

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias**

**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE  
ORÉGANO (*Origanum vulgare L.*) DE LA PROVINCIA DE  
CANDARAVE - TACNA, MEDIANTE COMPARACIÓN  
DE LOS MÉTODOS DE HIDRO – DESTILACIÓN  
ASISTIDA POR RADIACIÓN DE MICROONDAS  
(MWHD) Y EL MÉTODO DE ARRASTRE  
DE VAPOR**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. Omar David Mamani Escobar**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**


**TACNA – PERÚ**

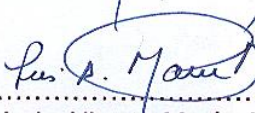
**2022**


**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**  
**Facultad de Ciencias Agropecuarias**  
**Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias**


**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE  
ORÉGANO (*Origanum vulgare* L.) DE LA PROVINCIA DE  
CANDARAVE – TACNA, MEDIANTE COMPARACIÓN  
DE LOS MÉTODOS DE HIDRO – DESTILACIÓN  
ASISTIDA POR RADIACIÓN DE MICROONDAS  
(MWHF) Y EL MÉTODO DE  
ARRASTRE DE VAPOR**

Tesis sustentada y aprobada el 10 de marzo del 2022, estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE :   
Dra. Lilliana del Carmen Lanchipa Bergamini.

SECRETARIO :   
Dr. Luis Alberto Marín Aliaga.

MIEMBRO :   
MSc. Rolando Céspedes Rossel

ASESOR :   
Dr. Enrique Alfonso De Florio Ramírez

## CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Enrique de Florio Ramírez** en mi condición de asesor acreditado por la **Resolución de Facultad/ N° 4874-2018- FCAG** de la **tesis de investigación** titulado:

**“EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum vulgare* L.) DE LA PROVINCIA DE CANDARAVE – TACNA, MEDIANTE COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS DE HIDRO – DESTILACIÓN ASISTIDA POR RADIACIÓN DE MICROONDAS (MWH) Y EL MÉTODO DE ARRASTRE DE VAPOR”**

Presentado por :

**Bachiller/ Magister/ egresado/ licenciado/ estudiante/ Bach. Omar David Mamani Escobar** para optar el grado/título/especialidad **Título Profesional de: INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.**

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual **Turnitin** cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es **9 %**.

Por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la (tesis/monografía/trabajo/informe) **Tesis** está de acuerdo al nivel **PERMITIDO**, para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio Institucional.**

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del grado/ título/ especialidad **Título Profesional de: INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.**

  
-----  
DNI: 00506962  
**Dr. Enrique De Florio Ramírez**



## **DEDICATORIA**

*A Dios, a mis Padres y a mis hermanos.*

*A Dios por que nunca me dejó, ni me olvidó, ha estado conmigo en cada paso cuidándome y dándome esa fortaleza para seguir adelante. A mis Padres quienes a lo largo del sendero de mi vida han dado todo por mi bienestar y educación. A mis hermanas Gloria y Blanca por su dedicación, ejemplo y apoyo incondicional. Es por todos ellos que he llegado a esta fase de mi vida.*

***Omar David Mamani Escobar***

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por ser mi guía y el que me cuida en el transcurso de mi vida, dándome su paciencia y sabiduría para terminar con éxito lo que me propuesto.*

*A mis padres por ser mi pilar fundamental y darme el apoyo incondicional tanto moral y económico aun cuando se hayan presentado muchas adversidades en el camino.*

*Agradezco a mi asesor Dr. Enrique Alfonso De Florio Ramírez, quien con su experiencia conocimiento y motivación me orientó en la investigación de este proyecto.*

*Al Dr. Luis Alberto Medina Marroquín por sus consejos, enseñanza, apoyo y sobre a todo a su amistad y paciencia que tuvo en los momentos más difíciles de este trabajo.*

*Agradezco a la MSc. Sonia Pomareda Angulo y al MSc. Linley Vega Vega por su apoyo con su experiencia y su amistad brindada para seguir adelante en este proyecto.*

