACTA N.º 337 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS SIN CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

LIBRO 02 FOLIO N.º 156 ACTA N.º 337 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS SIN CICLO DE TESIS  
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

A los tres días del mes de mayo del 2024, siendo las 11:00 h, se reunió en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Química el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**, para la obtención del Título Profesional de Ingeniero de la Facultad de Ingeniería Química, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

Ing. MEDINA COLLANA JUAN TAUMATURGO	: Presidente
Ing. SUERO IQUIAPAZA POLICARPO AGATON	: Secretario
Ing. LUNA CHAVEZ CARMEN MABEL	: Vocal
Ing. CARRASCO VENEGAS LUIS AMERICO	: Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis de las Bachilleres **AQUINO INOFUENTE JULISSA** y **AVELLANEDA FLORES SARA ROCIO**, quienes, habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico, sustentan la tesis titulada **"EXTRACCIÓN Y FRACCIONAMIENTO SIMULTÁNEO DEL ACEITE ESENCIAL DE PAICO (Chenopodium Ambrosioides L.) PARA LA OBTENCIÓN DE DESTILADOS DE COMPOSICIÓN DIFERENCIADA"**.


Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la sustentación y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por *aprobado* con la escala de calificación cualitativa *bueno*..... y calificación cuantitativa *16*....., la presente sustentación, conforme a lo dispuesto en el Art. 24 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N.º 150-2023-CU del 15 de junio del 2023.

Se dio por cerrada la sesión a las *12:05* horas del día *03* del mes y año en curso.

  
Ing. MEDINA COLLANA JUAN TAUMATURGO  
Presidente

  
Ing. SUERO IQUIAPAZA POLICARPO AGATON  
Secretario

  
Ing. LUNA CHAVEZ CARMEN MABEL  
Vocal

  
Ing. CARRASCO VENEGAS LUIS AMERICO  
Asesor

## **DEDICATORIA**

Dedicamos esta tesis a nuestras familias quienes son el impulso para mejorar cada día como seres humanos, padres y profesionales, en especial a Ronald Aarón Aquino Inofuente, quien hoy en día no está con nosotros físicamente, pero sí de manera espiritual †.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios (el mejor ingeniero de todos los tiempos) por permitirnos llegar a esta etapa en nuestras vidas. Por la fortaleza, la perseverancia que cada día nos da para enfrentar obstáculos y seguir adelante.

A nuestros padres, hermanos e hijos por su comprensión, paciencia, amistad y amor incondicional sin nada a cambio.

A los catedráticos de la Universidad Nacional del Callao que nos brindaron sus conocimientos y paciencia en el desarrollo de nuestra tesis.



# ÍNDICE

INDICE DE TABLAS.....	3
INDICE DE FIGURAS.....	4
INDICE DE ABREVIATURAS .....	6
RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
I.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	10
1.2 Formulación del problema .....	11
1.3 Objetivos de la investigación.....	11
1.4 Justificación .....	11
1.5 Delimitantes de la investigación .....	12
II.   MARCO TEÓRICO .....	13
2.1 Antecedentes.....	13
2.2 Bases Teóricas.....	15
2.3 Marco conceptual .....	28
2.4 Definición de términos básicos .....	31
III.  HIPÓTESIS Y VARIABLES .....	33
3.1 Hipótesis.....	33
3.1.1 Operacionalización de variables.....	33
IV.   METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	36
4.1 Diseño metodológico .....	36
4.2. Método de investigación .....	37
4.3 Población y muestra .....	45
4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado .....	46
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	47
4.6 Análisis y Procesamiento de datos .....	51
4.7 Aspectos éticos en investigación .....	51
V.    RESULTADOS.....	52
5.1. Resultados descriptivos .....	52
5.2. Resultados inferenciales.....	54
VI.   DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	60
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	60
6.2. Contrastación de los resultados con estudios similares.....	62

6.3 Responsabilidad ética.....	63
VII. CONCLUSIONES.....	64
VIII. RECOMENDACIONES.....	65
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
ANEXOS .....	74
Matriz de consistencia .....	75
Gráfica de probabilidad normal de los residuos (porcentaje de humedad %).....	76
Gráfica de probabilidad normal de los residuos (tiempo de extracción en minutos) ....	77
Gráfica de probabilidad normal de los residuos (masa muestra).....	78
Informes de resultados de los Análisis.....	79
Lista de mercados de aceites esenciales exportados por Perú (2016 al 2022).....	102

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Usos Medicinales del Paico</i> .....	18
<b>Tabla 2</b> <i>Operacionalización de Variables</i> .....	35
<b>Tabla 3</b> <i>Diseño experimental</i> .....	36
<b>Tabla 4</b> <i>Arreglo ortogonal o matriz de experimentos</i> .....	36
<b>Tabla 5</b> <i>Distribución de masas y humedades</i> .....	46
<b>Tabla 6</b> <i>Resultados del análisis organoléptico</i> .....	52
<b>Tabla 7</b> <i>Resumen de resultados del análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas CG/EM en los nueve ensayos de destilados de composición diferenciada del aceite esencial de paico</i> .....	53
<b>Tabla 8</b> <i>Arreglo ortogonal de Taguchi con la variable respuesta</i> .....	54
<b>Tabla 9</b> <i>Análisis de varianza carvacrol en muestra (%) - porcentaje de humedad</i> .....	54
<b>Tabla 10</b> <i>Análisis de varianza carvacrol en muestra (%) – tiempo de extracción</i> .....	55
<b>Tabla 11</b> <i>Análisis de varianza carvacrol en muestra (%) – masa muestra</i> .....	56
<b>Tabla 12</b> <i>Análisis de regresión carvacrol en muestra (%) – porcentaje de humedad tiempo de extracción (min), masa muestra (g)</i> .....	57
<b>Tabla 13</b> <i>Resumen del modelo</i> .....	57
<b>Tabla 14</b> <i>Tabla de respuestas para medias</i> ...	58
<b>Tabla 15</b> <i>Valores a considerar en la experimentación y predicción</i> .....	59
<b>Tabla 16</b> <i>Porcentaje de carvacrol obtenido experimentalmente Vs. Porcentaje de carvacrol pronosticado</i> .....	59

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Descripción botánica del paico</i> .....	16
<b>Figura 2</b> <i>Equipo para destilación fraccionada en pequeña escala</i> .....	22
<b>Figura 3</b> <i>Monoterpenos y sesquiterpenoides</i> .....	25
<b>Figura 4</b> <i>Propiedades de los aceites esenciales</i> .....	26
<b>Figura 5</b> <i>Cromatografía de gases</i> .....	27
<b>Figura 6</b> <i>Carvacrol</i> .....	30
<b>Figura 7</b> <i>Etapas de la investigación</i> .....	37
<b>Figura 8</b> <i>Hojas de paico</i> .....	38
<b>Figura 9</b> <i>Hojas de paico cortadas</i> .....	38
<b>Figura 10</b> <i>Hojas de paico cortadas sobre el papel bond y la bandeja</i> .....	39
<b>Figura 11</b> <i>Bandejas con hojas de paico en la estufa</i> .....	39
<b>Figura 12</b> <i>Empacado y sellado de las muestras secas</i> .....	40
<b>Figura 13</b> <i>Formato de Check List</i> .....	40
<b>Figura 14</b> <i>Cuerpo extractor</i> .....	41
<b>Figura 15</b> <i>Equipo de destilación a nivel laboratorio en funcionamiento</i> .....	42
<b>Figura 16</b> <i>Generador de vapor</i> .....	43
<b>Figura 17</b> <i>Unión del tubo colector y el frasco ámbar</i> .....	43
<b>Figura 18</b> <i>Frascos colectores de 30 ml y 5 ml</i> .....	44
<b>Figura 19</b> <i>Frascos colectores de 5ml con nueve muestras extraídas</i> .....	44
<b>Figura 20</b> <i>Equipo de destilación</i> .....	48
<b>Figura 21</b> <i>Equipo de CG/EM</i> .....	48
<b>Figura 22</b> <i>Balanza digital</i> .....	48
<b>Figura 23</b> <i>Balanza determinadora de humedad</i> .....	49

<b>Figura 24</b> <i>Estufa</i> .....	49
<b>Figura 25</b> <i>Cocina eléctrica</i> .....	50
<b>Figura 26</b> <i>Termómetro digital</i> .....	50
<b>Figura 27</b> <i>Reloj digital</i> .....	50
<b>Figura 28</b> <i>Gráfica de efectos principales porcentaje de humedad (%)</i> .....	55
<b>Figura 29</b> <i>Gráfica de efectos principales masa muestra</i> .....	56
<b>Figura 30</b> <i>Análisis de resultados mediante el diagrama de Pareto</i> .....	58
<b>Figura 31</b> <i>Gráfica de efectos principales para medias</i> .....	59

## INDICE DE ABREVIATURAS

**AE:** Aceite esencial.

**AEC:** Aceite esencial crudo.

**AO:** Arreglo ortogonal.

**AOAC:** Association of Official Agricultural Chemists (Asociación oficial de químicos agrícolas).

**ATP:** Adenosín trifosfato

**CG/EM:** Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.

**CV:** Carvacrol.

**DOE:** Diseño de experimentos.

**FAO:** Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.

**FID:** Detector de ionización de llama.

**IIEA:** Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria

**I+D+i:** Investigación, Desarrollo e Innovación.

**OMS:** Organización mundial de la salud.

**t<sub>R</sub>:** Tiempo de retención.

## RESUMEN

Con el propósito de determinar el porcentaje de los compuestos más representativos en la extracción del aceite esencial de paico se evaluó, analizó y examinó las principales variables de control del proceso; siendo estas el porcentaje de humedad, tiempo de extracción y masa de la muestra. Para los ensayos se usaron hojas de paico (*Chenopodium ambrosioides* L.) recolectadas de Paccha distrito de Jauja - Junín, en los periodos de noviembre a diciembre. Luego se sometieron a un pretratamiento donde fueron reducidas a 2 cm y se secaron algunas muestras para favorecer la extracción del aceite esencial. La experimentación tuvo como variables independientes el porcentaje de humedad en hojas al 60%, 70% y 80%, el tiempo de extracción a 60min, 70min y 80 min y la masa de la muestra a 500g, 750g y 1000g. El aceite esencial se extrajo en un equipo de destilación por arrastre de vapor acoplado a una columna de fraccionamiento a nivel laboratorio. Después, las muestras extraídas fueron sometidas a análisis organoléptico donde la mayoría presentó, aspecto líquido brillante, color ligeramente amarillo y olor concentrado. Luego, se realizó el análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas CG/EM para conocer los porcentajes de los compuestos en los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de paico. A partir de los resultados por CG/EM y de la revisión de la literatura el compuesto carvacrol fue seleccionado y evaluado debido a sus interesantes propiedades en diferentes sectores como en medicina, farmacia y agricultura. Los valores observados y el análisis estadístico indicaron la existencia de una combinación de condiciones que incrementan el porcentaje de carvacrol, comprobándose la hipótesis planteada. En los resultados obtenidos en el presente estudio la masa y la humedad fueron variables significativas. Los niveles adecuados de las variables independientes encontradas fueron 750g, 70% de humedad y 60min. De la investigación y análisis experimental se encontró que la composición del aceite esencial de paico varía de acuerdo a la región y estación de cosecha, siendo para el caso los compuestos más representativos  $\alpha$ -terpinolene (50.94%), *p*-cimeno (8.25%) y carvacrol (3.42%).

**Palabras clave:** Paico, extracción, aceite esencial, destilación, composición.

## ABSTRACT

In order to determine the percentage of the most representative compounds in the extraction of paico essential oil, the main control variables of the process were evaluated, analyzed and examined; these being the percentage of humidity, extraction time and mass of the sample. For the tests, paico leaves (*Chenopodium ambrosioides* L.) collected from Paccha district of Jauja - Junín, in the periods from November to December, were used. They were then subjected to a pretreatment where they were reduced to 2 cm and some samples were dried to favor the extraction of the essential oil. The experimentation had as independent variables the percentage of humidity in leaves at 60%, 70% and 80%, the extraction time at 60min, 70min and 80min and the mass of the sample at 500g, 750g and 1000g. The essential oil was extracted in steam distillation equipment coupled to a fractionation column at laboratory level. Afterwards, the extracted samples were subjected to organoleptic analysis where the majority presented a bright liquid appearance, slightly yellow color and concentrated odor. Then, analysis was carried out by gas chromatography coupled to GC/MS mass spectrometry to determine the percentages of the compounds in the distillates with a differentiated composition of paico essential oil. Based on the GC/MS results and the literature review, the carvacrol compound was selected and evaluated due to its interesting properties in different sectors such as medicine, pharmacy and agriculture. The observed values and the statistical analysis indicated the existence of a combination of conditions that increases the percentage of carvacrol, verifying the proposed hypothesis. In the results obtained in the present study, mass and humidity were significant variables. The appropriate levels of the independent variables found were 750g, 70% humidity and 60min. From the research and experimental analysis, it was found that the composition of paico essential oil varies according to the region and harvest season, in this case the most representative compounds being  $\alpha$ -terpinolene (50.94%), p-cymene (8.25%) and carvacrol (3.42%).

**Keywords:** Paico, extraction, essential oil, distillation, composition.



## INTRODUCCIÓN

La actual predilección de los consumidores por productos naturales está convirtiendo el uso de aceites esenciales en una industria que crece anualmente en diferentes países.

La OMS estima que el 80% de los más de 6.000 millones de habitantes de la tierra confían en las plantas medicinales para suplir sus principales necesidades de salud [1].

Teniendo en cuenta el cultivo de plantas aromáticas a nivel nacional y la inmensa biodiversidad de nuestra flora, consideramos que el paico (*Chenopodium ambrosioides* L.) una planta aromática que también posee Perú encierra un potencial económico muy interesante en virtud de sus múltiples propiedades como curativas, de uso artesanal, fácil propagación, reproducción y siembra. Pero para tal propósito se requieren profundizar los estudios de sus componentes, métodos de extracción y la determinación de la composición del aceite esencial de paico en diferentes departamentos del Perú.

La destilación por arrastre con vapor es uno de los métodos más utilizados para la obtención de aceite esencial crudo. Muchas aplicaciones requieren fracciones de AEC, enriquecidas en un componente o grupo de ellos, para lo cual se utiliza destilación al vacío. En este trabajo se propone realizar un fraccionamiento del aceite esencial crudo (AEC) durante el proceso de extracción por destilación con arrastre de vapor, para lo cual se colectaron distintos cortes, en lugar de una única mezcla final que es la metodología tradicionalmente utilizada [2].

Es por ello, que el presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar el porcentaje de los compuestos más representativos en los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de paico en un determinado departamento del Perú. Y a la vez mejorar su método de obtención mediante la variación de las condiciones de extracción como masa, porcentaje de humedad y tiempo. Este trabajo tiene como valor incentivar la extracción del aceite esencial de paico en futuras investigaciones y en diferentes departamentos del Perú para conocer más de sus componentes, profundizar y mejorar los métodos ya existentes con apoyo de la tecnología.

# I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 Descripción de la realidad problemática

Se considera que existen unos 3 millones de especies vegetales en la tierra. De estas, se han identificado botánicamente unas 55.000 especies. Y de estas, un pequeño grupo ha sido exhaustivamente estudiado para conocer sus potencialidades para el aprovechamiento por parte de la humanidad [3].

El conocimiento sobre todas las plantas aromáticas en los diferentes departamentos del Perú es escaso, solo existen estudios antiguos y muy detallados sobre las plantas aromáticas más conocidas como el eucalipto, hierba buena y menta, por citar algunas. En el caso de la planta aromática Paico (*Chenopodium ambrosioides* L.), existen pocos estudios nacionales y recientes sobre métodos, procesos de extracción, artículos científicos y resultados de investigaciones como la determinación de la composición del aceite esencial de paico en diferentes departamentos o regiones del Perú.

Por otra parte, la ausencia de laboratorios in situ o cercanos al lugar donde crece el paico es una desventaja para un mejor estudio, por ello se debe impulsar la investigación del paico y otras plantas aromáticas poco conocidas en todas las universidades y centros de investigación del Perú.

Cada día y con mayor frecuencia surge en los países más desarrollados un vivo interés por el estudio y la investigación el consumo y la producción de plantas aromáticas y medicinales, que les abre un amplio y creciente campo de aplicación a las industrias farmacéutica, alimentarias y perfumero-cosmética [4]. Es importante mencionar que el uso de aceites esenciales como medicina alternativa y complementaria se está incrementando en el país y el mundo, la cual es requerida para su exportación a otros países. Por todo lo descrito anteriormente, se ha planteado esta investigación en base al paico una planta aromática nativa de origen americano que también posee el Perú.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

- ¿Cuál será el porcentaje de los compuestos más representativos en los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de paico, variando las condiciones de extracción y fraccionamiento simultáneo?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál será el porcentaje de humedad más importante durante la extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de paico para la obtención de destilados de composición diferenciada?
- ¿Cómo influye el incremento del tiempo en la extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de paico para la obtención de destilados de composición diferenciada?
- ¿Cómo afecta la variación de la masa a la extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de paico para la obtención de destilados de composición diferenciada?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Determinar el porcentaje de los compuestos más representativos en los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de paico, variando las condiciones de extracción y fraccionamiento simultáneo.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Evaluar los porcentajes de humedad establecidos para la extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de paico para la obtención de destilados de composición diferenciada.
- Analizar los tiempos de extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de paico para la obtención de destilados de composición diferenciada.
- Examinar la variación de la masa usando 500g, 750g. y 1000g de muestra en la extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de paico para la obtención de destilados de composición diferenciada.

## **1.4 Justificación**

La determinación del porcentaje de los compuestos más representativos en los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de paico variando las

condiciones de extracción y fraccionamiento simultáneo permitirá:

Adquirir conocimientos sobre la composición del aceite esencial de paico en una determinada ciudad o departamento del Perú, como lo es Paccha — Junín, con el fin de obtener más datos de sus componentes, para luego comparar resultados con otros estudios de la planta aromática en mención y evaluar en qué lugar es viable su producción a nivel industrial.

Difundir el uso del aceite esencial de paico y de sus componentes para favorecer la salud de nuestra sociedad.

Mejorar los métodos de extracción de aceite esencial a nivel laboratorio, evaluando condiciones adecuadas durante el proceso, para después ejecutar su producción a nivel industrial y de esa manera contribuir al desarrollo económico del país.

## **1.5 Delimitantes de la investigación**

### **1.5.1 Teórica**

Al iniciar la presente investigación se contaron con fuentes informativas en físico como libros, tesis y también artículos científicos de internet, pero conforme se iba desarrollando se requería información de más análisis por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas, lo cual nos llevó más tiempo e inversión para obtenerlas.

### **1.5.2 Temporal**

Para la presente investigación, se usó la planta aromática paico durante los periodos de cosecha de noviembre a diciembre, por encontrarse en periodo óptimo de cosecha anual.

### **1.5.3 Espacial**

La presente investigación, se desarrolló en el Laboratorio de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) de la Facultad de Ingeniería Química — Universidad Nacional del Callao, ubicado en Av. Juan Pablo II 306 - distrito Bellavista y Provincia Constitucional del Callao, donde se encontró la mayoría de los equipos a utilizar a excepción del cromatógrafo de gases acoplado a espectrometría de masas CG/EM cuyo servicio de análisis fue realizado en la Unidad de Investigación en Productos Naturales de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, ubicado en Av. Honorio Delgado 430 - distrito San Martín de Porres y Provincia Lima.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes:

#### 2.1.1 Internacional

En el estudio de “Bioactividad del aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* colombiano”. Usaron 500g de hojas y tallos finamente picados. Dieron como resultado que el compuesto mayoritario encontrado fue el  $\alpha$ -terpineno (60,29%), seguido del p-cimeno (20,49%), 4-careno (7,96%), trans-ascaridol (1,91%), carvacrol (1.64%). Los resultados respecto a la composición química de los aceites esenciales difieren en el tipo o proporción de los compuestos encontrados; esto puede ser debido a las condiciones geobotánicas del medio, al método de cultivo, a la técnica de extracción, el estado vegetativo de la especie utilizada, a la época de recolección, entre otras [5].

Del trabajo de graduación “Determinación del rendimiento y caracterización fisicoquímica del aceite esencial de apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) obtenido de plantas cosechadas en diferentes etapas de desarrollo a nivel laboratorio”. Se menciona que en las muestras analizadas se encontraron 6 compuestos comunes los cuales son: d-limoneno, S (+)-carveol, trans-carveol, trans-p-menta-2,8-dieno-1- ol, 2-metilen-5-(1-metiletenuil)-ciclohexanol y fitol. La literatura describe varios componentes comunes en el aceite esencial de apazote, tales como: p-cimeno, ascaridol, limoneno, alpha-termineno, mentadieno y cineol. También describe que el aceite de apazote es un líquido incoloro o de amarillo pálido o anaranjado, con olor peculiar, sabor ardiente y amargo que le da las características especiales al apazote [6].

En la tesis “Eficacia antibacteriana in vitro de marco (*Ambrosia arborescens* miii.) y paico (*Chenopodium Ambrosioides* L.) en una formulación cosmética. Nos dicen que el contenido de humedad en el paico (*Chenopodium Ambrosioides* L.) es de 86,1% [7].

En la investigación bibliográfica “Epazote (*Chenopodium ambrosioides*). Revisión a sus características morfológicas, actividad farmacológica y biogénesis de su principal principio activo, ascaridol”. Nos explica que el  $\alpha$ -terpineno se encuentra muy distribuido en aceites esenciales, mientras que el

ascaridol, su producto de oxidación, solo ha sido reportado en algunas especies de *Chenopodium*, *Peumus* (Fam. Monimiaceae), *Croton* (Fam. Euphorbiaceae) y *Ledum* (Fam. Ericaceae). Y concluyó que la revisión bibliográfica arrojó resultados muy interesantes. Lo primero que se puede resaltar es el extendido uso que *C. ambrosioides* tiene a lo largo de toda América, Europa, África y Asia, así como en todos los lugares mencionados es sujeto de investigación científica seria para explorar a fondo todas sus propiedades terapéuticas [8].