*Agradezco a mis queridos amigos, el Abogado, Director y Vicepresidente de la Caja Municipal de Tacna, Director de la Federación de cajas municipales del Perú Dr. Edgar Efraín Mamani Suárez y al Sr. Clemente Quije Coila Ventura por darme esas fuerzas para seguir adelante y culminar con éxito lo que me propuse.*

*Finalmente agradezco a todos los docentes de la ESIA que con su sabiduría, conocimientos y apoyo me motivaron a culminar mis estudios y desarrollarme como persona y profesional.*

*A todos ellos les expreso mi agradecimiento con todo cariño.*

**Omar David Mamani Escobar**

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>5</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	5
1.2. Formulación del problema.....	7
1.3. Problema General: .....	7
1.3.1. Problema Específicos:.....	7
1.4. Justificación de la investigación .....	9
1.4.1. Justificación técnica .....	9
1.4.2. Justificación económica. ....	10
1.4.3. Justificación social.....	10
1.5. Objetivos .....	11
1.5.1. Objetivo General .....	11
1.5.2. Objetivos Específicos.....	11
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
2.1. Antecedentes .....	13

2.2.	Bases teóricas.....	17
2.2.1.	Descripción de la planta .....	17
2.2.2.	Generalidades .....	17
2.2.3.	Aceite esencial .....	20
2.2.4.	Composición química de los aceites esenciales .....	21
2.2.5.	Síntesis de los aceites esenciales.....	24
2.2.6.	Actividad biológica de los componentes del orégano....	26
2.2.7.	Uso y aplicaciones del aceite esencial de orégano .....	27
2.2.8.	Características generales del <i>origanum vulgare L.</i> .....	29
2.2.9.	Extracción de aceites esenciales .....	31
2.2.10.	Métodos de extracción .....	31
2.2.11.	Clasificación de los aceites esenciales .....	36
2.2.12.	Ensayos de reconocimiento de los aceites esenciales .	37
2.2.13.	Métodos de análisis de aceites esenciales .....	38
2.2.14.	Utilidad industrial de los aceites esenciales .....	39
2.2.15.	Tratamientos posteriores a la extracción del aceite .....	42
2.2.16.	Obtención de aceites esenciales.....	42
2.3.	Definición de términos básicos.....	48
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....		50
3.1.	Hipótesis .....	50
3.2.	Operacionalización de variables .....	50

3.3.	Tipo de investigación.....	50
3.4.	Diseño de investigación .....	51
3.5.	Población y muestra de estudio .....	53
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	54
3.6.1	Lugar de ejecución:.....	54
3.6.2	Materia prima .....	54
3.6.3	Materiales, equipos y reactivos.....	54
3.6.4	Diseño experimental .....	56
3.6.5	Métodos de análisis .....	57
3.6.6	Metodología experimental.....	57
3.6.7	Implementación de los métodos y equipos: .....	64
3.6.8	Ebullición: .....	66
3.6.9	Traslado:.....	67
3.6.10	Arrastre: .....	67
3.6.11	Condensación:.....	68
3.6.12	Decantación:.....	68
3.7.	Análisis de datos .....	70
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....		71
4.1.	Rendimiento del aceite esencial de orégano. ....	71
4.2.	Densidad Relativa del aceite esencial de orégano. ...	73
4.3.	Índice de refracción aceite esencial de orégano .....	74

4.4.	Características Organolépticas del aceite esencial....	74
4.4.1.	Comprobación de Hipótesis (discusión).....	75
4.5.	Densidad Relativa:.....	86
4.6.	Análisis de la varianza por método de extracción .....	90
4.7.	Solubilidad .....	93
4.8.	Caracterización sensorial.....	95
CAPÍTULO V: DISCUSIONES.....		97
CONCLUSIONES.....		103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		106