### **2.1.2 Nacional**

En el trabajo de investigación “Efecto antibacteriano in vitro del aceite esencial de hojas de *Chenopodium ambrosioides* L. (paico) sobre *Staphylococcus aureus*”, utilizó hojas para la extracción del aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* L. (paico) el método de destilación por arrastre de vapor de agua. Nos relata que se colocó 250g de hojas cortas de *Chenopodium ambrosioides* L. (Paico), se agregó 750 ml de agua destilada, se conectó el equipo para su funcionamiento y finalmente se calentó hasta punto de ebullición durante 2h [9]. En la tesis “Efecto antifúngico comparativo in vitro del aceite esencial etanólico de hojas de *Chenopodium ambrosioides* L. “paico” sobre *Rhizoctonia solani* K.”, expresa. El aceite esencial se extrajo a partir de hojas secas de paico por el método de destilación por arrastre de vapor de agua, para ello se colocó 5kg. de la muestra en un equipo extractor industrial de aceites esenciales y se agregó 10L de agua destilada y finalmente se calentó hasta punto de ebullición 94°C durante 2 horas. El aceite esencial de las hojas de paico se recibió en frascos de vidrio color ámbar de 5ml de capacidad [10].

En la tesis “Características fisicoquímicas y efecto del aceite esencial de las hojas de *Chenopodium ambrosioides* L. (paico) y determinación del porcentaje relativo de sus componentes hidrogenados e hidrocarbonados” menciona el aceite esencial fue extraído a partir de hojas de *Chenopodium ambrosioides* L. (paico) por el método de destilación por arrastre de vapor de agua para ello se colocó 2000 gramos de muestra y se agregó 500mL de agua destilada y finalmente se calentó hasta punto de ebullición durante 2h. Como producto del

proceso de condensación se obtuvo dos fases una de aceite esencial y otra de agua [11].

En el “Estudio de la determinación de la composición química del aceite esencial de paico (*Chenopodium ambrosioides* L.)” nos dice. Los ensayos experimentales para la extracción del aceite esencial de paico (*Chenopodium ambrosioides* L.) por arrastre con vapor de agua a nivel de laboratorio demuestran que la metodología es eficiente. En el generador de vapor, se añade de 4 a 5 litros de agua común. El tiempo de extracción fue de 45 a 60 minutos. La composición química del aceite esencial del paico se ha obtenido por cromatografía de gases y se presenta cineol (7.2%), p-cimeno (2.6%),  $\alpha$ -pineno (14.5%),  $\beta$ -pineno (5.2%),  $\alpha$ -felandreno (43%),  $\alpha$ -terpineno(3.8%), limoneno (4.2%), cis-anetol (2.4%), carvona (1.82%), timol (1.8%), carvacrol (0.75%), linalol (0.95%), ascaridol (11.78%). Y concluye que la cantidad de aceite esencial extraído del paico fresco, cuyo porcentaje de humedad es 72%, es menor a la obtenida de la materia, paico, con menor porcentaje de humedad 58% [12].

En la tesis “Extracción y caracterización de aceite esencial de paico (*Chenopodium ambrosioides*) mediante arrastre de vapor” menciona que 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 perdida debido a la recirculación que tiene el florentador con la cámara de extracción del equipo de extracción por arrastre con vapor [13].

## **2.2 Bases Teóricas:**

### **2.2.1 El paico**

Es una especie introducida en la Amazonía desde otras regiones de América en épocas remotas, siendo su uso muy difundido. Se propaga por semillas y esquejes. Se le puede sembrar durante todo el año, en asociación con hortalizas. El paico crece de manera silvestre y cultivada en la costa, sierra y Amazonía del Perú, hasta los 4,000 msnm, en los bordes de las chacras, los terrenos de cultivo y los jardines. Es común encontrarlo en los departamentos de Cajamarca, Cusco, Huánuco, Loreto y San Martín [14].

**a) Nombre Científico.**

El paico cuyo nombre científico es “*Chenopodium ambrosioides* L” pertenece a la familia de los Chenopodiaceae, es una planta medicinal de uso común en nuestro medio [4].

**b) Sinónimos.**

Cashua. Anserina, Amash, Amasamas, Amush, Comatai, Cashiva. Hierba de Santa María, Paicco, Payco (piro, yine); Paiko, Pozote, Té de la tercera especie, Wasi-ico (shushufindisiona); Mastruz, Mentruz, Mastruco, Mentruco y Erva de Santa María (portugués); Sie-sie (ese eja); Paico (shipiboconibo) [15].

Además, el paico “*Chenopodium ambrosioides* L.” conocido también en otros países con el nombre popular de “paico macho”, té de los jesuitas en nuestro medio, pazote, pozote, epazote, etc. En México, Cuba, etc. guaraní - Tupí como caáné, mirí; en alemán como amerikanischer Wurmsamen; en francés como Ansérine vermifuge; en inglés como chenopodium american wormseed, wild wormseed, Jerusalem Tea, Mexican Tea, goosefoot, Jerusalem oak stinking weed; en portugués como erva de Santa María, erva formigueira, mentrey, cha do México, erva vomiqueira, matruz, mentruz, etc [16].

**c) Origen.**

Nativo

**d) Taxonomía.**

**Figura 1**

*Descripción botánica del paico*

	<b>Reino:</b>	Plantae
	<b>Filo:</b>	Angiospermae
	<b>Clase:</b>	Dicotyledoneae
	<b>Orden:</b>	Caryophyllales
	<b>Familia:</b>	Chenopodiaceae
	<b>Género:</b>	Chenopodium
	<b>Especie:</b>	Ch. Ambrosioides

Fuente: Tomado de Perú Ecológico [17].



#### **e) Morfología.**

- Tamaño: El paico es una hierba erecta, perenne o anual que puede alcanzar hasta 1m de altura. Su tallo puede ser simple o ramificado en la base y con pubescencia glandular.
- Hojas: Numerosas alternas, de color verde oscuro rojizas, las inferiores generalmente ovoides y lanceoladas con bordes dentados o profundamente sinuosos, de 5 a 8 cm de largo y 1 a 3 cm de ancho, peciolo corto, verde claro, nervaduras en forma de pluma; las superiores son más pequeñas, lanceoladas y de bordes enteros.
- Flores: Hermafroditas, pequeñísimas, agrupadas en glomérulo, reunida en panícula que sale de la axila de las hojas; cáliz con 5 sépalos, apétalos de color verde amarillentas.
- Fruto: Globuloso envuelto en los restos del cáliz de 1,5 a 2 mm de diámetro, pericarpo delgado.
- Semilla: Lenticular bruna o negra, brillante y lisa de 0,5 mm de espesor [15].

#### **f) Componentes químicos.**

Esta especie contiene principalmente; ascaridol y otros monoterpenos (carenos, limoneno, isolimoneno, timol, P-cimeno, carvacrol, carvona, safrol, P-cimol, cineol, aritasona, mirceno, A-pineno, A-terpineno, felandreno, quenopodina, histamina, glicol); alcaloides, ácido butírico, salicilato de metilo, saponinas, sesquiterpenos, triterpenos, lípidos, flavonoides (campferol-7-ramno-sidio, ambosidio, quercetina), aminoácidos, ácidos orgánicos (cítrico, málico, vanílico, tartárico, oxálico y succínico), alcanfor, pectina, taninos, terpenos, carveno, anethole (éster fenólico) y santonina [15].

#### **g) Cosecha.**

Se realiza el primer corte a los 80 días de la siembra y posteriormente cada 30 días a 10 o 12cm del suelo para facilitar el rebrote [15].

#### **h) Manejo post cosecha.**

Las partes vegetales, después de cosechadas, deben desecarse de preferencia bajo sombra para su conservación [15].

**i) Clima.**

El paico es cultivado con gran facilidad en climas tropicales, subtropicales y templados, y en suelos de cualquier tipo con abundante materia orgánica [15].

**j) Distribución geográfica.**

Esta distribuido en las zonas cálidas y templadas de todo el país en la costa, sierra y selva [15].

**k) Suelo.**

Se cultiva en suelos areno-arcillosos, arcillosos y en área alta bien drenada, soportando escasa materia orgánica [15].

**l) Biotopo de poblaciones naturales.**

Habita en laderas peñascosas, suelos no inundables, inundable anualmente e inundable sólo en creciente alta, alejado de cuerpos de agua, en chacras nuevas y a campo abierto. Susceptible a inundaciones prolongadas [15].

**m) Uso medicinal.**

Por ser sus propiedades conocidas tradicionalmente su difusión en el mercado se ofrece en presentación fresca o sus hojas desecadas y empaquetadas [15].

**Tabla 1**

*Usos Medicinales del Paico*

<b>Propiedad</b>	<b>Preparación</b>
Antiemético Inflamación de vías urinarias	Cocimiento de las hojas
Contraceptivo	Cocimiento de las raíces y las hojas
Antiséptico	Aplicación del zumo de las hojas
Digestivo Diurético Hepatoprotector Dismenorrea Espasmos Flatulencia Hemorroides Reumatismo	Infusión de las hojas
Acidez Diabetes	Infusión de la planta
Diarrea	Infusión de las ramas

Fuente: Tomado de Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana [15]

Es una planta aromática y medicinal usada por los indios americanos desde los tiempos prehispánicos, habiéndose introducido en la Amazonia desde otras regiones de América en una época desconocida. Se ha empleado tradicionalmente para la eliminación de los parásitos intestinales, especialmente los áscaris lombrices y la tenía. Es beneficiosa en los dolores de estómago, las indigestiones, la disentería, los trastornos menstruales, etc. En 1895 se aisló el aceite esencial de quenopodio, que fue largamente aprovechado como antihelmíntico hasta la llegada de nuevos medicamentos, como el tetracloruro de carbono, que lo desplazaron; sobre todo por sus efectos tóxicos [18].

### **2.2.2 Métodos de extracción de aceites esenciales**

La destilación es el principal método para extraer los aceites esenciales de las plantas aromáticas, puede ser directo o con vapor de agua. La elección del método depende de la cantidad o características del aceite (volatilidad, punto de ebullición de los componentes, etc.), como de la planta o la parte de la cual se va a extraer el aceite esencial. Dentro de las prácticas existen diversos métodos tanto a nivel industrial, como de laboratorio y dependen del grado de contacto entre el material vegetal y el agua, estos son: extracción por los métodos de agua — vapor e hidrodestilación [19].

#### **Extracción por arrastre de vapor.**

Es el método más utilizado, requiere una mayor sofisticación pues es necesario un generador de vapor externo, en este caso, un caldero, el cual genera vapor que puede ser transportado por tuberías hacia la cámara de extracción, este vapor puede ser seco o húmedo.

De manera general, la extracción por arrastre de vapor se describe de la siguiente manera: la materia prima vegetal es cargada en un extractor, de manera que forme un lecho fijo compactado. Su estado es entero. El vapor de agua es inyectado por la parte inferior, próximo a su base y con la presión suficiente para vencer la resistencia hidráulica del lecho. La generación del vapor es remota (caldera). Conforme el vapor entra en contacto con el lecho, la materia prima se calienta y va liberando el aceite esencial contenido y éste, a su vez, debido a su alta volatilidad se va evaporando. Al ser soluble en el vapor circundante, es “arrastrado”, corriente arriba hacia el tope del extractor. La

mezcla, vapor saturado y aceite esencial, fluye hacia un condensador, mediante un “cuello de cisne” o prolongación curvada del conducto de salida del extractor. En el condensador, la mezcla es condensada y enfriada, hasta la temperatura ambiental. A la salida del condensador, se obtiene una emulsión líquida inestable. La cual, es separada en un decantador dinámico o florentino.

En este equipo el aceite esencial se va acumulando, debido a su casi inmiscibilidad en el agua y a la diferencia de densidad y viscosidad con el agua. Posee un ramal lateral, por el cual, el agua es desplazada para favorecer la acumulación del aceite. El vapor condensado acompañante del aceite esencial y que también se obtiene en el florentino, es llamado “agua floral”. Posee una pequeña concentración de los compuestos químicos solubles del aceite esencial, lo cual le otorga un ligero aroma, semejante al aceite obtenido. Si un hervidor es usado para suministrar el vapor saturado, el agua floral puede ser reciclada continuamente, de otro modo, es almacenada como un subproducto. El proceso termina, cuando el volumen del aceite esencial acumulado en el florentino no varíe con el tiempo.

A continuación, el aceite es retirado del florentino y almacenado en un recipiente y en lugar apropiado. El extractor es evacuado y llenado con la siguiente carga de materia prima vegetal, para iniciar una nueva operación [20].

### **Características del proceso.**

En la destilación por arrastre de vapor se lleva a cabo la vaporización selectiva del componente volátil de una mezcla formada por éste y otros "no volátiles". Lo anterior se logra por medio de la inyección de vapor de agua directamente en el seno de la mezcla, denominándose este "vapor de arrastre", pero en realidad su función no es la de "arrastrar" el componente volátil, sino condensarse en el matraz formando otra fase inmiscible que cederá su calor latente a la mezcla a destilar para lograr su evaporación. En este caso se tendrán la presencia de dos fases insolubles a lo largo de la destilación (orgánica y acuosa), La solubilidad mutua de algunos líquidos es tan pequeña que pueden considerarse prácticamente insolubles, este comportamiento sucede generalmente con mezclas de hidrocarburos y agua. Si los líquidos son completamente insolubles, la presión de vapor de cualquiera de los componentes no puede ser modificada

por la presencia del otro; además, ambos ejercen una presión de vapor verdadera a la temperatura predominante. Cuando la suma de las presiones de vapor por separado es igual a la presión total, la mezcla hierve; la composición del vapor se calcula fácilmente, suponiendo que se puede aplicar la sencilla ley de los gases.

Por lo tanto, cada líquido se comportará como si el otro no estuviera presente. Es decir, cada uno de ellos ejercerá su propia presión de vapor y corresponderá a la de un líquido puro a una temperatura de referencia (principio básico de la destilación de dos líquidos heterogéneos; cada uno ejerce su propia presión de vapor como si el otro componente estuviera ausente. Cuando las presiones de vapor combinadas alcanzan la presión del recinto, la mezcla hierve).

La presión total del sistema será la suma de las presiones de vapor de los componentes de la mezcla orgánica y del agua:

$$P_T = P_A^0 + P_B^0$$

$$y^* = \frac{P_A^0}{P_T}$$

Sin embargo, si la mezcla a destilar es un hidrocarburo con algún aceite, la presión de vapor del aceite al ser muy pequeña se considera despreciable para efecto de los cálculos.

Por otra parte, el punto de ebullición de cualquier sistema se alcanza a la temperatura a la cual la presión total del sistema es igual a la presión del confinamiento. Y como los dos líquidos juntos alcanzan una presión dada, más rápidamente que cualquiera de ellos solos, la mezcla hervirá a una temperatura más baja que cualquiera de los componentes puros.

$$T_{ebull,m} = T_{ebull,A} \cdot y_A + T_{ebull,B} \cdot y_B$$

Pero al ser  $T_{ebull,B} \cdot y_B$  muy pequeña su valor tiende a 0, entonces la expresión anterior quedaría:

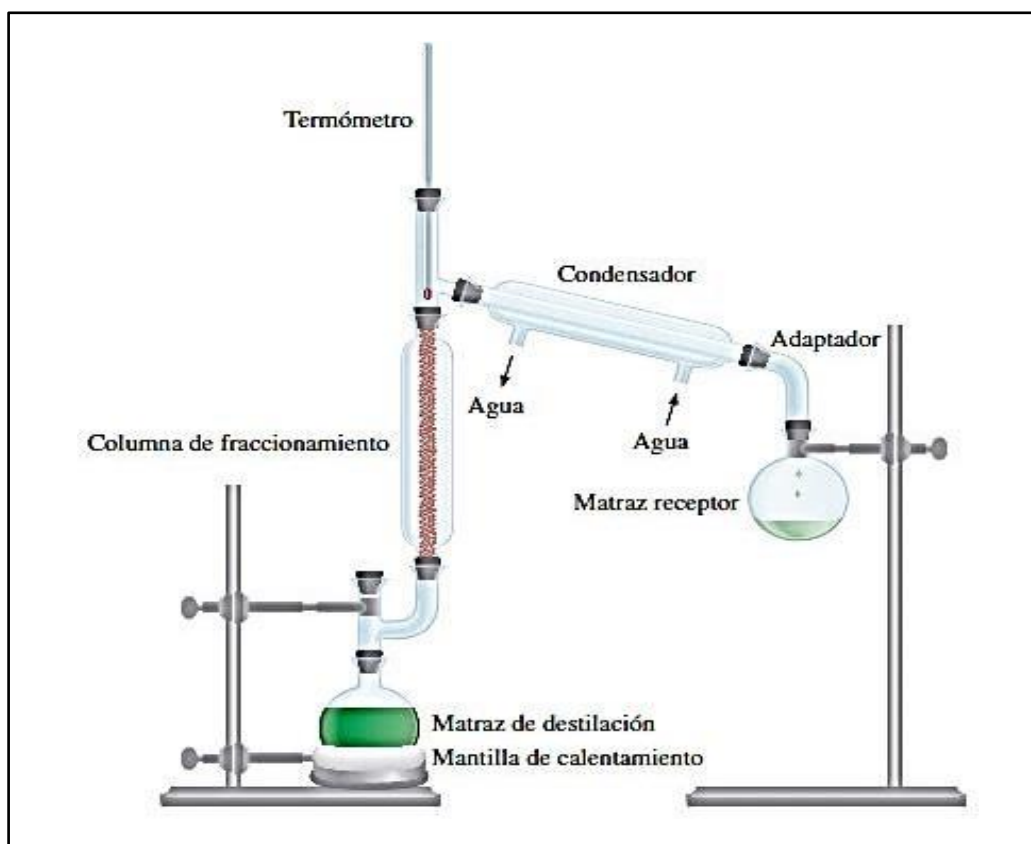
$$T_{ebull,m} = T_{ebull,A} \cdot y_A$$

Mientras las dos fases líquidas estén presentes, la mezcla hervirá a la misma temperatura y producirá un vapor de composición constante; esto indica, que el comportamiento que tendrá la temperatura a lo largo de la destilación será constante, ya que no existen cambios en la presión de vapor o en la composición de los vapores de la mezcla, es decir que el punto de ebullición permanecerá constante mientras ambos líquidos estén presentes en la fase líquida. En el momento que uno de los líquidos se elimine por la propia ebullición de la mezcla, la temperatura ascenderá bruscamente.

Debemos considerar que mediante este método (destilación por arrastre de vapor) mientras el agua líquida este presente, el líquido orgánico de alto punto de ebullición se evaporará a una temperatura bastante menor que su punto normal de ebullición, sin necesidad de utilizar un equipo de vacío. Sin embargo, las necesidades calóricas del proceso por arrastre de vapor son grandes, puesto que se tiene que evaporar simultáneamente una gran cantidad de agua [21].

## Figura 2

*Equipo para destilación fraccionada en pequeña escala*



Fuente: Tomado de Chang [22]

### **2.2.3 Aceites esenciales**

Un aceite esencial o esencia (ambos términos los consideraremos sinónimos) se define como una parte del metabolismo de un vegetal, compuesto generalmente por terpenos, que están asociados o no a otros componentes, la mayoría de ellos volátiles, y generan en conjunto el olor de dicho vegetal. Parte de metabolismo de una planta es el concepto más importante a tener en cuenta, cuando se va a trabajar con esencias. Cuando se habla de un alcaloide, de un flavonoide o de un azúcar, se está mencionando un producto puro, químicamente definido, con una fórmula característica. Pero cuando se habla de una esencia, igual que un aceite fijo o un resinoide, se debe tener presente que se está mencionando una mezcla de productos, aislados en una proporción y con una composición muy variable [4].

Los aceites esenciales llamados también esencias, aceites volátiles o aceites etéreos, son una mezcla de sustancias aromáticas producidas por muchas plantas. Están presentes en minúsculas gotas en las hojas, en la piel de la fruta, en la resina o en la madera. Las plantas poseen pequeñas cantidades de aceite esencial respecto a su masa vegetal. Estos aceites son olorosos y muy volátiles, es decir, que se evaporan muy rápidamente al entrar en contacto con el aire. Tienen una química compleja, pero en general son una mezcla de terpenos, alcoholes, aldehídos, ésteres, etc. Son solubles en los aceites y en el alcohol, e insolubles en el agua, aunque le transmiten el perfume [23].

Son los compuestos odoríferos naturales que se encuentran en las plantas y son aislados de las mismas. Generalmente, son líquidos (en algunas ocasiones semisólidos y muy raras veces sólidos) poco solubles en agua, pero si volatilizables con vapor, se evaporan a diferentes velocidades bajo presión atmosférica [24].

Los aceites esenciales son fracciones líquidas volátiles, generalmente son mezclas homogéneas de compuestos químicos orgánicos, provenientes de la familia química de los terpenoides. Generan diversos aromas agradables y perceptibles al ser humano. Bajo condiciones de temperatura ambiental, son líquidos poco densos, pero con mayor viscosidad que el agua. Los aceites esenciales son metabolitos secundarios sintetizados por las plantas, producidos

al momento de activarse mecanismos de defensa como respuesta a factores ambientales y ecológicos, estos presentan roles de defensa, atracción de polinizadores, entre otros. Son inflamables, no son tóxicos, aunque pueden provocar alergias en personas sensibles a determinados terpenoides [25].

### **Composición química de los aceites esenciales**

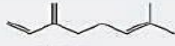

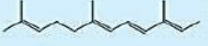

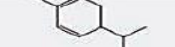
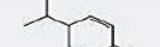

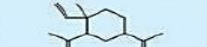

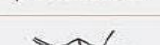






El material vegetal (planta aromática), al ser sometido al vapor de agua libera una mezcla odorífera líquida (aceite esencial) de una gran variedad de sustancias volátiles, que recuerdan el olor, en forma muy concentrada de la misma planta. Esta mezcla puede tener desde 50 hasta más de 300 sustancias químicas y está compuesta por hidrocarburos terpénicos, sus derivados oxigenados, alcoholes, aldehídos y cetonas, así como por éteres, ésteres, compuestos fenólicos, fenilpropanoides y otros derivados [19].

Su composición química es bastante compleja, pues, como se ha dicho, se trata de mezclas de numerosas sustancias, las que pertenecen principalmente a los compuestos terpénicos. Los terpenoides o terpenos forman el grupo más numeroso de compuestos presentes en la mayoría de aceites esenciales. El nombre "terpeno" se deriva de la palabra "terpentina", que es un líquido muy oloroso, volátil e inflamable, formado básicamente por pinenos que se aíslan por arrastre con vapor de las especies de la familia Pinaceae (pinos, abetos). Químicamente, los terpenos son productos de la unión de varias moléculas (unidades) del isopreno, que es un hidrocarburo insaturado con fórmula condensada  $C_5H_8$ . Los isoprenos pueden acoplarse entre sí de múltiples maneras y formar numerosos isómeros. En esta familia de compuestos (terpenos) se observa toda clase de isomería, e.g., geométrica, óptica y estereoisometría. De acuerdo con el número de unidades isoprenicas fusionadas, se constituyen, respectivamente, monoterpenos ( $n=2$ ,  $C_{10}H_{16}$ ) y sesquiterpenos ( $n=3$ ,  $C_{15}H_{24}$ ). Estos son los integrantes más comunes de los aceites esenciales, junto con sus numerosos derivados oxigenados, entre ellos, aldehídos, cetonas, alcoholes y ésteres [19].



**Figura 3**

*Monoterpenos y sesquiterpenoides*

Unidades isoprenicas (C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> )			
Monoterpenos (n = 2)		Sesquiterpenoides (n = 3)	
 β-Mirceno	 Ocimeno	 Farneseno	 Farnesol
 α-Felandreno	 β-Felandreno	 Nerolidol	 Elemeno
 α-Pineno	 β-Pineno	 Cedreno	 Cedrol
 Limoneno	 p-Cimeno	 Germacreno	 Germacrona

Fuente: Tomado de Stashenko [19]

Los hidrocarburos terpénicos (C<sub>10</sub>, C<sub>15</sub>) no se mezclan con agua, pero sus derivados oxigenados (alcoholes, cetonas, éteres o éteres), si son más solubles en ella o en soluciones hidroetánolicas; esta propiedad se aprovecha para su uso como aromatizantes en diferentes productos finales, alimentos, bebidas, lociones, perfumes, etc. Otro grupo importante de los constituyentes de los aceites esenciales lo conforman fenoles y sus éteres, fenilpropanoides, cumarinas y furanocumarinas, entre otros [19].

Por lo tanto, según la familia de compuestos químicos que prevalezca en la mezcla, los aceites esenciales, a grosso modo. Se pueden clasificar en los siguientes tres grupos principales:

- Tipo Monoterpenoide: La mayoría de las sustancias presentes en el aceite son monoterpenos y sus análogos oxigenados.
- Tipo Sesquiterpenoide: Es cuando en el aceite predominan sesquiterpenos y sus derivados oxigenados.
- Tipo Fenólico: La presencia de aceites ricos en compuestos fenólicos y fenilpropanoides y otros compuestos oxigenados no terpénicos [19].

## Propiedades de los aceites esenciales.

- **Propiedades organolépticas**

Describen olor, color, sabor y aspecto de los aceites obtenidos, puesto que estas características físicas contribuyen a la definición de la calidad y además orientan sobre las posibles aplicaciones industriales [26].

- **Propiedades cromatográficas y espectroscópicas**

El uso de algunas técnicas modernas del análisis químico instrumental (CG/EM, RMN-H1, RMN-C13, IR-TF, cromatografía multidimensional, análisis "headspace", otros) hace posible la cualificación y cuantificación de los aceites esenciales [26].

**Figura 4**

*Propiedades de los aceites esenciales*

Propiedades organolépticas	Determinaciones físico-químicas	Análisis cromatográfico y espectroscópico
 <p>Olor Color Apariencia Textura</p>	<p><b>Propiedades físicas</b> Densidad Rotación óptica Índice de refracción Punto de congelamiento Punto de combustión Solubilidad en etanol</p>	<p><b>Cromatografía</b> GC-FID GC-MS GC x GC – FID GC x GC – MS GC en columnas quirales GC-olfatometría</p>
	<p><b>Índices</b> De acidez De éster De saponificación De fenoles</p>	<p><b>Espectroscopia</b> Ultravioleta- visible (UV-Vis) Infrarroja (IR) Resonancia magnética nuclear (RMN)</p>
Otras determinaciones	Residuos de pesticidas y metales pesados	

Fuente: Tomado de Stashenko [19].

### 2.2.4 La cromatografía de gases

En la cromatografía de gases los componentes de una muestra vaporizada se separan como consecuencia del reparto entre una fase gaseosa y una fase estacionaria contenida en una columna. Al efectuar una separación cromatografía de gases, la muestra se vaporiza y se inyecta en la cabeza de la columna. La elución se lleva a cabo mediante el flujo de una fase móvil de gas inerte. A diferencia de la mayoría de las otras técnicas cromatográficas la fase móvil no interactúa con las moléculas de los compuestos a separar, su única función es transportar los compuestos a través de la columna [27]. Un cromatógrafo de gases consiste en: fase móvil (gas portador), puerto de inyección, horno, columna, fase estacionaria, detector, sistema de registro de datos.

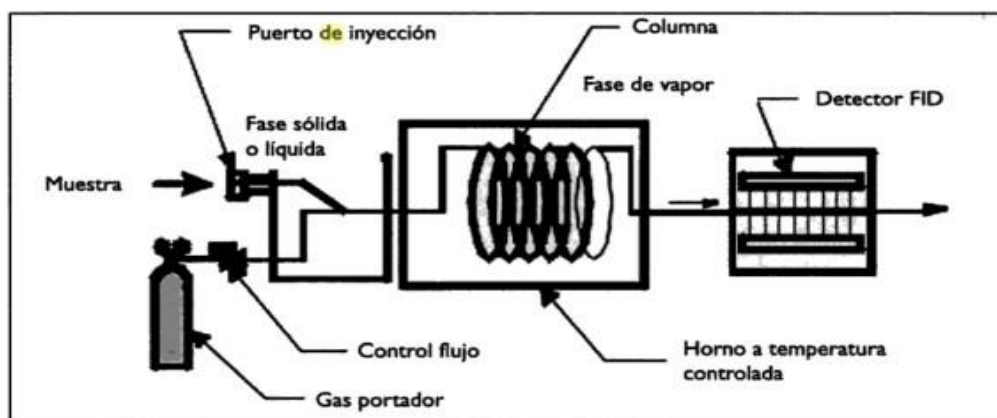
El detector de ionización de llama (FID) es el más utilizado y en común es uno de los más aplicables en cromatografía de gases, debido a su muy alta sensibilidad, también presenta una característica muy importante que es la de poseer un factor de respuesta (en masas) casi idéntico para todos los hidrocarburos [27].

### **2.2.5 La cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG/EM)**

El método de La cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas CG/EM permite realizar en una sola operación, para una muestra del orden de 1  $\mu$ L, un análisis cualitativo junto con una indicación de las proporciones en las que se encuentran los componentes. Cuando se dispone de sustancia patrón, la calibración del equipo permite un análisis cuantitativo exacto de la muestra. Este es un método completamente adecuado para la identificación debido a que los componentes del aceite son compuestos volátiles y de bajo peso molecular (< 250 dalton). La esencia se inyecta directamente en el cromatógrafo, sin ningún tratamiento previo. Esto elimina cualquier posibilidad de introducir modificaciones en la composición de la muestra o en la estructura de sus constituyentes. En la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas se escogen los cromatogramas de los picos más altos, o en un caso específico, el pico de interés, y éste se hace llegar al espectrómetro de masas para correrlo [26].

**Figura 5**

*Cromatografía de gases*



Fuente: Tomado de Barquero [28]

## **2.3 Marco conceptual:**

### **2.3.1 Extracción por arrastre de vapor**

La destilación por arrastre con vapor de agua es el método más común para la obtención de aceites esenciales. Se trata de un proceso de separación por el cual, mediante el uso de vapor de agua, se vaporizan los componentes volátiles de la materia vegetal. El procedimiento consiste en hacer pasar un flujo de vapor a través de la materia prima, de modo que arrastra consigo los aceites esenciales. Posteriormente, estos vapores se enfrían y se condensan, dando lugar al destilado líquido formado por dos fases inmiscibles, la acuosa y la orgánica, que es el aceite esencial [29].

Durante la destilación por arrastre de vapor se tendrá la presencia de dos fases inmiscibles (orgánica y acuosa), por lo tanto cada líquido se comportará como si el otro no estuviera presente, cada uno de ellos ejercerá su propia presión de vapor y corresponderá a la del líquido puro a una temperatura de referencia, la condición más importante para que este tipo de destilación sea aplicado es que tanto el componente volátil como la impureza sean insolubles en agua, ya que el producto destilado (volátil) formará dos fases al condensarse, lo cual permitirá la separación del producto y del agua fácilmente. La presión total del sistema será la suma de las presiones de vapor de los componentes de la mezcla orgánica y del agua [30].

### **2.3.2 Aceite esencial de paico**

Los aceites esenciales no son sustancias puras, sino una mezcla compleja de compuestos orgánicos volátiles y de carácter aromático que se pueden encontrar en algunas familias de plantas. Su concentración en la materia prima es muy baja, tanto que a veces resulta imposible su extracción. Normalmente, las plantas más usadas para la obtención de aceites esenciales contienen de media entorno al 0,5 — 5% en masa de aceite respecto a toda la planta [29].

Los principales compuestos encontrados en el aceite esencial de *Chenopodium Ambrosioides* L. recolectado en el departamento de Paccha — Junin, son  $\alpha$ -terpineno, o-cimeno, 2-careno, timol y carvacrol. Los resultados respecto a la composición química de los aceites esenciales difieren en el tipo o proporción de los compuestos encontrados, debido a las condiciones geobotánicas del medio,

al método de cultivo, a la técnica de extracción, el estado vegetativo de la especie utilizada, a la época de recolección, entre otras.

El aceite esencial presenta actividad fumigante y anti fúngica, atribuida a la presencia de  $\alpha$ -terpineno o la mezcla de este compuesto con otros metabolitos que son tóxicos para el insecto. En cuanto a la actividad anti fúngica, probablemente esta actividad se debe a los ascaridoles presentes. La actividad antioxidante puede ser atribuida a diversas razones, como son: la presencia de compuestos fenólicos como el estragol, timol y carvacrol, que aunque están en pequeñas proporciones pueden ejercer una actividad antioxidante como captadores de radicales o por los hidrocarburos de naturaleza monoterpénica o sesquiterpénica, que puedan actuar de forma similar al terpineno, es por esta razón que los aceites esenciales que no contienen compuestos fenólicos en su composición, pueden actuar como antioxidantes [5].

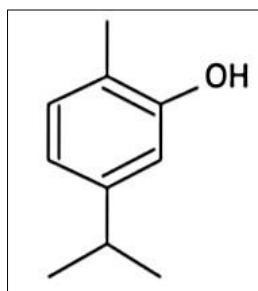
### **2.3.3 Carvacrol**

Los estudios han reportado que es el mayor constituyente natural (70%) de los aceites esenciales de plantas aromáticas, cuyas acciones farmacológicas sugieren se deben a sus componentes. Es referido que el carvacrol tiene diferentes actividades biológicas, antimicrobianas, antioxidantes, antimutagénicas, antígenotóxicas, antihepatotóxicas y hepaprotectoras. Su actividad antimicrobiana ha sido bastante extendida a bacterias patogénicas y algunos hongos, incluyendo aquellos resistentes a drogas y los que constituyen el biofilm dental [31].

El carvacrol tiene un solo grupo hidroxilo ( $-OH$ ), que está al lado del grupo metilo en el anillo aromático. La posición única del grupo  $-OH$  en el carvacrol juega un papel fundamental en sus características químicas y biológicas. El carvacrol se considera una sustancia segura que se utiliza para el consumo humano en los Estados Unidos y en todo el mundo [32].

## Figura 6

### Carvacrol



Fuente: Tomado de Garcia [33].

La actividad antimicrobiana del carvacrol ha sido bastante extendida a bacterias patógenas gram negativas como *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, entre otras y las gram positivas como *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* y hongos como *Cándida spp*. El mecanismo de acción plantea que el carvacrol es capaz de desintegrar la membrana externa de las bacterias gram negativas, permitiendo la salida de lipopolisacáridos e incrementando la permeabilidad de la membrana citoplasmática, provocando con ello la salida del ATP, inhibición de la actividad de las ATPasas y disminución de la fuerza motriz del protón [33].

La actividad antimicrobiana del carvacrol es mayor que la de otros compuestos volátiles presentes en los aceites esenciales debido a la presencia del grupo hidroxilo libre, la hidrofobicidad y el resto fenol [34].

Recientemente se han publicado estudios encaminados a elucidar los mecanismos de acción y efectos biológicos del carvacrol sobre diferentes dianas de interés en química farmacéutica. Actualmente, ya existen composiciones farmacéuticas para uso en humanos y animales que contengan como agente activo el carvacrol las cuales están patentadas en España [35].

El carvacrol (CV) tiene una alta actividad antioxidante y se ha utilizado con éxito, principalmente asociado con timol, como fitoaditivo dietético para mejorar el estado antioxidante de los animales. Las propiedades anticancerígenas de CV se han descrito en modelos preclínicos de carcinomas de mama, hígado y pulmón, actuando sobre procesos proapoptóticos [34].

## 2.4 Definición de términos básicos

**Compuesto:** Sustancia compuesta por átomos de dos o más elementos, unidos químicamente en composiciones fijas [22].

**Composición de AE:** Especifica la identidad y proporción de los compuestos presentes dentro del aceite esencial.

**Composición diferenciada:** Proporción de los compuestos obtenidos a diferentes condiciones durante el proceso de extracción.

**Destilación fraccionada:** Procedimiento de separación de los componentes líquidos de una disolución que se basa en sus diferentes puntos de ebullición [22].

**Destilación:** Consiste en separar por calentamiento, en alambiques u otros vasos, sustancias volátiles que se llaman esencias, relativamente inmiscibles con el agua, de otras más fijas, enfriando luego su vapor para reducir las nuevamente a líquido [36].

**Destilado:** Producto que se obtiene mediante el proceso de destilación.

**Extracción:** La extracción es una operación unitaria de transferencia de materia basada en la disolución de uno o varios de los componentes de una mezcla (líquida o que formen parte de un sólido) en un disolvente selectivo [37].

**Hidrolato:** Un hidrolato (hidro=agua + sufijo '-ato' para indicar el producto de un proceso) es el agua aromática sobrante del proceso de condensación en la destilación de un aceite esencial. Un hidrolato todavía contiene cantidades diminutas de ese aceite esencial (aproximadamente 0,1% o más) [38].

**Mezcla:** Combinación de dos o más sustancias en las que cada una conserva su identidad [22].

**Miscible:** Dos líquidos que son completamente solubles uno en el otro en todas las proporciones se dice que son miscibles [22].

**Porcentaje de composición en masa:** Porcentaje en masa de cada elemento que forma un compuesto [22].

**Porcentaje de masa:** La proporción de la masa de un soluto respecto de la masa de la disolución multiplicada por 100% [22].

**Organoléptico:** Describe el olor, color, sabor y aspecto de los aceites obtenidos, puesto que estas características físicas contribuyen a la definición de la calidad y además orientan sobre las posibles aplicaciones industriales [36].

**Terpeno:** Los terpenoides o terpenos forman el grupo más numeroso de compuestos presentes en la mayoría de aceites esenciales. El nombre “terpeno” se deriva de la palabra “terpentina”, que es un líquido muy oloroso, volátil e inflamable, formado básicamente por pinenos, que se aíslan por arrastre con vapor de las especies de la familia Pinaceae (pinos, abetos) [19].



### III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

#### 3.1 Hipótesis

##### **Hipótesis general**

Existe un valor experimental de masa, porcentaje de humedad y tiempo de extracción, que incremente el porcentaje de uno de los componentes más representativos en los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de paico.

##### **Hipótesis específicas**

- Los destilados de composición diferenciada exhiben un aumento cuando se realiza la extracción a humedades mayores de 60%.
- Los tiempos de extracción mayores a 55 minutos enriquecen los destilados de composición diferenciada.
- La obtención de destilados de composición diferenciada se incrementa cuando se usan masas menores a 2kg de muestra.

##### **3.1.1 Operacionalización de Variables**

Por su naturaleza, las variables identificadas son del tipo cuantitativas. Según su función la variable Y es dependiente y las variables X son independientes.

**Tabla 2**

*Operacionalización de Variables*

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO	TÉCNICA
Y= Porcentaje de los compuestos más representativos en los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de paico.	Resultados del análisis del aceite esencial de paico (Chenopodium Ambrosioides) por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas [13]	Porcentaje de los compuestos en los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de paico.	Porcentaje de los compuestos.	$\% = \frac{\text{area de pico}}{\text{area total}}$	Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG/EM).	Análisis instrumental
X <sub>1</sub> = Porcentaje de humedad en la muestra para la extracción y fraccionamiento simultaneo del aceite esencial de paico.	Agua libre que contiene el material vegetal [7]	Porcentaje de humedad de la muestra para la extracción y fraccionamiento simultaneo del aceite esencial de paico	Porcentaje de humedad.	60% 70% 80%	Cálculo matemático	$\%H = \frac{m_0 - m_f}{m_0} \times 100$
X <sub>2</sub> = Tiempo de extracción y fraccionamiento simultaneo del aceite esencial de paico.	Tiempo en el cual se dio el proceso de extracción de aceites esenciales [39]	Tiempo de extracción y fraccionamiento simultaneo del aceite esencial de paico	Tiempo de extracción y fraccionamiento.	60min 70min 80min	Procedimiento experimental: medición de tiempos	Cronometría
X <sub>3</sub> = Masa de la muestra en el cuerpo del extractor para la extracción y fraccionamiento simultaneo del aceite esencial de paico.	Cantidad del material vegetal a destilar en gramos [13].	Masa de la muestra en el cuerpo del extractor para la extracción y fraccionamiento simultaneo del aceite esencial de paico	Masa de la muestra.	500g 750g 1000g	Procedimiento experimental: medición de masas	Gravimetría

*Nota:* La Operacionalización de variables se conforma por las actividades que efectúa el investigador para recolectar los datos de la población [40].

## IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1 Diseño metodológico

La presente investigación se tipifica como aplicada porque utiliza metodologías empíricas, como experimentos, para recopilar más datos en un área de estudio [41]. Por su enfoque es cuantitativo porque utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías [42]. Por su alcance es explicativo porque establece una relación de causa - efecto entre sus variables [43]. Por su diseño es experimental, porque el investigador manipula la variable independiente para obtener resultados o el efecto de la variable dependiente [43].

**Tabla 3**

*Diseño experimental*

Factor	Unidades	Notación	Nivel I	Nivel II	Nivel III
Porcentaje de humedad en la muestra	%	X <sub>1</sub>	60%	70%	80%
Tiempos de extracción	min	X <sub>2</sub>	60min	70min	80min
Masa de la muestra	g	X <sub>3</sub>	500g	750g	1000g

*Nota:* En el diseño experimental vemos que se usará 3 factores y 3 niveles:

**Tabla 4**

*Arreglo ortogonal o matriz de experimentos L9 por el método de Taguchi*

Tratamientos	Tres factores en combinación de tres niveles			Respuesta
	A	B	C	Y <sub>i</sub>
1	60%	60min	500g	Y <sub>1</sub>
2	60%	70min	750g	Y <sub>2</sub>
3	60%	80min	1000g	Y <sub>3</sub>
4	70%	60min	750g	Y <sub>4</sub>
5	70%	70min	1000g	Y <sub>5</sub>
6	70%	80min	500g	Y <sub>6</sub>

7	80%	60min	1000g	Y <sub>7</sub>
8	80%	70min	500g	Y <sub>8</sub>
9	80%	80min	750g	Y <sub>9</sub>

*Nota:* El experimento se realizó con 9 tratamientos

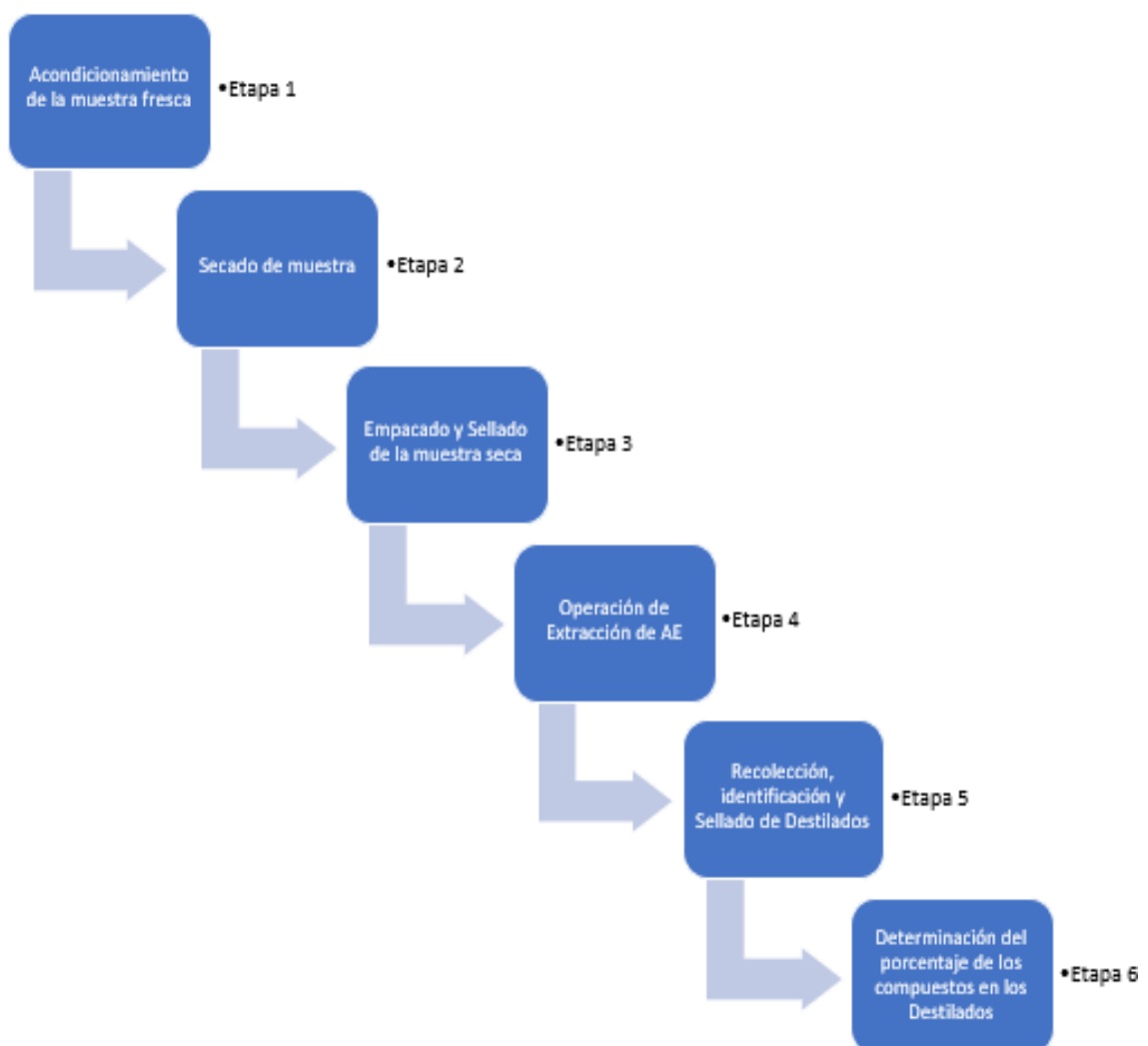
## 4.2. Método de investigación

### 4.2.1 Etapas de la investigación:

El desarrollo de la presente investigación se dio en 6 etapas, que se muestran en la figura 7.

#### Figura 7

*Etapas de la investigación*



**Etapa 1: Acondicionamiento de la muestra fresca.** Usando guantes de látex, la muestra inicial (hojas, tallos, flores y raíz) es pesada en una balanza digital. En la investigación se usarán solo las hojas, por lo que son separadas con tijera de los tallos. La figura 8 muestra el primer lote de hojas de paico.

**Figura 8**

*Hojas de paico*



Usando tijeras milimetradas se reducen las hojas en fragmentos de 2cm.

**Figura 9**

*Hojas de paico cortadas*



**Etapa 2: Secado de muestra.** Recubrimos con papel bond la base de las bandejas de acero inoxidable y encima distribuimos las hojas fragmentadas para ingresarlas a la estufa.

### Figura 10

*Hojas de paico cortadas sobre el papel bond y la bandeja*



Para obtener tres ensayos a 60% de humedad se colocaron las muestras de paico en la estufa a una temperatura de 50°C durante 4 horas. Para obtener tres ensayos a 70% de humedad se colocaron las muestras en la estufa a una temperatura de 40°C durante 4 horas. Para los ensayos a 80% de humedad no se realizó secado, debido a que se usa la humedad inherente de la planta (muestra fresca) hallada mediante una balanza determinadora de humedad en el Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria (IIEA), de la Universidad Nacional del Callao (UNAC).

### Figura 11

*Bandejas con hojas de paico en la estufa*



**Etap 3: Empacado y Sellado de la muestra seca.** Después del secado se realizó el pesado en balanza digital, el empacado y sellado de las muestras en cajas de cartón separando las hojas de paico, en diferentes niveles con papel

bond para evitar que capten humedad e inmediatamente fueron llevadas al Laboratorio I + D + i, FIQ — UNAC.

### Figura 12

*Empacado y sellado de las muestras secas*



**Etapa 4: Operación de extracción de aceite esencial.** La etapa descrita a continuación se hizo en cada una de las nueve corridas, iniciando por el llenado y recolección del check list de materiales, equipos e insumos de laboratorio.

### Figura 13

*Formato de Check List*

CHECK LIST DE MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS DE LABORATORIO		
MATERIALES	EQUIPOS	INSUMOS
<input checked="" type="checkbox"/> GENERADOR DE VAPOR	<input checked="" type="checkbox"/> COCINA ELECTRICA	<input checked="" type="checkbox"/> AGUA DESTILADA
<input checked="" type="checkbox"/> CUERPO DEL EXTRACTOR	<input checked="" type="checkbox"/> TERMOMETRO DIGITAL	<input checked="" type="checkbox"/> CINTA TEFLON
<input checked="" type="checkbox"/> ABRAZADERA SEG.	<input checked="" type="checkbox"/> CONDENSADOR	<input checked="" type="checkbox"/> MALLA
<input checked="" type="checkbox"/> TAPA EXTRACTOR	<input checked="" type="checkbox"/> BALANZA	
<input checked="" type="checkbox"/> COLUMNA DE RELLENO		
<input checked="" type="checkbox"/> UNIÓN COLUM/COND		
<input checked="" type="checkbox"/> EMBUDO COLECTOR		
<input checked="" type="checkbox"/> COLECTOR AMBAR		
<input checked="" type="checkbox"/> TRIPODE		
<input checked="" type="checkbox"/> PINZAS		
<input checked="" type="checkbox"/> PROBETA 1000mL		
<input checked="" type="checkbox"/> ANILLOS RASHING		
<input checked="" type="checkbox"/> CAJAS PETRI		
<input checked="" type="checkbox"/> MANGUERAS C/D		

*Nota:* La figura muestra el check list llenado al inicio de cada operación de extracción.

Después se lavaron los materiales con agua potable luego se le hizo otro lavado con agua destilada. Usando una probeta de 1000ml se cargó el generador de vapor con un volumen de 2.5L de agua destilada. Seguido se pesó la muestra de paico en la balanza analítica correspondiente al tratamiento requerido. La carga de la columna de fraccionamiento se hizo hasta la mitad de su capacidad con anillos rashing. El armado del equipo extractor, inicia con el posicionamiento de la mesa de trabajo y cocina eléctrica contigua al punto de luz y una conexión de agua, luego se cargó la muestra de paico al cuerpo del extractor.

#### **Figura 14**

*Cuerpo extractor*

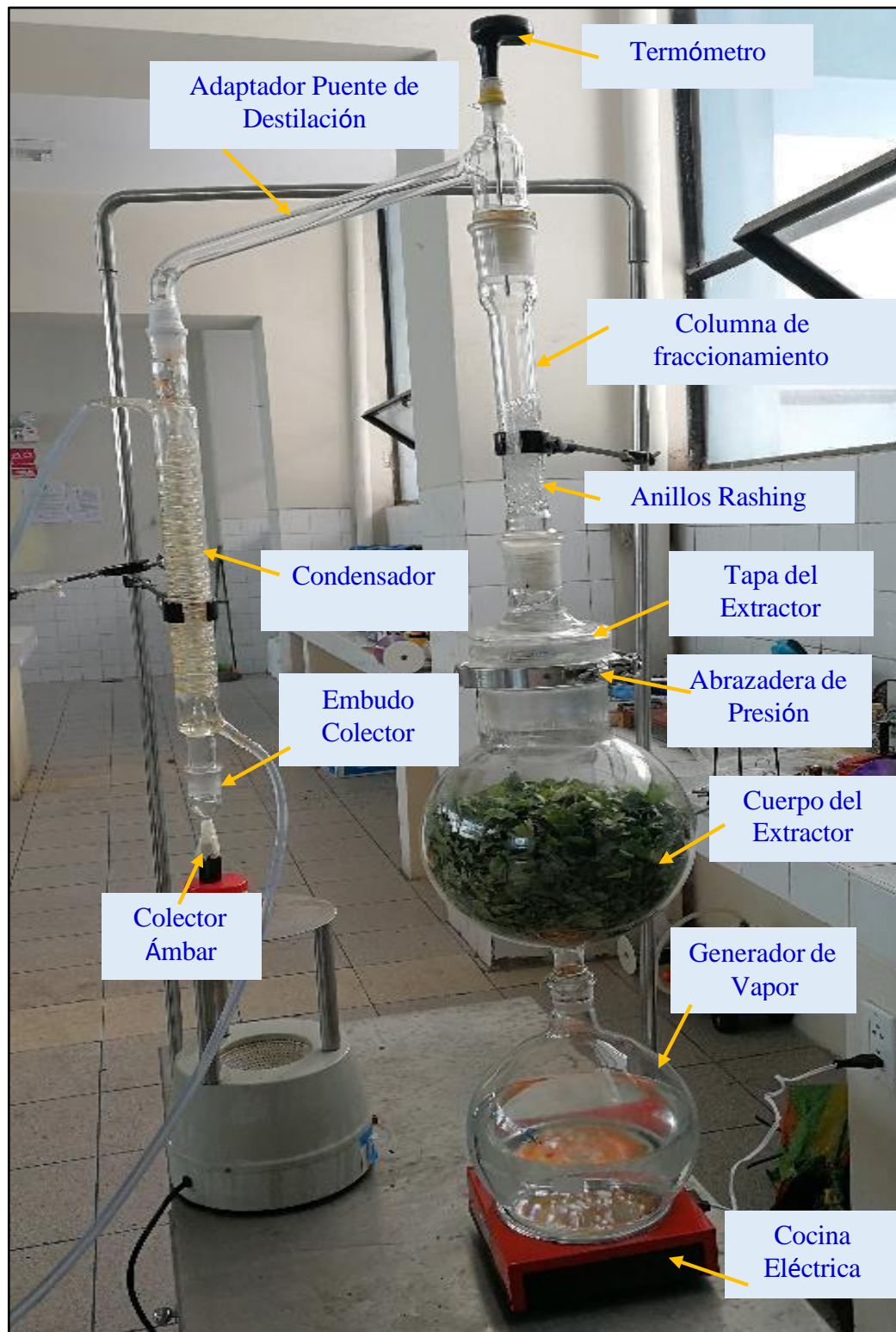


Seguido se realizó el encaje del generador de vapor con el cuerpo del extractor, el encaje del cuerpo del extractor con su tapa mediante la abrazadera a presión, el encaje de la tapa del extractor con la columna de fraccionamiento que contiene anillos rashing, el encaje del adaptador puente de destilación en unión con la columna de fraccionamiento y el condensador y el encaje del frasco ámbar al embudo colector, todos los encajes fueron cerrados, asegurados y aislados con cinta de teflón. Luego se insertó el termómetro digital en la parte superior de la columna de fraccionamiento. Finalmente, se hizo la unión de las mangueras de carga y descarga del condensador y también la conexión de la manguera de carga al punto de agua.



**Figura 15**

*Equipo de destilación a nivel laboratorio en funcionamiento*



*Nota: Fotografía tomada en el laboratorio I + D + i, FIQ — de la Universidad Nacional del Callao (UNAC).*

La extracción de aceite esencial inició con el encendido de la cocina eléctrica y apertura de la llave de agua. (ver figura 15)

### **Figura 16**

*Generador de vapor*



Se hizo el control del tiempo de extracción con un reloj digital desde el momento que el agua comienza a ebulir en el generador de vapor, el control se realizó cada 10 min y la lectura de temperaturas se hizo con el termómetro digital en el tope de la columna de fraccionamiento hasta alcanzar los tiempos especificados.

### **Etaapa 5: Recolección, Identificación y Sellado de Destilados.**

En esta etapa se hizo la recolección de aceite esencial más hidrolato en frascos de vidrio color ámbar de 30ml de capacidad previamente lavado y secado.

### **Figura 17**

*Unión del tubo colector y el frasco ámbar*



La evaluación inicial del aceite esencial de paico fue en el frasco de vidrio ámbar, mediante el análisis organoléptico se usaron los sentidos y determinaron características sensoriales como aspecto, color y olor. Este análisis fue realizado por un tesista. Después se realizó la separación del aceite esencial y el hidrolato; usando una jeringa de 5ml se extrajo 1 ml de aceite esencial a partir del frasco ámbar de 30ml, lo extraído se colocó en otro frasco ámbar rotulado de 5ml de capacidad y se cerró con tapón y tapa.

### **Figura 18**

*Frascos colectores de 30 ml y 5ml*



Después se desarmó del equipo extractor, desechó los residuos y se lavó los materiales usados mientras que la muestra extraída se almacenó con cuidado en un lugar fresco protegidos de la luz y de variaciones excesivas de temperatura. Finalmente, extraídas las nueve muestras se enviaron de inmediato a la Unidad de Investigación en Productos Naturales LID - laboratorio 209, de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) para el análisis de composición química del aceite esencial de paico en un cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masas.

### **Figura 19**

*Frascos colectores de 5ml con nueve muestras extraídas*



**Etapa 6: Determinación del porcentaje de los compuestos en los destilados por cromatografía de gases acoplado a espectrómetro de masas (CG/EM).** Se inicia con la dilución 20µL de cada muestra en 1mL de diclorometano (solvente orgánico). Se distribuye las muestras diluidas en el auto muestreador, que consta de un sistema de inyección en modo split (significa con división de la muestra e indica que solo ingresa el 1% de la muestra y es para analitos con concentraciones altas) en el cual se introduce una jeringa específica para evitar la contaminación de las muestras de aceites esenciales. Seguido, se hace la inyección de 1µL de la muestra en un merlín (puerto de inyección) para luego ser llevado a una cámara de vaporización y ser convertida en gas, puesto que en cromatografía se trabaja con muestras volátiles. Después se da inicio de la fase móvil, la muestra volátil es llevada con gas He (gas portador o gas de arrastre) hacia la columna capilar de 60m x 250µm x 0.25µm ubicada dentro del horno con rampa de temperatura de 40°C a 300°C. Luego se da la separación de los compuestos de la muestra de acuerdo con sus pesos moleculares dentro de la columna atravesando toda su longitud. La cuantificación y determinación de los componentes de la muestra en el espectrómetro de masas consiste en el detector que responde a la presencia de un analito que será representado. Las respuestas de la separación, se presentan mediante un cromatograma cuya representación se realiza en función del tiempo de retención ( $t_R$ ) versus a la abundancia de las señales y un reporte cromatográfico que da las concentraciones de cada analito en la muestra, ambos se obtienen usando el software del equipo. La corrida de cada muestra en el CG/EM dura 54 minutos aproximadamente.

### **4.3 Población y muestra**

#### **4.3.1 Población**

El material a utilizar en la experiencia es la planta aromática paico (*Chenopodium ambrosioides* L.) originario de Paccha distrito de Jauja – Junín, en los periodos comprendidos de noviembre a diciembre.

### 4.3.2 Muestra

La muestra estuvo constituida por 20 kg de paico, con una humedad inicial (humedad inherente) de 80% aproximadamente y medidos por el Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria — UNAC, donde la masa inicial (masa de tallos, flor y hojas) y la masa acondicionada (masa de hojas) están distribuidas de la siguiente manera:

**Tabla 5**

*Distribución de masas y humedades*

<b>N° de corrida</b>	<b>Masa inicial (g)</b>	<b>Masa acondicionada (g)</b>	<b>Humedad inherente (%)</b>
1	2194.8	1205.94	83.66
2	2113.9	1161.50	80.79
3	1849.4	1016.14	80.79
4	1634.0	897.80	83.66
5	1337.2	734.75	80.33
6	3672.4	2017.79	80.33
7	1104.4	606.79	83.66
8	2820.6	1549.76	81.31
9	2888.2	1586.94	81.31

*Nota:* La masa acondicionada consta de hojas de paico cortadas a 2cm.

### 4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado

En la presente investigación la experimentación se desarrolló en diferentes laboratorios:

- El laboratorio de fisicoquímica DIRINCRI - PNP.
- El laboratorio del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria (IIEA), de la Universidad Nacional del Callao (UNAC).
- El Laboratorio I + D + i, FIQ — de la Universidad Nacional del Callao (UNAC).

- La Unidad de Investigación en Productos Naturales LID - laboratorio 209, de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH).

El periodo en el que se desarrolló la experimentación fue desde julio 2018 hasta enero 2020.

## **4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información**

### **4.5.1 Técnicas para la recolección de la información**

Se utilizaron las siguientes:

- El análisis instrumental mediante la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG/EM) para la determinación del porcentaje de los compuestos en los destilados del aceite esencial de paico, descrito en la etapa 6.
- Procedimiento del IIEA para la determinación del porcentaje de humedad de la muestra fresca de hojas de paico, mencionado en la etapa 2.
- El uso de la fórmula  $H\% = \frac{m_0 - m_f}{m_0} \times 100$  para la determinación del porcentaje de humedad de la muestra seca de hojas de paico a diferentes temperaturas, descrito en la etapa 2.

Dónde:

$m_0$ = Masa inicial de muestra

$m_f$ = Masa final de muestra

- La Gravimetría mediante la medición directa observacional y un procedimiento sistematizado se registraron los datos de la masa, explicado en la etapa 1, etapa 3 y etapa 4.
- La Cronometría mediante la medición directa observacional y un procedimiento sistematizado se registraron los datos del tiempo, descrito en la etapa 4.
- La revisión de la literatura donde se recolectó la información teórica de fuentes como libros, revistas, artículos científicos, tesis y trabajos de investigación, explicado en la etapa 5.

#### **4.5.2 Instrumentos para la recolección de la información**

##### **Equipos.**

- Equipo experimental de extracción por arrastre de vapor a escala laboratorio que consta principalmente de cuatro partes: generador de vapor de volumen 4L, cuerpo extractor de volumen 6L, columna de fraccionamiento, puente de destilación y condensador.

**Figura 20**

*Equipo de destilación*



- Cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7890A acoplado a espectrómetro de masas Agilent Technologies 5975C.

**Figura 21**

*Equipo de CG/EM*



- Balanza Analítica DAKOTA de capacidad hasta 5Kg, dimensiones 9x19.5x26 cm y división 0.1 decima de gramo. Equipo propio.

**Figura 22**

*Balanza digital*



- Balanza determinadora de humedad H.W.KESSEL MX-50 de rápido y uniforme calentamiento con una lampara de halógeno.

**Figura 23**

*Balanza determinadora de humedad*



- Estufa MEMMERT UM 500 con dimensiones internas 55x40x50 cm y regulador de temperatura hasta 220°C.

**Figura 24**

*Estufa*





- Cocina eléctrica de una hornilla con 1500W, permite controlar el calor y ajustar rápidamente la temperatura.

**Figura 25**

*Cocina eléctrica*



- Termómetro digital TBT-10, con espiga de acero de 20 cm y rango de temperaturas de -50°C hasta 300°C.

**Figura 26**

*Termómetro digital*



- Reloj digital de mano

**Figura 27**

*Reloj digital*



## **Materiales**

- Soporte universal
- Pinzas para soporte universal
- Trípode
- Vaso precipitado de 1L
- Probeta graduada de 1000ml
- Bagueta de vidrio
- Placas petri
- Piceta
- Pinzas
- Anillos rashing
- Embudo.
- Jeringa de 5ml.
- Bandejas de acero inoxidable 36 x 27 x 5 cm
- Frascos o colectores de vidrio oscuro de 30ml y 5ml
- Cinta de teflón
- Guantes de látex
- Escobillas de laboratorio
- Tijeras milimetradas
- Cajas de cartón
- Papel bond

## **4.6 Análisis y Procesamiento de datos**

Para el análisis de los datos obtenidos se utilizó el software Minitab 19, el cual cuenta con el diseño de experimentos de Taguchi donde se ingresó el tipo de arreglo ortogonal (AO), los factores, niveles y la variable respuesta. En Minitab 19, el resultado del análisis estadístico se presenta mediante gráficas de efectos principales y tablas de análisis de varianza (ANOVA).

## **4.7 Aspectos éticos en investigación**

Las autoras de la investigación se responsabilizan por la información emitida en el presente informe final de investigación. Siendo este original, sin alteración de protocolos, métodos y resultados obtenidos.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Resultados descriptivos

#### 5.1.1 Resultados del análisis organoléptico:

Las muestras de aceite esencial de paico extraídas en los ensayos 4, 5 y 6 analizadas organolépticamente presentaron mejores resultados. Debido a que las muestras en mención tuvieron aspecto liquido brillante, color ligeramente amarillo, olor concentrado, características inherentes de un aceite esencial de paico.

**Tabla 6**

*Resultados del análisis organoléptico*

<b>Muestra</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
1	Liquido brillante	Ligeramente amarillo	Leve
2	Liquido brillante	Ligeramente amarillo	Leve
3	Liquido sin brillo	Incoloro	Leve
4	Liquido brillante	Ligeramente amarillo	Concentrado
5	Liquido brillante	Ligeramente amarillo	Concentrado
6	Liquido brillante	Ligeramente amarillo	Concentrado
7	Liquido brillante	Ligeramente amarillo	Leve
8	Liquido brillante	Incoloro	Leve
9	Liquido sin brillo	Ligeramente amarillo	Concentrado

*Nota:* En la tabla se muestran tres características a dos niveles cada una.

### 5.1.2 Resultados del análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas CG/EM

**Tabla 7**

*Resumen de resultados del análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas CG/EM en los nueve ensayos de destilados de composición diferenciada del aceite esencial de paico*

N°	Compuestos	Porcentaje (%) del compuesto en la muestra 1	Porcentaje (%) del compuesto en la muestra 2	Porcentaje (%) del compuesto en la muestra 3	Porcentaje (%) del compuesto en la muestra 4	Porcentaje (%) del compuesto en la muestra 5	Porcentaje (%) del compuesto en la muestra 6	Porcentaje (%) del compuesto en la muestra 7	Porcentaje (%) del compuesto en la muestra 8	Porcentaje (%) del compuesto en la muestra 9
1	$\alpha$ -Terpineno	67.05	56.92	76.01	52.72	33.62	72.18	61.11	75.83	63.84
2	o-Cimeno	12.65	11.94	7.23	8.40	8.02	9.86	7.10	7.97	6.95
3	D-Limoneno	1.42	1.58	-	1.48	39.26	2.30	2.66	1.14	0.87
4	$\beta$ -Felandreno	0.13	0.11	-	-	-	0.15	-	-	-
5	Y-Terpineno	0.83	0.73	-	0.69	0.39	1.17	0.84	1.02	0.74
6	trans-p-Menta-2,8-dienol	0.15	0.31	-	0.61	5.12	0.17	-	-	-
7	$C_8H_{14}O$	-	0.16	-	-	-	-	-	-	0.28
8	$C_8H_{14}O_2$	-	-	-	-	-	-	0.92	1.13	0.23
9	$C_{10}H_{16}O$	0.46	-	-	1.90	0.37	-	-	-	-
10	2-Careno	12.06	22.02	6.53	23.87	6.4	5.62	13.38	7.54	17.78
11	Timol	1.68	1.26	4.20	2.64	0.33	4.07	5.17	0.85	3.07
12	Anetol	0.21	0.17	-	-	-	0.27	-	1.49	0.22
13	Carvacrol	1.00	0.81	2.62	1.85	0.33	2.11	3.07	1.02	1.98
14	$C_{10}H_{16}O_2$	2.36	3.65	3.41	7.74	1.74	1.43	5.75	2.01	4.04

*Nota:* La tabla muestra seis compuestos presentes en los nueve ensayos, siendo uno de ellos Carvacrol.

## 5.2. Resultados inferenciales

**Tabla 8**

*Arreglo ortogonal de Taguchi con la variable respuesta*

Tratamientos	Porcentaje de Humedad	Tiempo de extracción	Masa de la muestra	Y <sub>i</sub>
1	60%	60min	500g	0.33
2	60%	70min	750g	0.81
3	60%	80min	1000g	1
4	70%	60min	750g	3.07
5	70%	70min	1000g	2.62
6	70%	80min	500g	2.11
7	80%	60min	1000g	1.85
8	80%	70min	500g	1.02
9	80%	80min	750g	1.98

*Nota:* Y<sub>i</sub> = Porcentaje de carvacrol en la muestra

La variación de factores en los distintos ensayos mostró los siguientes resultados para las hipótesis planteadas:

### 5.2.1 Hipótesis específica 1:

“Los destilados de composición diferenciada exhiben un aumento cuando se realiza la extracción a humedades mayores de 60%”.

**Tabla 9**

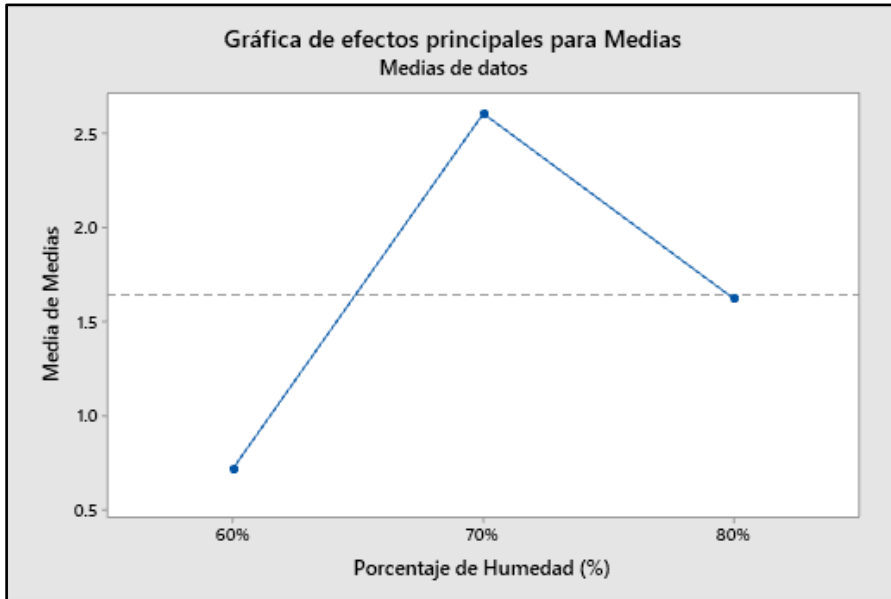
*Análisis de Varianza Carvacrol en muestra (%) – Porcentaje de Humedad (%)*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Porcentaje de humedad (%)	2	5.34247	5.34247	2.67123	313.04	0.003
Tiempo de extracción (min)	2	0.11947	0.11947	0.05973	7.00	0.125
Masa muestra (g)	2	1.10580	1.10580	0.55290	64.79	0.015
Error residual	2	0.01707	0.01707	0.00853		
Total	8	6.58480				

*Nota:* Los datos sombreados en el ANOVA muestra que existe diferencia significativa entre las medias para el porcentaje de humedad (%), puesto que  $p=0.003$ .

**Figura 28**

*Gráfica de efectos principales porcentaje de humedad (%)*



*Nota:* La gráfica muestra que la línea correspondiente al porcentaje de humedad (%) no es horizontal por lo tanto existe variabilidad en los tratamientos.

### **5.2.2 Hipótesis específica 2:**

“Los tiempos de extracción mayores a 55min enriquecen los destilados de composición diferenciada”.

**Tabla 10**

*Análisis de varianza carvacrol en muestra (%) – Tiempo de extracción (min)*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Porcentaje de humedad (%)	2	5.34247	5.34247	2.67123	313.04	0.003
Tiempo de extracción (min)	2	0.11947	0.11947	0.05973	7.00	0.125
Masa muestra (g)	2	1.10580	1.10580	0.55290	64.79	0.015
Error residual	2	0.01707	0.01707	0.00853		
Total	8	6.58480				

*Nota:* La tabla, los datos sombreados en el ANOVA muestra que no existe diferencia significativa entre las medias para el tiempo de extracción (min), puesto que  $p=0.125$ .

### 5.2.3 Hipótesis específica 3:

“La obtención de destilados de composición diferenciada se incrementa cuando se usan masas menores de 2Kg de muestra”.

**Tabla 11**

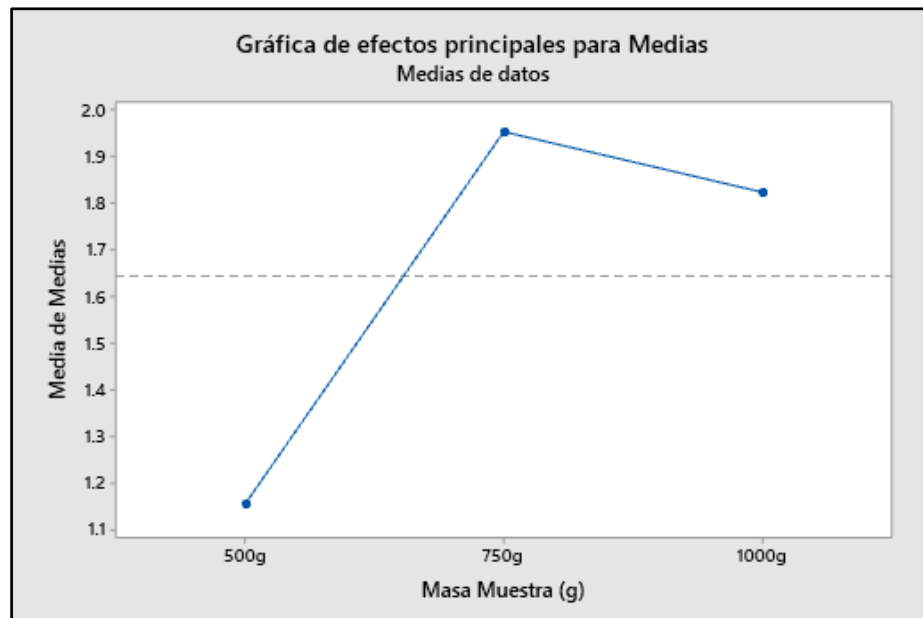
*Análisis de varianza carvacrol en muestra (%) – Masa muestra (g)*

Fuente	G L	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Porcentaje de Humedad (%)	2	5.34247	5.34247	2.67123	313.04	0.003
Tiempo de Extracción (min)	2	0.11947	0.11947	0.05973	7.00	0.125
Masa Muestra (g)	2	1.10580	1.10580	0.55290	64.79	0.015
Error residual	2	0.01707	0.01707	0.00853		
Total	8	6.58480				

*Nota:* La tabla, los datos sombreados en el ANOVA muestra que existe diferencia significativa entre las medias para la masa muestra (g), puesto que  $p=0.015$ .

**Figura 29**

*Gráfica de efectos principales masa muestra (g)*



*Nota:* La gráfica muestra que la línea correspondiente al factor masa muestra (g) no es horizontal, por lo tanto, existe variabilidad en los tratamientos.

#### 5.2.4 Hipótesis general:

“Existe un valor experimental de masa, porcentaje de humedad y tiempo de extracción, que incremente el porcentaje de uno de los compuestos más representativos en los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de paico”.

**Tabla 12**

*Análisis de regresión carvacrol en muestra (%) – porcentaje de humedad (%), tiempo de extracción (min), masa muestra (g)*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Regresión	6	6.56773	1.09462	128.28	0.008
Porcentaje de humedad (%)	2	5.34247	2.67123	313.04	0.003
Tiempo de extracción (min)	2	0.11947	0.05973	7.00	0.125
Masa muestra (g)	2	1.10580	0.55290	64.79	0.015
Error	2	0.01707	0.00853		
Total	8	6.58480			

*Nota:* La tabla ANOVA nos indica que los factores: porcentaje de humedad (%) y masa muestra (g) son estadísticamente significativos, por tener un  $p < 0.05$ .

#### Ecuación de Regresión

Carvacrol en muestra (%) = 0.33 + 1.8867\* Porcentaje de Humedad (70%) + 0.9033\* Porcentaje de Humedad (80%) - 0.2667\* Tiempo de extracción (70min) — 0.0533\* Tiempo de extracción (80min) + 0.8\* Masa muestra (750g) + 0.67\* Masa muestra (1000g)

**Tabla 13**

*Resumen del modelo*

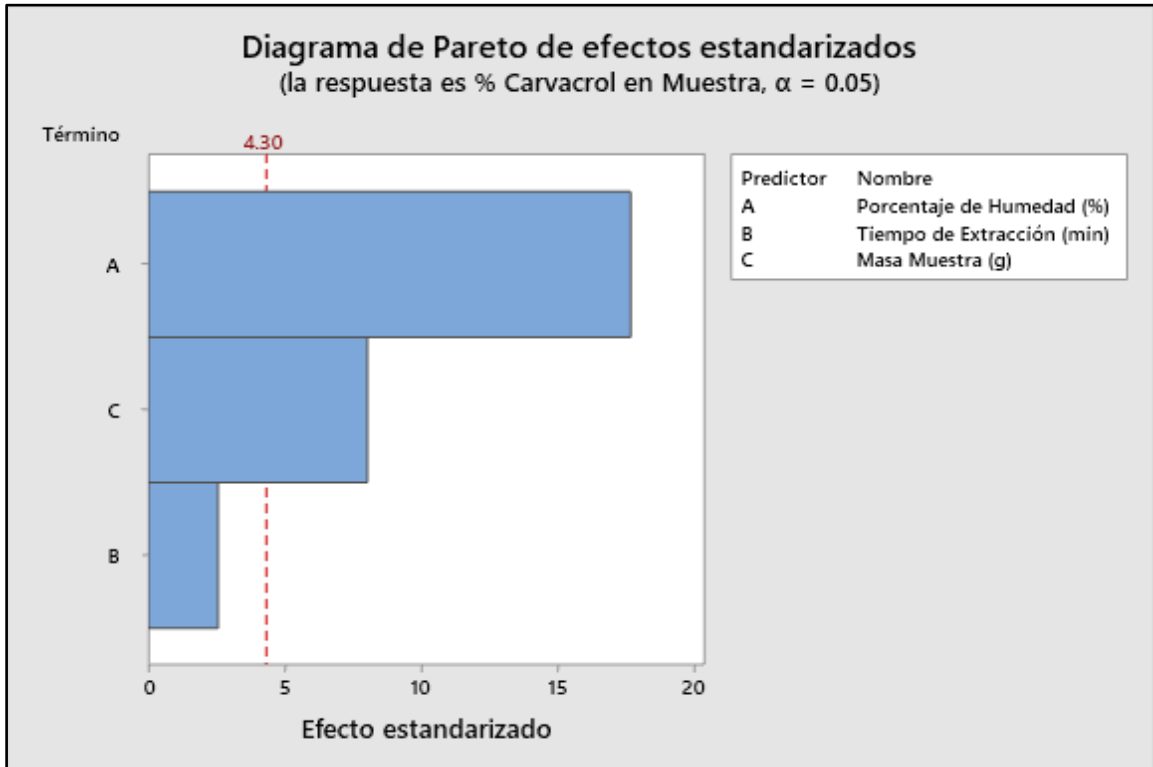
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0923760	99.74%	98.96%	94.75%

*Nota:* En la tabla el R- cuadrado (ajustado) refleja la variabilidad de todos los factores escogidos.



**Figura 30**

*Análisis de resultados mediante el diagrama de Pareto*



*Nota:* La gráfica muestra la significancia de los factores porcentaje de humedad (%) y masa muestra (g), puesto que interceptan la línea de referencia.

**Tabla 14**

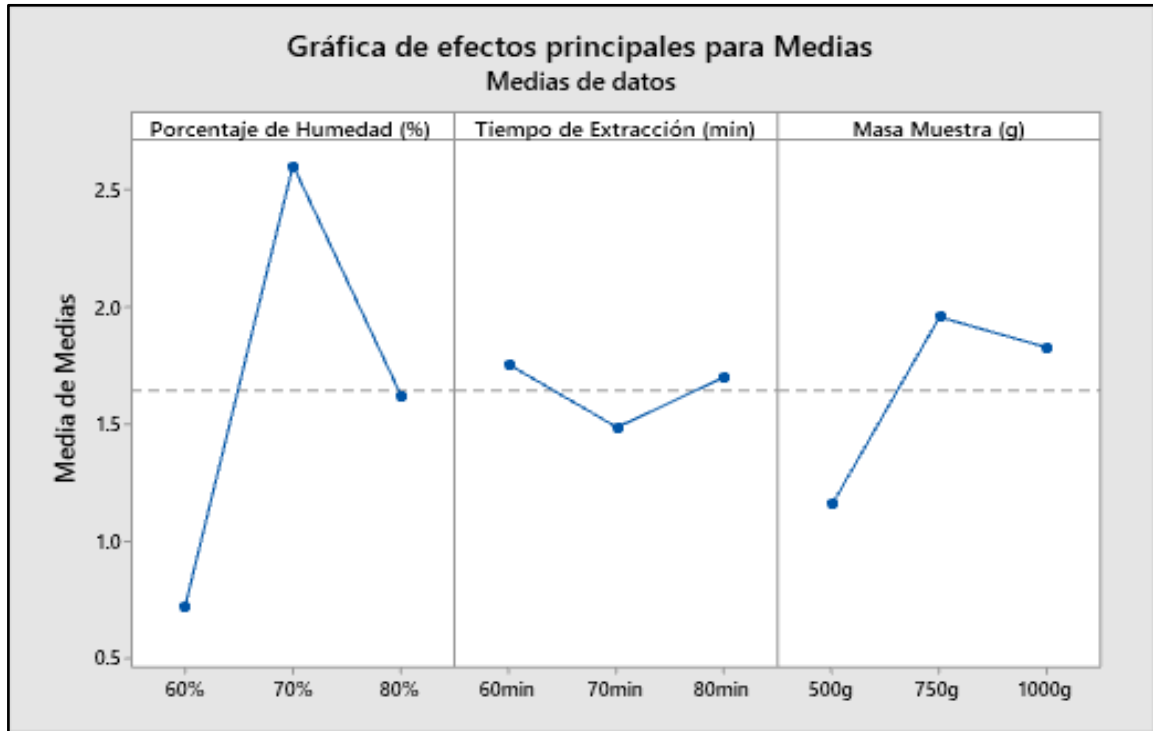
*Tabla de respuesta para medias*

Nivel	Porcentaje de humedad (%)	Tiempo de extracción (min)	Masa muestra (g)
1	0.7133	1.7500	1.1533
2	2.6000	1.4833	1.9533
3	1.6167	1.6967	1.8233
Delta	1.8867	0.2667	0.8000
Clasificar	1	3	2

*Nota:* La tabla, muestra el Delta entre los valores de respuesta más altos y más bajos para cada factor.

**Figura 31**

*Gráfica de efectos principales para medias de datos*



*Nota:* La gráfica, nos muestra que las líneas correspondientes a los factores no son horizontales, por lo que existe un efecto principal presente en cada una.

**Tabla 15**

*Valores a considerar en la experimentación y predicción.*

Porcentaje de humedad (%)	Tiempo de extracción (min)	Masa muestra (g)
70%	60min	750g

*Nota:* La tabla muestra la configuración de factores que conducen al mejor resultado para el porcentaje de carvacrol.

**Tabla 16**

*Porcentaje de carvacrol obtenido experimentalmente Vs. Porcentaje de carvacrol pronosticado*

Porcentaje de carvacrol en muestra (%)	
Experimental	Pronosticado
3.42	3.02

*Nota:* La tabla muestra la comparación del valor experimental por CG/EM y el valor pronosticado por el diseño de experimentos Taguchi en Minitab.

## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados

#### 6.1.1 *Porcentaje de humedad (%) – porcentaje de carvacrol (%) en muestra*

La tabla N° 9 detalla el análisis de varianza aplicado, presentando un valor  $p = 0.03$ , que conduce concluir que el factor porcentaje de humedad (%) es estadísticamente significativo. La figura N° 28 muestra que el porcentaje de humedad de 70% está asociado con el porcentaje de carvacrol medio más alto, además se observa que el incremento del porcentaje medio de carvacrol se produce de 60% hasta 70%, mientras que a partir de 70% se observa decaer la concentración media. Entonces podemos afirmar que el porcentaje de carvacrol medio se incrementa a partir de 60% de humedad, mostrando reducción del componente a partir del 70% de humedad.

#### 6.1.2 *Tiempo de extracción (min) – porcentaje de carvacrol (%) en muestra*

El nivel de 60min está asociado con el porcentaje de carvacrol medio más alto, para evaluar la completa significancia estadística del efecto se realizó en la tabla N° 10 el análisis de varianza obteniendo un  $p=0.125$ , que conduce a no aceptar el  $H_1$ : Los tiempos de extracción mayores a 55min enriquecen los destilados de composición diferenciada. Por lo tanto a 60min se alcanza el régimen permanente, sin embargo, los resultados del ANOVA indican que este efecto principal no es estadísticamente significativo.

#### 6.1.3 *Masa muestra (g) – porcentaje de carvacrol (%) en muestra*

La tabla N° 11 detalla el análisis de varianza aplicado, presentando un valor  $p = 0.015$ , que conduce concluir que el factor masa muestra (g) es estadísticamente significativo. En la figura N° 29 observamos que la masa muestra de 750g. está asociado con el porcentaje de carvacrol medio más alto, además se observa que el incremento del porcentaje medio de carvacrol se produce de 500g. hasta 750g., mientras que a partir de 750g. se observa decaer la concentración media. Entonces podemos afirmar que el porcentaje de carvacrol medio se incrementa aceleradamente de 500g. a 750g., mostrando reducción del componente de 750g. a 1000g.

#### **6.1.4 Porcentaje de carvacrol (%) en muestra - porcentaje de humedad (%), tiempo de extracción (min) y masa muestra (g)**

La tabla N° 12 muestra el análisis de regresión lineal donde indica que las variables porcentaje de humedad (%) y masa muestra (g) son significativos debido a sus valores p.

En la tabla N° 13 observamos el bajo valor de S 0.0923760 el cual indica que el modelo describe bien la variable respuesta. El alto valor R-cuad. 98.96% muestra que los datos se ajustan bien al modelo, además el R-cuad. (pred) 94.75% indica que el modelo podría predecir la respuesta para nuevas observaciones.

En la figura N° 30, las barras representan los factores porcentaje de humedad (%), masa muestra (g) y tiempo de extracción (min), además de la línea de referencia. El mayor efecto lo ejerce la variable porcentaje de humedad (%) seguido del efecto de la variable masa de muestra ya que cruzan la línea de referencia 4.30, por lo que estos factores son estadísticamente significativos en el nivel de 0,05, el efecto de la variable tiempo de extracción está por debajo de la línea de referencia, por lo que su efecto es menor.

La tabla N° 14 basada en el estadístico Delta, compara los promedios de nivel y nos indica que la magnitud relativa del efecto en la variable respuesta es: el rango 1 para el valor de Delta más alto corresponde al porcentaje de humedad (%) con 1.8867, el rango 2 para el segundo valor de Delta más alto corresponde a la Masa Muestra (g) con 0.8000, y el rango 3 corresponde al tiempo de extracción con 0.2667.

La figura N° 31, muestra como el porcentaje de humedad, el tiempo de extracción y la masa de la muestra, afectan en diferente magnitud al porcentaje de carvacrol en las muestras. El 70% de humedad origina un incremento al porcentaje de carvacrol mayor que el 60% y 80% de humedad, también podemos observar que las pendientes son más pronunciadas para este factor, lo que indica que en este factor se produce el mayor efecto principal. La masa de 750g origina un incremento al porcentaje de carvacrol mayor que las masas de 500g. y 1000g., y el mayor incremento al porcentaje de carvacrol se da a 60min. La línea de referencia representa la media general. En la práctica se observa que usando un

porcentaje de humedad hasta 70%, manteniendo un tiempo de extracción de 60min. y una masa de muestra a 750g. el porcentaje de carvacrol se incrementa. La tabla N° 15, indica la combinación de los factores para la predicción, no se incluyen los términos de interacción porque el análisis determino que son estadísticamente no significativos en los tratamientos.

La tabla N° 16, muestra la comparación del porcentaje de carvacrol obtenido experimentalmente (3.42) y el valor pronosticado utilizando la configuración de los factores por el diseño de experimentos (3.02), el porcentaje de variación entre ambos es de 11.7%.

## **6.2. Contratación de los resultados con estudios similares**

- En la presente investigación se desarrollaron nueve ensayos experimentales, la extracción se realizó en un equipo de destilación por arrastre de vapor acoplado a una columna de fraccionamiento a nivel de laboratorio, utilizando hojas de paico entre 2cm. de longitud. A 60, 70 y 80% de humedad y con tiempos de extracción de 60, 70 y 80min., obteniéndose mejores resultados a 70% de humedad y 60min, en contraste con [12] quien desarrollo tres ensayos experimentales, usando un equipo por arrastre de vapor de agua a nivel laboratorio, el tratamiento se basó en usar paico entre 1cm. de longitud, con una carga entre 2 a 4kg, a 58 y 72% de humedad, usando 4 a 5L de agua en el generador de vapor, con un tiempo de extracción de 45, 50 y 55min., sus resultados fueron analizados mediante cromatografía de gases. Obteniendo los mejores resultados a las condiciones de 58% de humedad y 55min.
- [11] indican en su investigación que el aceite esencial fue extraído a partir de hojas de *Chenopodium ambrosioides* L. (paico) por el método de destilación por arrastre de vapor de agua, para ello se colocó en un balón los 2000g de muestra y se agregó 500ml de agua destilada y finalmente se calentó hasta punto de ebullición por 2h. La investigación en mención guarda similitud con el presente estudio que se desarrolló usando masas de 500g, 750g y 1000g. De los cuales se obtuvieron mejores resultados a 750g.
- En la investigación de [5], existen cuatro compuestos mayoritarios encontrados en el aceite esencial de *C. Ambrosioides* que son  $\alpha$ -terpineno (60,29%), seguido de p-cimeno (20,49%), 4-careno (7,96%) y trans-ascaridol

(1,91%). Pero también se encontró el compuesto carvacrol (1,64%), dicha composición del aceite esencial guarda cierta similitud con los encontrados en la presente tesis, donde se determinó experimentalmente que el porcentaje de carvacrol en los destilados de composición diferenciada fue de 3,42%.

### **6.3 Responsabilidad ética**

Toda la información que se ha detallado en el presente trabajo de investigación ha sido referenciada; para estudios posteriores, aplicaciones industriales u otros. Si se cumplen las mismas condiciones citadas, se acude a la misma fuente y métodos se obtendrán resultados similares.

## VII. CONCLUSIONES

1. El porcentaje de humedad más importante es del 70%, debido a que esta humedad reduce la cantidad de agua en las glándulas especializadas de las hojas y permitiendo al vapor arrastrar una mayor cantidad de aceite esencial, lo cual origina un incremento en el porcentaje de carvacrol.
2. Las observaciones indican que por encima de 60min. el incremento del factor tiempo no influye en el incremento de la concentración de carvacrol. Se observó que las muestras obtenidas a 60min alcanzaron valores de porcentaje de carvacrol medio más alto. Las muestras obtenidas a 80min presentaron variación mínima del porcentaje de carvacrol (0.06%), con respecto a las muestras de 60min. Las muestras obtenidas a 70min presentaron reducción significativa del porcentaje de carvacrol. Entonces la composición del carvacrol obtenido alcanza el régimen permanente a 60min, por lo tanto, es innecesario mantener la operación activa durante más tiempo.
3. El factor masa de muestra ejerce un efecto importante en la extracción de aceite esencial. Al analizar el indicador de 500g observamos en la experimentación que el flujo de vapor produce contacto abrupto (rápido) con las glándulas especializadas arrastrando menor cantidad de aceite esencial. En el análisis del indicador de 750g se examinó que, al aumentar la masa, el vapor interacciona mejor con las glándulas especializadas incrementando la cantidad de aceite esencial y en el análisis del indicador de 1000g el aumento de masa dificultó el paso de vapor y redujo la cantidad de aceite esencial extraído.
4. A las condiciones de extracción y fraccionamiento de 70% de humedad, 60min y 750g el porcentaje de los compuestos más representativos en los destilados son:  $\alpha$ -terpinolene (50.94%), *p*-cimeno (8.25%) y carvacrol (3.42%). Resaltando entre ellos el carvacrol, por su empleo en diferentes sectores como en la industria alimentaria y medicina.

## VIII.RECOMENDACIONES

1. Fomentar las investigaciones para la extracción del aceite esencial de paico, en diferentes zonas del Perú con el fin de definir la composición y el porcentaje de sus componentes principales, debido a que presentarían un alto potencial económico en diversas industrias peruanas.
2. Efectuar un mayor control en la humedad, para futuras investigaciones, debido a que es la variable más importante del proceso y su control logrará una mejor extracción del aceite esencial.
3. Desarrollar las investigaciones respecto a la planta aromática (paico), utilizando las hojas antes de la floración, ya que esta etapa propicia la extracción de mayor cantidad de aceite esencial.
4. En investigaciones a escala piloto implementar tabiques dentro del cuerpo del extractor cada 5mm que le permitan tener niveles, para la incorporación de mallas metálicas que sostengan las muestras, facilitando el paso del vapor saturado y mejorando el arrastre del aceite en el destilado.



## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]. OLIVEIRA María, VELÁZQUEZ Dilia y BERMÚDEZ Alexis. *La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales una revisión de sus objetivos y enfoques actuales*. Interciencia, 2005. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33910703>

[2]. PÉREZ Gustavo, GUALA María, BARDUCCO Lorena, MARSÓ Alejandro y ELDER Heriberto. *Obtención de fracciones enriquecidas durante la extracción de aceites esenciales crudos*. Avances en ciencias e ingeniería, 2012. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323627685014.pdf>

[3]. FAO. *Informe sobre los Recursos Naturales para la Agricultura y la Alimentación en América Latina y el Caribe*. Estudios FAO: Medio ambiente y energía, 1987.

[4]. BANDONI Arnaldo. *Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica: Su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores*. Ciencia y tecnología para el desarrollo (CYTED), 2003. Disponible en: [https://www.academia.edu/15574491/Bandoni\\_LOS\\_RECURSOS\\_VEGETALES\\_AROMATICOS\\_EN\\_LATINOAMERICA](https://www.academia.edu/15574491/Bandoni_LOS_RECURSOS_VEGETALES_AROMATICOS_EN_LATINOAMERICA)

[5]. JARAMILLO Beatriz, DUARTE Edison y DELGADO Wilman. *Bioactividad del aceite esencial de Chenopodium ambrosioides colombiano*. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 2012. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci>

[6]. OLIVEROS Mynor. *Determinación del rendimiento y caracterización fisicoquímica del aceite esencial de Apazote (Chenopodium ambrosioides L.) obtenido de plantas cosechadas en diferentes etapas de desarrollo a nivel laboratorio*. Trabajo de graduación (Título de Ingeniero Químico) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 2016. Disponible en:

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/5337/1/Mynor%20Alexander%20Oliveros%20Borraro.pdf>

[7]. IBARRA Marco y PAREDES Ericka. *Eficacia antibacteriana in vitro de Marco (Ambrosia arborescens Mill.) y Paico (Chenopodium Ambrosioides L.) en una formulación cosmética*. Tesis (Título de Ingeniero en Biotecnología de los Recursos Naturales). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, 2013. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6007/1/UPS-QT03776.pdf>

[8]. GÓMEZ José. *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, 2008. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/856/85670103.pdf>

[9]. LEZAMA Mirely. *Efecto antibacteriano in vitro del aceite esencial de hojas de Chenopodium ambrosioides (L.) (paico) sobre Staphylococcus aureus*. Tesis (Título Profesional de Químico Farmacéutico). Universidad Católica Los Ángeles Chimbote (ULADECH). Chimbote - Perú, 2019. Disponible en: [http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/11063/ACEITE%20ESENCIAL\\_LEZAMA\\_PAREDES\\_MIRELY.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/11063/ACEITE%20ESENCIAL_LEZAMA_PAREDES_MIRELY.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[10]. BERRIOS Carmen. *Efecto antifúngico comparativo in vitro del aceite esencial etanólico de hojas de Chenopodium ambrosioides L. "paico" sobre Rhizoctonia solani K*. Tesis (Título de Biólogo). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo — Perú, 2019. Disponible en: <https://1library.co/document/lq5xm8jz-antifungico-comparativo-esencial-extracto-etanolico-chenopodium-ambrosioides-rhizoctonia.html>

[11]. CASANOVA Luis y RENGIFO Henry. *Características fisicoquímicas y efecto del aceite esencial de las hojas de Chenopodium ambrosioides L. (paico) y*

*determinación del porcentaje relativo de sus componentes hidrogenados e hidrocarbonados*. Tesis (Título en Farmacia y Bioquímica). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo — Perú, 2016. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/98a4b0e9-518b-4439-9045-20ccf7531950/content>

[12]. LEÓN Ciria. *Estudio de la determinación de la composición química del aceite esencial de paico (Chenopodium ambrosioides L.)*. Universidad Nacional del Callao. Revista Ciencia y Tecnología, Vol. 12, N°1. Lima — Perú. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/27527709/revista-ciencia-y-tecnologa-a-12-edunac-universidad-nacional->

[13]. PUMA, Rider. *Extracción y caracterización de aceite esencial de paico (Chenopodium ambrosioides) mediante arrastre de vapor*. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Universidad Nacional del Altiplano. Puno — Perú, 2019. Disponible en: <https://1library.co/document/zpnm604y-extraccion-caracterizacion-aceite-esencial-chenopodium-ambrosioides-mediante-arrastre.html>

[14]. BRACK Antonio. *Diccionario Enciclopédico de Plantas Útiles del Perú*. Centro de estudios regionales andinos Bartolomé de las Casas (CBC), Cusco - Perú, 1999.

[15]. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA (IIAP). *Plantas Medicinales de la Amazonia Peruana: Estudio de su Uso y Cultivo*. Iquitos -Perú, 1998. Disponible en: [https://repositorio.iiap.gob.pe/bitstream/20.500.12921/131/1/Medicinales\\_Libro\\_924.pdf](https://repositorio.iiap.gob.pe/bitstream/20.500.12921/131/1/Medicinales_Libro_924.pdf)

[16]. AMORIN José y ROSOV Ricardo. *Guía taxonómica con plantas de interés farmacéutico*. Museo de Farmacobotánica Juan A. Domínguez. Buenos Aires - Argentina, 1989.

[17]. ONG PERÚ ECOLÓGICO. Perú, 2007. Disponible en: [https://www.peruecologico.com.pe/flo\\_paico\\_1.htm](https://www.peruecologico.com.pe/flo_paico_1.htm)

[18]. VEGA Mario. *Etnobotánica de la Amazonia Peruana*. Ediciones Abya — Ayala. Quito - Ecuador, 2001. Disponible en: [https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1306&context=abya\\_yala](https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1306&context=abya_yala)

[19]. STASHENKO Elena. *Aceites Esenciales*. Universidad Industrial de Santander. Centro nacional de investigaciones para la agroindustrialización de especies vegetales aromáticas y medicinales tropicales (CENIVAM). Bucaramanga - Colombia, 2009. Disponible en: <https://www.slideshare.net/SheylaMalena/aceites-esenciales-elena-e-stashenko-cenivam-universidad-industrial-de-santander-unlocked-2>

[20]. RIVERA Pedro. *Modelamiento para la simulación y control dinámico del proceso de arrastre con vapor del aceite esencial de limón*. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Universidad Nacional de Piura. Piura — Perú, 2007. Disponible en: <https://www.scribd.com/document/238484215/Tesis-Aceite-Limon>

[21]. TREYBAL Robert. *Operaciones de Transferencia de Masa*. Editorial McGraw-Hill. México, 1988. Disponible en: [https://www.academia.edu/12159206/Operaciones\\_de\\_transferencia\\_de\\_masa\\_Robert\\_Treybal](https://www.academia.edu/12159206/Operaciones_de_transferencia_de_masa_Robert_Treybal)

[22]. CHANG Raymond. *Química*. Editorial McGraw-Hill, décima edición. México, 2010. Disponible en: <https://www.slideshare.net/andrerojascaycho1/quimica-raymond-chang-10ma-edicin>

[23]. LUCHERONI María y PADRINI Francisco. *El Gran Libro de Los Aceites Esenciales*. Editorial de Vecchi. Barcelona, 1996.

[24]. PIEDRASANTA Ramón. *Comparación química y de rendimiento del aceite esencial de hoja y raíz de Valeriana prionophylla Standl. de dos diferentes localidades de Guatemala*. Tesis (Título de Maestría multidisciplinaria en producción y uso de plantas medicinales). Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala, 2007. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_2612.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2612.pdf)

[25]. CADBY Peter, TROY William, MIDDLETON John y VEY Matthias. *Fragrances: are they safe?*. Flavour and fragrance Journal, 2002.

[26]. MONTOYA Gildardo. *Aceites esenciales, una alternativa de diversificación para el eje cafetero*. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Colombia, 2010. Disponible en: <https://docplayer.es/27401021-Aceites-esenciales-una-alternativa-de-diversificacion-para-el-eje-cafetero.html>

[27]. MONTOYA Sergio y PÁEZ Carlos (2012). *Documentación de la Técnica de Cromatografía de Gases en el Análisis de Hidrocarburos Alifáticos en Aguas Residuales*. Trabajo de grado (Título de Tecnólogo Químico). Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia, 2012. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/6aee81c6-27fb-40aa-80e3-77cb81d5130b/content>

[28]. BARQUERO Miriam. *Principios y Aplicaciones de la Cromatografía de Gases*. Universidad de Costa Rica (UCR). Costa Rica, 2006.

[29]. CASADO Irene. *Optimización de la extracción de aceites esenciales por destilación en corriente de vapor*. Trabajo de fin de grado (Título de graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales). Universidad Politécnica de Madrid.

Madrid - España, 2018. Disponible en:  
[https://oa.upm.es/49669/1/TFG\\_IRENE\\_CASADO\\_VILLAVERDE.pdf](https://oa.upm.es/49669/1/TFG_IRENE_CASADO_VILLAVERDE.pdf)

[30]. PEREDO H., PALOU E. y LÓPEZ A. *Aceites esenciales: Métodos de extracción*. Revista de temas selectos de Ingeniería de Alimentos. Universidad de las Américas Puebla. Puebla - México, 2009. Disponible en:  
<https://tsia.udlap.mx/aceites-esenciales-metodos-de-extraccion/>

[31]. QUINTANILLA Juan. *Efecto Antibacteriano In Vitro del Carvacrol (Aceite de orégano) sobre Candida Albicans*. Revista de Investigación de la Universidad Norbert Wiener. Lima — Perú, 2016. Disponible en:  
<https://revistadeinvestigacion.uwiener.edu.pe/index.php/revistauwiener/article/view/26/91>

[32]. QINGCHUN Liu, KANG Qiao, y SHOUAN Zhang. *Potential of a Small Molecule Carvacrol in Management of Vegetable Diseases*. Molecular Diversity Preservation International (MDPI). University of Florida. Usa, 2019. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1420-3049/24/10/1932>

[33]. GARCIA R., y PALOU E. *Mecanismo de acción antimicrobiana de timol y carvacrol sobre microorganismos de interés en alimentos*. Revista de temas selectos de Ingeniería de Alimentos. Universidad de las Américas Puebla. Puebla - México, 2008. Disponible en: <https://tsia.udlap.mx/mecanismos-de-accion-antimicrobiana-de-timol-y-carvacrol-sobre-microorganismos-de-interes-en-alimentos/>

[34]. SHARIFI-RAD Mehdi, VARONI Elena, IRITI Marcello, MARTORELL Miquel, SETZER William, CONTRERAS María, SHARIFI-RAD Javad. SALEHI Bahare, SOLTANI-NEJAD Azam, RAJABI Sadegh, TAJBAKHSH Mercedeh. *Carvacrol and human health: A comprehensive review*. Phytotherapy Research. 2018. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ptr.6103>

- [35]. MÜLLER Andrés, SOTO Esteban y ESPINOZA Carolina. *THC y Carvacrol son compuestos activos de la marihuana y el orégano común, respectivamente, y tienen usos farmacéuticos y/o industriales*. Universidad Tecnológica de Chile - Inacap. Chile, 2008. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/296485692\\_THC\\_y\\_Carvacrol\\_son\\_compuestos\\_activos\\_de\\_la\\_marihuana\\_y\\_el\\_oregano\\_comun\\_respectivamente\\_y\\_tienen\\_usos\\_farmaceuticos\\_yo\\_industriales](https://www.researchgate.net/publication/296485692_THC_y_Carvacrol_son_compuestos_activos_de_la_marihuana_y_el_oregano_comun_respectivamente_y_tienen_usos_farmaceuticos_yo_industriales)
- [36]. SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE (SENA). *Introducción a la industria de los aceites esenciales de plantas medicinales y aromáticas*. Colombia, 2012. Disponible en: [https://repositorio.sena.edu.co/sitios/introduccion\\_industria\\_aceites\\_esenciales\\_plantas\\_medicinales\\_aromaticas/#](https://repositorio.sena.edu.co/sitios/introduccion_industria_aceites_esenciales_plantas_medicinales_aromaticas/#)
- [37]. MARCILLA Antonio. *Introducción a las operaciones de separación. Cálculo por etapas de equilibrio*. Universidad de Alicante. Alicante - España, 1998. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/16358082.pdf>
- [38]. INTERNATIONAL FEDERATION OF AROMATHEPISTS (IFA). *Concepto de Hidrolato*. Londres — Inglaterra. Disponible en: [https://ifaroma.org/es\\_ES/home/blog/hydrolate-hydrolat-floral-water](https://ifaroma.org/es_ES/home/blog/hydrolate-hydrolat-floral-water)
- [39]. DÍAZ Víctor. *Determinación de los parámetros óptimos de extracción de aceites esenciales a partir de subproductos del jugo de naranja (Citrus sinensis L.) Y su efecto conservante en papillas de cereales*. Tesis (grado académico de Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos). Callao - Perú, 2020. Disponible en: [https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6745/TESIS\\_MAESTRIA\\_D%c3%8dAZ\\_FIQ\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6745/TESIS_MAESTRIA_D%c3%8dAZ_FIQ_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [40]. HERNÁNDEZ Roberto y MENDÓZA Christian. *Metodología de la investigación, las rutas cuantitativa cualitativa y mixta*. Editorial Mc Graw Hill.

Ciudad de México, 2018. Disponible en:  
<https://repositoriobibliotecas.uv.cl/handle/uvscil/1385>

[41]. ARIAS José, HOLGADO Julio, TAFUR Tania, VASQUEZ Mario. *Metodología de la investigación: El método ARIAS para realizar un proyecto de tesis*. 2022. Disponible en:  
[https://www.academia.edu/94853051/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_Investigaci%C3%B3n\\_El\\_m%C3%A9todo\\_Arias](https://www.academia.edu/94853051/Metodolog%C3%ADa_de_la_Investigaci%C3%B3n_El_m%C3%A9todo_Arias)

[42]. HERNANDEZ Roberto. *Metodología de la Investigación*. Editorial Mc Graw Hill. Ciudad de México, 2014. Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

[43]. ARIAS José, COVINOS Mitsuo. *Diseño y metodología de la investigación*. Editorial Enfoques Consulting EIRL. Lima — Perú, 2021. Disponible en: [https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias\\_S2.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf)



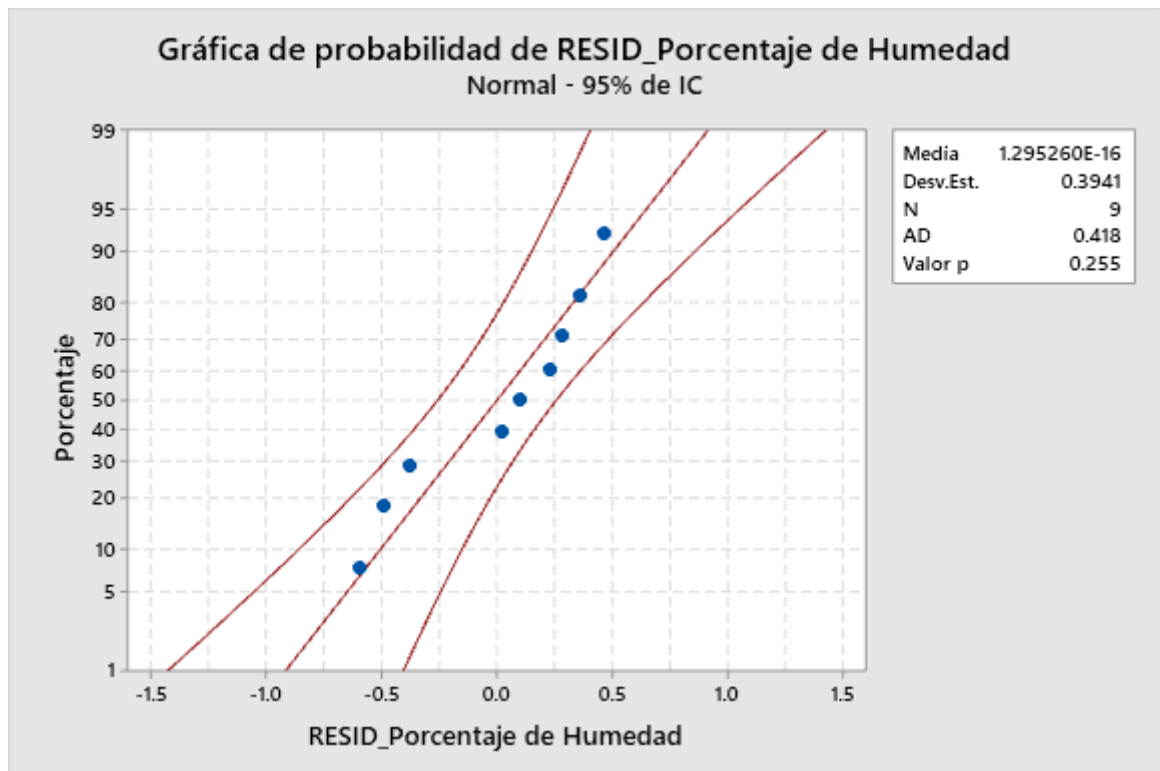
## **ANEXOS**

## Matriz de consistencia

### EXTRACCIÓN Y FRACCIONAMIENTO SIMULTÁNEO DEL ACEITE ESENCIAL DE PAICO (*Chenopodium ambrosioides* L.) PARA LA OBTENCIÓN DE DESTILADOS DE COMPOSICIÓN DIFERENCIADA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cuál será el porcentaje de los compuestos más representativos en los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de paico, variando las condiciones de extracción y fraccionamiento simultáneo?	Determinar el porcentaje de los compuestos más representativos en los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de paico, variando las condiciones de extracción y fraccionamiento simultáneo.	Existe un valor experimental de masa, porcentaje de humedad y tiempo de extracción, que incrementa el porcentaje de uno de los compuestos más representativos en los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de paico.	Y=Porcentaje de los compuestos más representativos en los destilados de composición diferenciada del aceite esencial de paico.	- Porcentaje de los compuestos.	$\% = \frac{\text{área de pico}}{\text{área total}}$	Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG/EM).
SUB – PROBLEMA	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
a. ¿Cuál será el porcentaje de humedad más importante durante la extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de paico para la obtención de destilados de composición diferenciada?	a. Evaluar los porcentajes de humedad establecidos para la extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de paico para la obtención de destilados de composición diferenciada.	Los destilados de composición diferenciada exhiben un aumento cuando se realiza la extracción a humedades mayores de 60%.	X1 = Porcentaje de humedad de la muestra para la extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de paico.	-Porcentaje de humedad.	60%, 70%, 80%	-Cálculo matemático  -Revisión de la literatura
b. ¿Cómo influye el incremento del tiempo en la extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de paico para la obtención de destilados de composición diferenciada?	b. Analizar los tiempos de extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de paico para la obtención de destilados de composición diferenciada.	Los tiempos de extracción mayores a 55min enriquecen los destilados de composición diferenciada.	X2 = Tiempo de extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de paico	-Tiempo de extracción y fraccionamiento.	60min, 70min, 80min	Procedimiento experimental: Medición de tiempos
c. ¿Cómo afecta la variación de la masa a la extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de paico para la obtención de destilados de composición diferenciada?	c. Examinar la variación de la masa usando 500g., 750g. y 1000g. de muestra en la extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de paico para la obtención de destilados de composición diferenciada.	La obtención de destilados de composición diferenciada se incrementa cuando se usan masas menores a 2Kg de muestra.	X3 = Masa de la muestra en el cuerpo del extractor para la extracción y fraccionamiento simultáneo del aceite esencial de paico.	-Masa de la muestra	500g, 750g, 1000g	Procedimiento experimental: Medición de masas

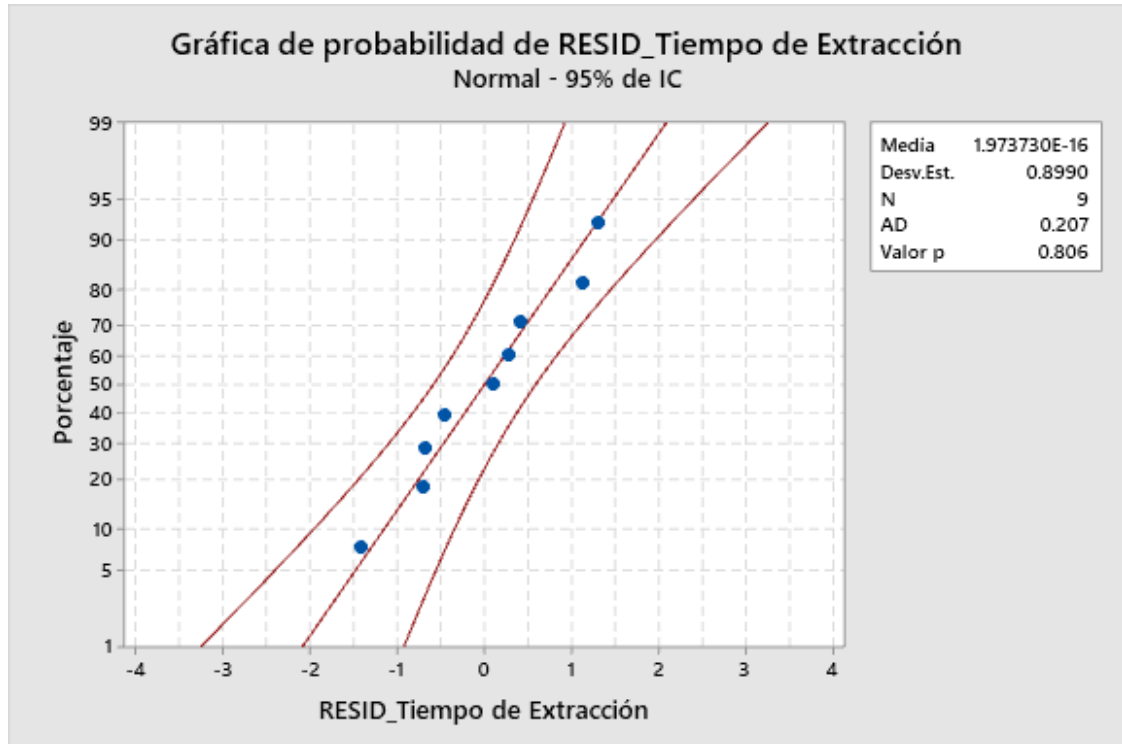
## Gráfica de probabilidad normal de los residuos (porcentaje de humedad %)



La gráfica muestra la evaluación de la normalidad de los residuos para el factor porcentaje de humedad (%)

La gráfica de probabilidad normal de los residuos muestra los residuos vs. sus valores esperados cuando la distribución es normal. La gráfica de probabilidad normal de los residuos sigue aproximadamente la línea recta. Verificamos el análisis gráfico, con el supuesto de que los residuos están distribuidos normalmente ( $H_0$  = Los datos siguen una distribución normal). El valor p (0.255) es mayor que el nivel de significancia de 0.05. Por lo tanto, aceptamos la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal.

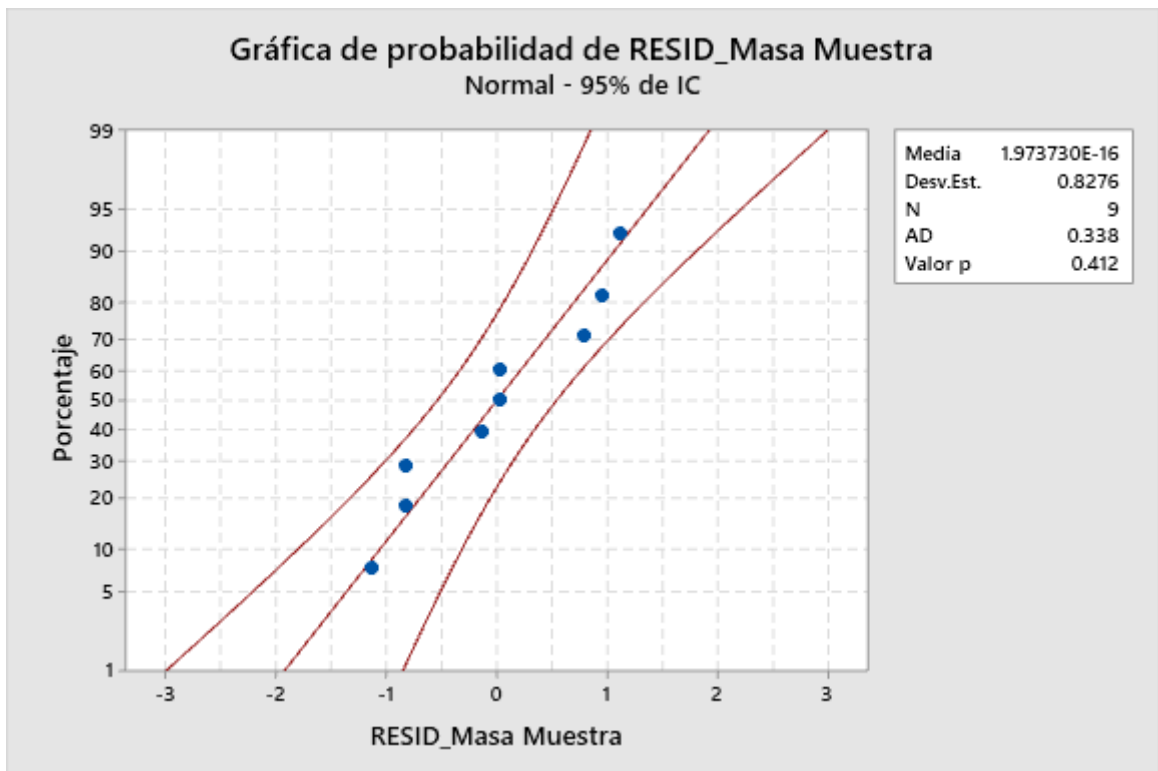
## Gráfica de probabilidad normal de los residuos (tiempo de extracción en minutos)



La gráfica muestra la evaluación de la normalidad de los residuos para el factor tiempo de extracción (min)

La gráfica de probabilidad normal de los residuos muestra los residuos vs. sus valores esperados cuando la distribución es normal. La gráfica de probabilidad normal de los residuos sigue aproximadamente la línea recta. Verificamos el análisis gráfico, con el supuesto de que los residuos están distribuidos normalmente ( $H_0$  = Los datos siguen una distribución normal). El valor p (0.806) es mayor que el nivel de significancia de 0.05. Por lo tanto, aceptamos la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal.

## Gráfica de probabilidad normal de los residuos (masa muestra)



La gráfica muestra la evaluación de la normalidad de los residuos para el factor masa muestra (g)

La gráfica de probabilidad normal de los residuos muestra los residuos vs. sus valores esperados cuando la distribución es normal. La gráfica de probabilidad normal de los residuos sigue aproximadamente la línea recta. Verificamos el análisis gráfico, con el supuesto de que los residuos están distribuidos normalmente ( $H_0 =$  Los datos siguen una distribución normal). El valor p (0.412) es mayor que el nivel de significancia de 0.05. Por lo tanto, aceptamos la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal.

## INFORMES DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS



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



"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

### CONSTANCIA N° 42-USM-2016

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

La muestra vegetal (planta completa) recibida de **Julissa AQUINO INOFUENTE**, estudiante de la Universidad Nacional del Callao, ha sido estudiada y clasificada como: ***Chenopodium ambrosioides*** L. y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988).

**DIVISION: MAGNOLIOPHYTA**

**CLASE: MAGNOLIOPSIDA**

**SUBCLASE: CARYOPHYLLIDAE**

**ORDEN: CARYOPHYLLALES**

**FAMILIA: CHENOPODIACEAE**

**GENERO: *Chenopodium***

**ESPECIE: *Chenopodium ambrosioides* L.**

Nombre vulgar: "Paico"

Determinado por Blgo. Mario Benavente

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

Lima, 14 abril de 2016



*Haydee Montoya Terreros*  
**Dra. Haydee Montoya Terreros**  
JEFEA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

DDB



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**Vicerrectorado de Investigación**  
**Instituto de Investigación de Especialización**  
**en Agroindustria**



**INFORME DE ANÁLISIS DE HUMEDAD EN HOJAS DE PAICO**

SOLICITANTE : JULISSA AQUINO INFUENTE.  
PRODUCTO : HOJAS DE PAICO.  
NÚMERO DE MUESTRA : Uno.  
IDENTIFICACIÓN/MTRA : HP1  
CANTIDAD RECIBIDA : 20g.  
MARCA : S/M.  
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, las muestras ingresan en táper de plástico cerrado y dentro de una bolsa plástica.  
SOLICITUD DE SERVICIO : INFORME N° 02-18-G/B/A.  
REFERENCIA : PERSONAL.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 06/11/2018.  
ENSAYO SOLICITADO : FÍSICO QUÍMICO.

**RESULTADOS:**

ENSAYO	RESULTADOS
%HUMEDAD	83.66%

**MÉTODO UTILIZADO EN EL LABORATORIO:**  
BALANZA DE HUMEDAD

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO: 06/11/2018.





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**Vicerrectorado de Investigación**  
**Instituto de Investigación de Especialización**  
**en Agroindustria**



**INFORME DE ANÁLISIS DE HUMEDAD EN HOJAS DE PAICO**

SOLICITANTE : JULISSA AQUINO INFUENTE.  
PRODUCTO : HOJAS DE PAICO.  
NÚMERO DE MUESTRA : Uno.  
IDENTIFICACIÓN/MTRA : HP2  
CANTIDAD RECIBIDA : 20g.  
MARCA : S/M.  
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, las muestras ingresan cerrado en bolsa plástica.  
SOLICITUD DE SERVICIO : INFORME Nº 05-18-G/B/A.  
REFERENCIA : PERSONAL.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20/11/2018.  
ENSAYO SOLICITADO : FÍSICO QUÍMICO.

**RESULTADOS:**

ENSAYO	RESULTADOS
%HUMEDAD	80.79%

**MÉTODO UTILIZADO EN EL LABORATORIO:**  
BALANZA DE HUMEDAD.

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO: 20/11/2018.







**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**Vicerrectorado de Investigación**  
**Instituto de Investigación de Especialización**  
**en Agroindustria**



**INFORME DE ANÁLISIS DE HUMEDAD EN HOJAS DE PAICO**

SOLICITANTE : JULISSA AQUINO INFUENTE.  
PRODUCTO : HOJAS DE PAICO.  
NÚMERO DE MUESTRA : Uno.  
IDENTIFICACIÓN/MTRA : HP3  
CANTIDAD RECIBIDA : 8g.  
MARCA : S/M.  
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, las muestras ingresan en táper de plástico cerrado y dentro de una bolsa plástica.  
SOLICITUD DE SERVICIO : INFORME Nº 06-18-G/B/A.  
REFERENCIA : PERSONAL.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 26/11/2018.  
ENSAYO SOLICITADO : FÍSICO QUÍMICO.

**RESULTADOS:**

ENSAYO	RESULTADOS
%HUMEDAD	80.33%

**MÉTODO UTILIZADO EN EL LABORATORIO:**  
BALANZA DE HUMEDAD

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO: 26/11/2018.





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**Vicerrectorado de Investigación**  
**Instituto de Investigación de Especialización**  
**en Agroindustria**



**INFORME DE ANÁLISIS DE HUMEDAD EN HOJAS DE PAICO**

SOLICITANTE : JULISSA AQUINO INFUENTE.  
PRODUCTO : HOJAS DE PAICO.  
NÚMERO DE MUESTRA : Uno.  
IDENTIFICACIÓN/MTRA : HP5  
CANTIDAD RECIBIDA : 8g.  
MARCA : S/M.  
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, las muestras ingresan en bolsa ziploc.  
SOLICITUD DE SERVICIO : INFORME N° 07-18-G/B/A.  
REFERENCIA : PERSONAL.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 30/11/2018.  
ENSAYO SOLICITADO : FÍSICO QUÍMICO.

**RESULTADOS:**

ENSAYO	RESULTADOS
%HUMEDAD	81.31%

**MÉTODO UTILIZADO EN EL LABORATORIO:**  
BALANZA DE HUMEDAD

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO: 30/11/2018.





UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

## UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN PRODUCTOS NATURALES

### Informe de resultados

<b>Solicitantes:</b>	Julissa Aquino
<b>Muestra:</b>	9 muestras de aceite esencial de Paico con códigos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9.
<b>Análisis:</b>	Composición química de aceites esenciales por Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.
<b>Fecha de entrega de Resultados:</b>	21 diciembre 2018

---

### RESULTADOS

En las páginas 2 a 15 del presente informe.

Atentamente,

---

**Dra. Rosario Rojas Durán**

Unidad de Investigación en Productos Naturales  
LID-Laboratorio 209  
e-mail: [rosario.rojas@upch.pe](mailto:rosario.rojas@upch.pe)  
página web: [www.uipn-upch.pe](http://www.uipn-upch.pe)  
Teléfono: 51-1-3190000 Anexo 233227

Página 1 de 15

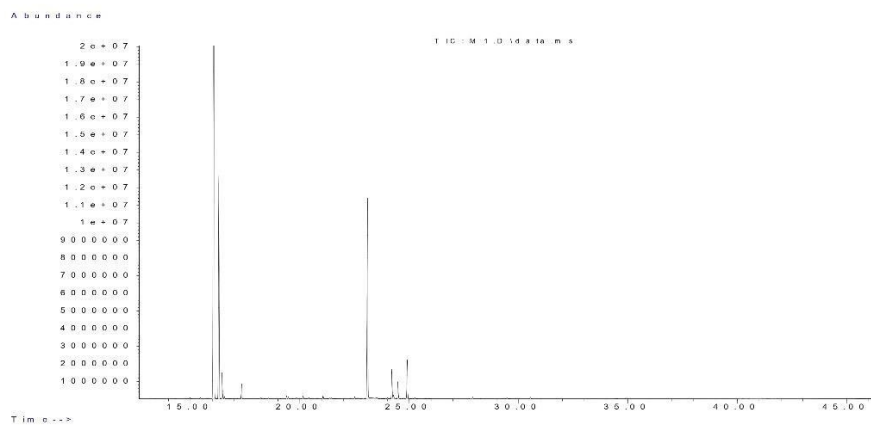
Av. Honorio Delgado 430, Lima 31 / Apartado Postal 4314  
Central Telefónica: (511) 319-0000 2402 Secretaria Académica de  
Facultad de Ciencias y Filosofía Alberto Cazorla Talleri

## **ACEITE ESENCIAL "1"**

Se identificaron 14 compuestos que comprenden el 100% de la composición total del aceite esencial.

<b>Número</b>	<b>Nombre del compuesto (NIST08.L)</b>	<b>t<sub>R</sub> (min)</b>	<b>% en la muestra (áreas relativas)</b>
1	$\alpha$ -Terpineno	16.08	67.05
2	<i>o</i> -Cimeno	16.30	12.65
3	D-Limoneno	16.45	1.42
4	$\beta$ -Felandreno	16.55	0.13
5	$\gamma$ -Terpineno	17.34	0.83
6	<i>trans-p</i> -Menta-2,8-dienol	19.40	0.15
7	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O)	20.15	0.17
8	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O)	21.07	0.17
9	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O)	22.52	0.12
10	2-Careno	23.10	12.06
11	Timol	24.21	1.68
12	Anetol	24.29	0.21
13	Carvacrol	24.49	1.00
14	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> )	24.91	2.36

### Cromatograma GC-MS del aceite esencial "1"

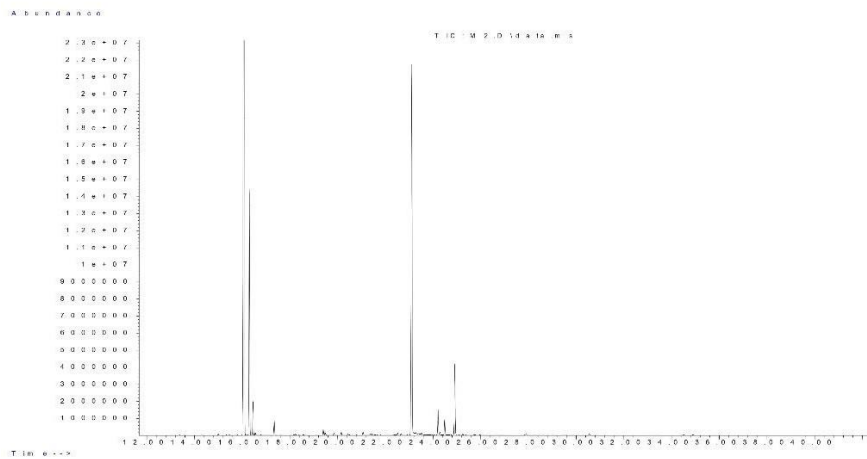


## **ACEITE ESENCIAL "2"**

Se identificaron 14 compuestos que comprenden el 100% de la composición total del aceite esencial.

<b>Número</b>	<b>Nombre del compuesto (NIST08.L)</b>	<b>t<sub>R</sub> (min)</b>	<b>% en la muestra (áreas relativas)</b>
1	$\alpha$ -Terpineno	16.08	56.92
2	<i>o</i> -Cimeno	16.30	11.94
3	D-Limoneno	16.45	1.58
4	$\beta$ -Felandreno	16.55	0.11
5	$\gamma$ -Terpineno	17.35	0.73
6	<i>trans-p</i> -Menta-2,8-dienol	19.40	0.31
7	Desconocido (C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O)	19.48	0.16
8	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O)	20.16	0.17
9	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O)	21.07	0.17
10	2-Careno	23.11	22.02
11	Timol	24.21	1.26
12	Anetol	24.29	0.17
13	Carvacrol	24.49	0.81
14	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> )	24.92	3.65

**Cromatograma GC-MS del aceite esencial "2"**

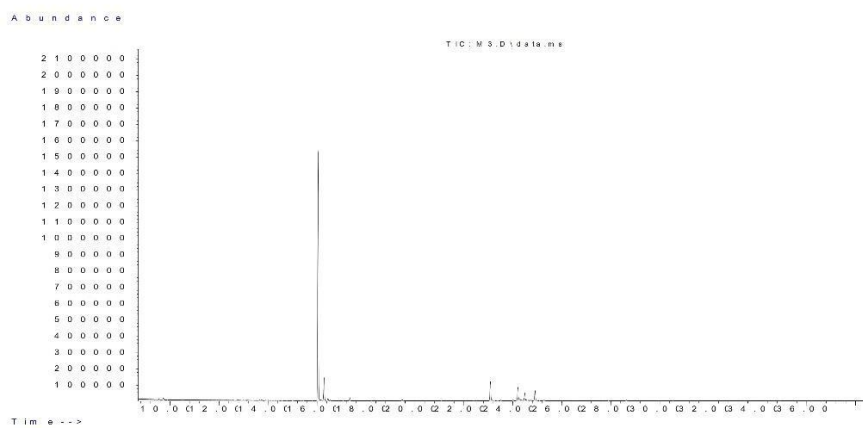


## **ACEITE ESENCIAL "3"**

Se identificaron 6 compuestos que comprenden el 100% de la composición total del aceite esencial.

<b>Número</b>	<b>Nombre del compuesto (NIST08.L)</b>	<b>t<sub>R</sub> (min)</b>	<b>% en la muestra (áreas relativas)</b>
1	α-Terpineno	16.04	76.01
2	o-Cimeno	16.29	7.23
3	2-Careno	23.08	6.53
4	Timol	24.21	4.20
5	Carvacrol	24.49	2.62
6	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> )	24.90	3.41

### **Cromatograma GC-MS del aceite esencial "3"**



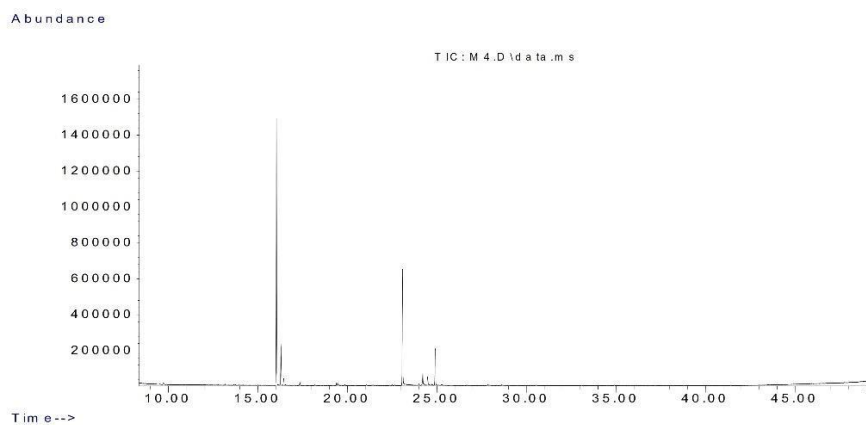


## ACEITE ESENCIAL "4"

Se identificaron 9 compuestos que comprenden el 100% de la composición total del aceite esencial.

Número	Nombre del compuesto (NIST08.L)	t <sub>R</sub> (min)	% en la muestra (áreas relativas)
1	α-Terpineno	16.04	52.72
2	o-Cimeno	16.29	8.40
3	D-Limoneno	16.44	1.48
4	γ-Terpineno	17.35	0.69
5	<i>trans-p</i> -Menta-2,8-dienol	19.40	0.61
6	2-Careno	23.08	23.87
7	Timol	24.21	2.64
8	Carvacrol	24.48	1.85
9	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> )	24.91	7.74

### Cromatograma GC-MS del aceite esencial "4"



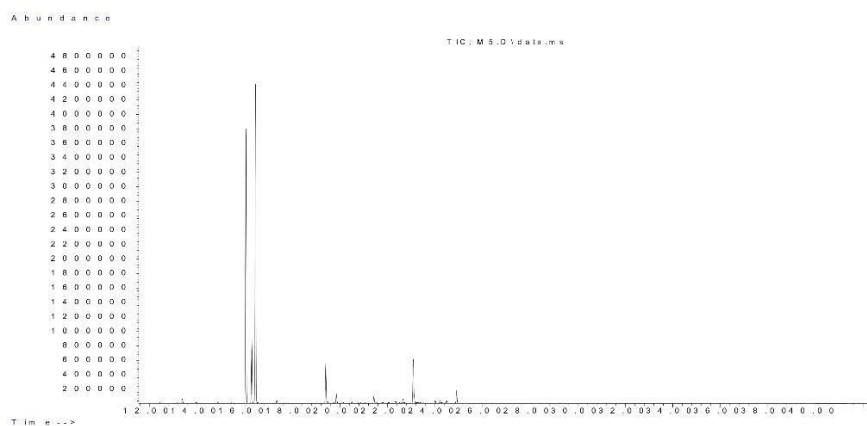
## ACEITE ESENCIAL "5"

Se identificaron 18 compuestos que comprenden el 100% de la composición total del aceite esencial.

Número	Nombre del compuesto (NIST08.L)	t <sub>R</sub> (min)	% en la muestra (áreas relativas)
1	α-Pineno	13.37	0.55
2	α-Terpineno	16.04	33.62
3	o-Cimeno	16.29	8.02
4	D-Limoneno	16.45	39.26
5	γ-Terpineno	17.35	0.39
6	<i>trans-p</i> -Menta-2,8-dienol	19.40	5.12
7	Desconocido (C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O)	19.48	0.23
8	1-metil-4-(1-metiletetil)- <i>trans</i> -2-Ciclohexen-1-ol	19.85	1.40
9	Desconocido (C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O)	20.50	0.14
10	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O)	21.43	0.98
11	Desconocido (C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub> )	22.05	0.20
12	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O)	22.34	0.35
13	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O)	22.65	0.57
14	2-Careno	23.08	6.40
15	Desconocido (C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O)	24.01	0.37
16	Timol	24.21	0.33
17	Carvacrol	24.49	0.33

18	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> )	24.91	1.74
----	---	-------	------

**Cromatograma GC-MS del aceite esencial "5"**

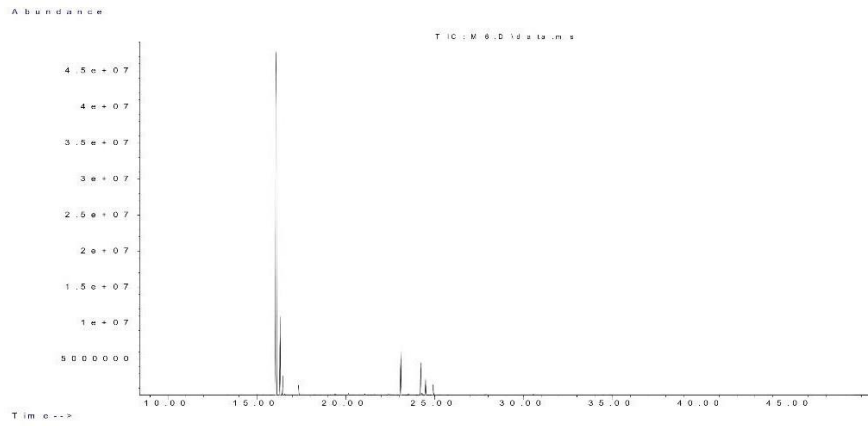


## **ACEITE ESENCIAL "6"**

Se identificaron 15 compuestos que comprenden el 100% de la composición total del aceite esencial.

<b>Número</b>	<b>Nombre del compuesto (NIST08.L)</b>	<b>t<sub>R</sub> (min)</b>	<b>% en la muestra (áreas relativas)</b>
1	$\alpha$ -Terpineno	16.10	72.18
2	<i>o</i> -Cimeno	16.30	9.86
3	D-Limoneno	16.45	2.30
4	$\beta$ -Felandreno	16.55	0.15
5	$\gamma$ -Terpineno	17.35	1.17
6	<i>trans-p</i> -Menta-2,8-dienol	19.40	0.17
7	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O)	20.16	0.21
8	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O)	21.07	0.16
9	2-Carene	23.09	5.62
10	7-Oxabicyclo[4.1.0]heptan-2-one, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-	23.52	0.15
11	Timol	24.21	4.07
12	Anetol	24.29	0.27
13	Carvacrol	24.49	2.11
14	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> )	24.91	1.43
15	Desconocido (C <sub>13</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub> )	30.55	0.15

### **Cromatograma GC-MS del aceite esencial "6"**

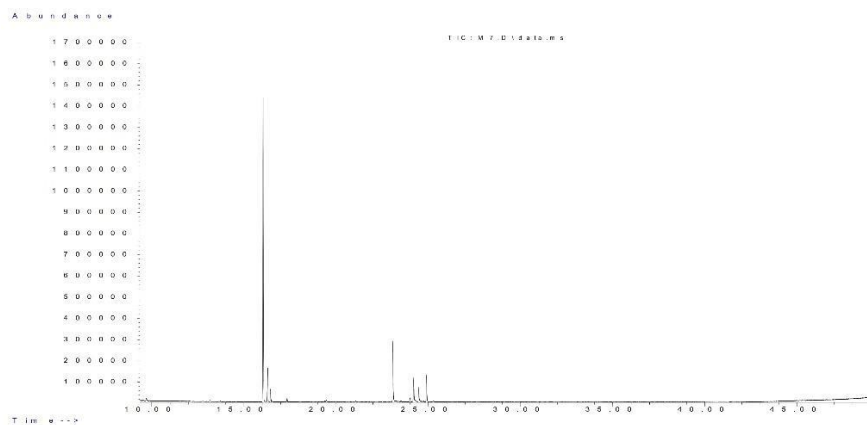


## ACEITE ESENCIAL "7"

Se identificaron 9 compuestos que comprenden el 100% de la composición total del aceite esencial.

Número	Nombre del compuesto (NIST08.L)	t <sub>R</sub> (min)	% en la muestra (áreas relativas)
1	α-Terpineno	16.04	61.11
2	o-Cimeno	16.29	7.10
3	Limoneno	16.45	2.66
4	γ-Terpineo	17.35	0.84
5	2-Careno	23.08	13.38
6	Desconocido (C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub> )	24.01	0.92
7	Thymol	24.21	5.17
8	Carvacrol	24.48	3.07
9	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> )	24.90	5.75

### Cromatograma GC-MS del aceite esencial "7"

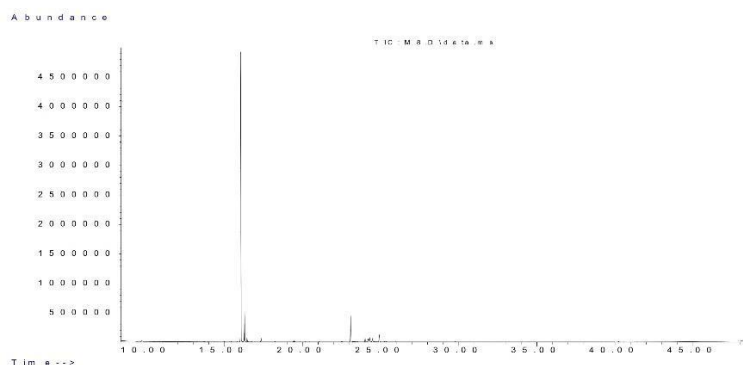


## ACEITE ESENCIAL "8"

Se identificaron 10 compuestos que comprenden el 100% de la composición total del aceite esencial.

Número	Nombre del compuesto (NIST08.L)	t <sub>R</sub> (min)	% en la muestra (áreas relativas)
1	α-Terpineno	16.04	75.83
2	o-Cimeno	16.29	7.97
3	D-Limoneno	16.45	1.14
4	γ-Terpineno	17.35	1.02
5	2-Careno	23.08	7.54
6	Desconocido (C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub> )	24.00	1.13
7	Timol	24.21	0.85
8	Anetol	24.29	1.49
9	Carvacrol	24.48	1.02
10	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> )	24.91	2.01

### Cromatograma GC-MS del aceite esencial "8"



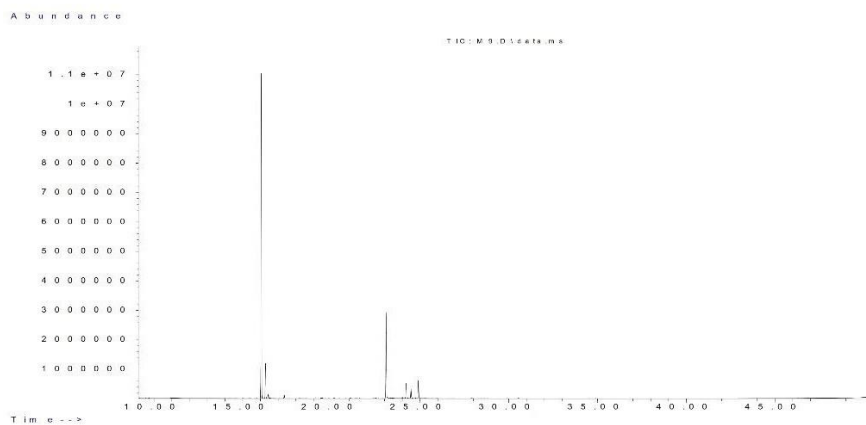
## **ACEITE ESENCIAL "9"**

Se identificaron 12 compuestos que comprenden el 100% de la composición total del aceite esencial.

<b>Número</b>	<b>Nombre del compuesto (NIST08.L)</b>	<b>t<sub>R</sub> (min)</b>	<b>% en la muestra (áreas relativas)</b>
1	$\alpha$ -Terpineno	16.05	63.84
2	o-Cimeno	16.29	6.95
3	D-Limoneno	16.45	0.87
4	$\gamma$ -Terpineno	17.34	0.74
5	Desconocido (C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O)	19.47	0.28
6	2-Careno	23.08	17.78
7	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> )	23.27	0.24
8	Desconocido (C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub> )	24.00	0.23
9	Timol	24.21	3.07
10	Anetol	24.29	0.22
11	Carvacrol	24.48	1.98
12	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> )	24.91	3.80



### **Cromatograma GC-MS del aceite esencial "9"**



### **Condiciones cromatográficas para las 9 muestras de aceites esenciales:**

Equipo: Cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7890A con detector espectrómetro de masas Agilent Technologies 5975C.

Columna: J&W 122-1545.67659 DB-5ms, 325 °C: 60 m x 250 µm x 0.25 µm

Rampa de temperatura: Empieza en 40 °C y sube a 5 °C/min hasta 180 °C; 2.5 °C/min hasta 200 °C por 5 min y finalmente 10 °C/min hasta 300 °C manteniéndose por 3 minutos.

Tiempo de corrida: 54 min

Volumen de Inyección: 1 µL

Split: 100:1

Gas portador: He, 1 mL/min

Muestra: Se diluyó 20 µL de muestra en 1 mL de diclorometano



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

## UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN PRODUCTOS NATURALES

### Informe de resultados

<b>Solicitante:</b>	Julissa Aquino
<b>Muestra:</b>	1 Aceite esencial con código: <b>Predicción</b> <b>05-11-19</b>
<b>Análisis:</b>	Composición química de 1 aceite esencial por Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.
<b>Fecha de entrega de Resultados:</b>	27 noviembre 2019

---

### RESULTADOS

En las páginas 2 a 3 del presente informe.

Atentamente,

**Dra. Rosario Rojas Durán**

Unidad de Investigación en Productos Naturales

LID-Laboratorio 209

e-mail: [rosario.rojas@upch.pe](mailto:rosario.rojas@upch.pe)

<https://investigacion.cayetano.edu.pe/catalogo/productosnaturales/uiqn>

Teléfono: 51-1-3190000 Anexo 233227

Página 1 de 3

Av. Honorio Delgado 430, Lima 31 / Apartado Postal 4314  
Central Telefónica: (511) 319-0000 2402 Secretaría Académica de  
Facultad de Ciencias y Filosofía Alberto Cazorla Talleri

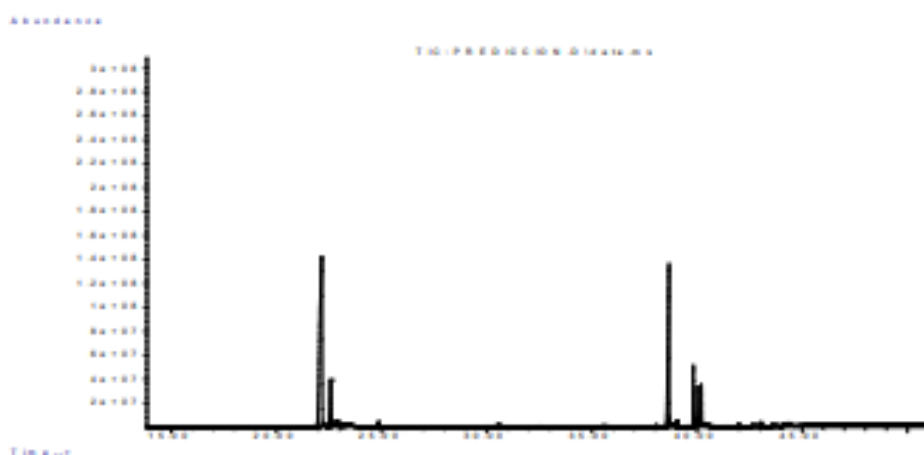
## ACEITE ESENCIAL "Predicción"

05-11-19

Se identificaron 15 compuestos que comprenden el 100% de la composición total del aceite esencial.

Número	Nombre del compuesto (NIST08.L)	t <sub>R</sub> (min)	% en la muestra (áreas relativas)
1	$\alpha$ -Terpinene	17.12	0.07
2	$\alpha$ -Terpinolene	22.13	50.94
3	$p$ -Cimeno	22.58	8.25
4	Limoneno	22.88	1.47
5	$m$ -Cimeno	23.25	1.47
6	$\gamma$ -Terpineno	24.87	0.77
7	Ascaridol	38.64	29.06
8	Carvacrol	40.01	3.42
9	Desconocido (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> )	40.20	2.93
10	Desconocido (C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub> )	41.99	0.27
11	$\beta$ -Ionona	42.65	0.42
12	Desconocido (C <sub>13</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub> )	43.01	0.32
13	Cadaleno	43.59	0.23
14	Desconocido (C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> )	43.81	0.09
15	Gualazuleno	44.32	0.29

### Cromatograma GC-MS del aceite esencial "Predicción"



### Condiciones cromatográficas para el aceite esencial:

Equipo: Cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7890 con detector espectrómetro de masas Agilent Technologies 5975C.

Columna: J&W 122-1545.67659 DB-5ms, 325 °C: 60 m x 250 µm x 0.25 µm

Rampa de temperatura: Empezar en 40 °C y sube a 2 °C/min hasta 100 °C por 10 min; 20 °C/min hasta 300 °C manteniéndose por 6 min.

Tiempo de corrida: 51 min

Volumen de inyección: 1 µL

Split: 60:1

Gas portador: He, 1 ml/min

20 µL del aceite esencial fue diluido en 1 mL de diclorometano y luego se inyectó 1 µL al cromatógrafo de gases

## LISTA DE MERCADOS DE ACEITES ESENCIALES EXPORTADOS POR PERÚ (2016 AL 2022)



### TRADE MAP


Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas  
Datos comerciales mensuales, trimestrales y anuales. Valores de importación y exportación,  
volumenes, tasas de crecimiento, cuotas de mercado, etc.



#### Lista de los mercados importadores para un producto exportado por Perú <sup>1</sup> Producto: 33 Aceites esenciales y resinoides; preparaciones de perfumería, de tocador o de cosmética

Unidad : miles Dólar Americano

Países o regiones	Importadores	Valor exportado en 2016	Valor exportado en 2017	Valor exportado en 2018	Valor exportado en 2019
	Mundo	99.847	92.899	80.430	85.582
<input type="checkbox"/>	Ecuador	11.805	17.441	17.254	17.311
<input type="checkbox"/>	Bolivia_Estado Plurinacional de	22.329	23.502	21.148	15.374
<input type="checkbox"/>	Colombia	15.628	9.681	8.512	9.298
<input type="checkbox"/>	México	9.843	9.110	6.142	7.387
<input type="checkbox"/>	Países Bajos	4.362	3.396	4.442	7.316
<input type="checkbox"/>	Reino Unido	5.820	5.571	3.692	4.697
<input type="checkbox"/>	Chile	13.239	5.750	4.575	4.590
<input type="checkbox"/>	Estados Unidos de América	7.623	4.974	3.117	3.458
<input type="checkbox"/>	España	2.583	2.836	3.059	3.008
<input type="checkbox"/>	República Dominicana	1.070	1.358	1.190	1.599
<input type="checkbox"/>	Guatemala	496	837	1.089	1.242
<input type="checkbox"/>	Alemania	91	39	86	1.166
<input type="checkbox"/>	Italia	16	43	178	1.141
<input type="checkbox"/>	Panamá	1.258	509	669	1.115
<input type="checkbox"/>	Costa Rica	425	596	811	1.032
<input type="checkbox"/>	El Salvador	588	583	619	742
<input type="checkbox"/>	Uruguay	651	1.095	554	720
<input type="checkbox"/>	Brasil	32	4	17	682
<input type="checkbox"/>	Francia	43	37	191	658
<input type="checkbox"/>	Honduras	311	361	524	536
<input type="checkbox"/>	Irlanda	0	3.010	256	394
<input type="checkbox"/>	Argentina	127	415	176	380
<input type="checkbox"/>	Zona Franca	2	512	119	273
<input type="checkbox"/>	Jacón	442	234	666	246
<input type="checkbox"/>	Venezuela_República Bolivariana de	307	82	29	189
<input type="checkbox"/>	Nicaragua	51	98	111	121
<input type="checkbox"/>	Marruecos	67	114	37	117
<input type="checkbox"/>	Letonia	0	71	31	108
<input type="checkbox"/>	Emiratos Árabes Unidos	178	94	106	105
<input type="checkbox"/>	Canadá	31	64	118	94
<input type="checkbox"/>	Curacao	56	118	117	76
<input type="checkbox"/>	Cuba	23	7	9	45
<input type="checkbox"/>	Rusia_Federación de	87	2	87	41
<input type="checkbox"/>	Trinidad y Tobago	31	40	30	39
<input type="checkbox"/>	Jamaica	20	22	102	36
<input type="checkbox"/>	Libia_Estado de	0	0	0	36
<input type="checkbox"/>	Malta	0	0	0	23
<input type="checkbox"/>	Saint Kitts y Nevis	0	5	8	21
<input type="checkbox"/>	Paraguay	52	76	160	20
<input type="checkbox"/>	Bélgica	0	0	0	17
<input type="checkbox"/>	Antigua y Barbuda	0	5	3	15
<input type="checkbox"/>	Bolivia	14	12	6	15
<input type="checkbox"/>	Aruba	0	16	34	14
<input type="checkbox"/>	Santa Lucía	8	9	4	14
<input type="checkbox"/>	Dominica	12	3	3	12
<input type="checkbox"/>	Viet Nam	0	0	0	8
<input type="checkbox"/>	Zona Franca	0	2	0	7
<input type="checkbox"/>	Australia	0	1	60	7

**Lista de los mercados importadores para un producto exportado por Perú** 

**Producto: 33 Aceites esenciales y resinoides; preparaciones de perfumería, de tocador o de cosmética**

Unidad : miles Dólar Americano

1				
País o región	Importaciones	Valor exportado en 2020	Valor exportado en 2021	Valor reportado en 2022*
	Mundo	77.546	106.042	116.674
<input type="checkbox"/>	Ecuador	12.380	17.696	17.779
<input type="checkbox"/>	Bolivia, Estado Plurinacional de	10.489	10.913	13.910
<input type="checkbox"/>	Estados Unidos de América	4.720	8.512	12.870
<input type="checkbox"/>	México	6.189	11.858	11.889
<input type="checkbox"/>	Países Bajos	7.204	11.411	10.867
<input type="checkbox"/>	Colombia	8.185	9.405	9.876
<input type="checkbox"/>	Reino Unido	5.966	5.943	8.328
<input type="checkbox"/>	India	0	1.493	5.071
<input type="checkbox"/>	España	3.751	6.954	4.520
<input type="checkbox"/>	Chile	6.042	6.028	3.514
<input type="checkbox"/>	Guatemala	1.394	1.677	3.145
<input type="checkbox"/>	Zona franca	12	1.135	3.052
<input type="checkbox"/>	Panamá	1.043	1.392	1.572
<input type="checkbox"/>	República Dominicana	1.327	1.816	1.551
<input type="checkbox"/>	Costa Rica	1.311	1.107	1.362
<input type="checkbox"/>	El Salvador	1.285	1.098	1.143
<input type="checkbox"/>	Uruguay	747	1.348	1.061
<input type="checkbox"/>	Honduras	808	1.082	978
<input type="checkbox"/>	Italia	407	648	821
<input type="checkbox"/>	Francia	249	413	544
<input type="checkbox"/>	Emiratos Árabes Unidos	189	136	312
<input type="checkbox"/>	India	4	140	279
<input type="checkbox"/>	Jacón	353	185	250
<input type="checkbox"/>	Australia	195	128	244
<input type="checkbox"/>	Canadá	102	88	221
<input type="checkbox"/>	Alemania	366	432	220
<input type="checkbox"/>	Marruecos	82	301	181
<input type="checkbox"/>	Argentina	344	16	177
<input type="checkbox"/>	Bélica	125	71	175
<input type="checkbox"/>	Venezuela, República Bolivariana de	93	78	140
<input type="checkbox"/>	Grecia	87	83	128
<input type="checkbox"/>	Suriname	4	50	126
<input type="checkbox"/>	Letonia	24	39	105
<input type="checkbox"/>	Camerún	0		77
<input type="checkbox"/>	Curacao	147	72	69
<input type="checkbox"/>	Haití	0	50	56
<input type="checkbox"/>	Nicaragua	277	212	55
<input type="checkbox"/>	Lituania	8	21	52
<input type="checkbox"/>	Paraguay	6	72	44
<input type="checkbox"/>	Chile	30		32
<input type="checkbox"/>	Polonia	327	533	31
<input type="checkbox"/>	Croacia	42	85	23
<input type="checkbox"/>	Jamaica	54	73	23
<input type="checkbox"/>	Trinidad y Tobago	63	34	21
<input type="checkbox"/>	Braíl	10	3	20
<input type="checkbox"/>	Corea, República de	0	6	19
<input type="checkbox"/>	Anda	38	37	17
<input type="checkbox"/>	Rusia, Federación de	-3	50	15