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1</b>	LA TAXONOMÍA DE LIPPIA SP. ....	19
<b>TABLA 2</b>	LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL CON BASE EN LOS GRUPOS FUNCIONALES DE MOLÉCULAS. .....	22
<b>TABLA 3</b>	LOS PARÁMETROS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE ACEITES ESENCIALES.....	30
<b>TABLA 4</b>	UTILIDAD Y APLICACIÓN INDUSTRIAL DE LOS ACEITES ESENCIALES .....	41
<b>TABLA 5</b>	OPERACIÓN DE VARIABLES PARA LA EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO.....	52
<b>TABLA 6</b>	RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE 3 VARIEDADES DE ORÉGANO PROCEDENTE DE LA REGIÓN DE CANDARAVE MEDIANTE EL MÉTODO DE ARRASTRE DE VAPOR.....	71
<b>TABLA 7</b>	RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE 3 VARIEDADES DE ORÉGANO PROCEDENTE DE LA REGIÓN DE CANDARAVE POR EL "MÉTODO HIDRO-	

DESTILACIÓN ASISTIDA POR RADIACIÓN DE MICROONDAS (MWHB)" .....	72
<b>TABLA 8</b> DENSIDAD RELATIVA DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO .....	73
<b>TABLA 9</b> ÍNDICE DE REFRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO.....	74
<b>TABLA 10</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA EL ORÉGANO VARIEDAD "CHINO" .....	77
<b>TABLA 11</b> PRUEBA DE TEST: TUKEY PARA EL ORÉGANO VARIEDAD "CHINO" .....	78
<b>TABLA 12</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA EL ORÉGANO VARIEDAD "FLOR" .....	80
<b>TABLA 13</b> PRUEBA DE TEST: TUKEY PARA EL ORÉGANO VARIEDAD "FLOR" .....	81
<b>TABLA 14</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA EL ORÉGANO VARIEDAD "OREJÓN".....	83
<b>TABLA 15</b> PRUEBA DE TEST: TUKEY PARA EL ORÉGANO VARIEDAD "OREJÓN".....	84
<b>TABLA 16</b> DENSIDAD RELATIVA DE ACEITE ESENCIAL.....	86

<b>TABLA 17</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LA DENSIDAD RELATIVA DEL ORÉGANO EN SUS TRES VARIEDADES ESTUDIADAS .....	87
<b>TABLA 18</b> TEST TUKEY PARA LA DENSIDAD RELATIVA DEL ORÉGANO EN SUS TRES VARIEDADES ESTUDIADAS ...	88
<b>TABLA 19</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA DENSIDAD RELATIVA POR MÉTODO APLICADO .....	90
<b>TABLA 20</b> PRUEBA DE TEST: TUKEY DE LA DENSIDAD RELATIVA POR MÉTODO APLICADO .....	91
<b>TABLA 21</b> SOLUBILIDAD DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO DE LAS VARIEDADES “CHINO”, “FLOR” Y “OREJÓN” DE CANDARAVE.....	94
<b>TABLA 22</b> CARACTERIZACIÓN SENSORIAL DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO POR <b>DESTILACIÓN DE ARRASTRE DE VAPOR</b> DE LAS VARIEDADES “CHINO”, “FLOR” Y “OREJÓN” DE CANDARAVE.....	95
<b>TABLA 23</b> CARACTERIZACIÓN SENSORIAL DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO POR <b>DESTILACIÓN ASISTIDA POR RADIACIÓN DE MICROONDAS</b> DE LAS VARIEDADES “CHINO”, “FLOR” Y “OREJÓN” DE CANDARAVE. ....	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b>	ESTRUCTURA REPRESENTATIVAS DE ISOPRENOIDES, AMINOÁCIDOS VOLÁTILES Y OTROS DERIVADOS DE PLANTAS.....	23
<b>FIGURA 2</b>	PRINCIPALES APLICACIONES DE LOS ACEITES ESENCIALES .....	28
<b>FIGURA 3</b>	PRINCIPALES COMPONENTES DE UN EQUIPO DE EXTRACCIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR.....	33
<b>FIGURA 4</b>	DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO DE CANDARAVE .....	56
<b>FIGURA 5</b>	SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA OBTENER EL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO.....	58
<b>FIGURA 6</b>	<i>PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIAL DE ORÉGANO.....</i>	<i>69</i>
<b>FIGURA 7</b>	PRUEBA DE CONTRASTE DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO VARIEDAD “CHINO” CON RELACIÓN A LOS TRATAMIENTOS DE EXTRACCIÓN APLICADOS. ....	79
<b>FIGURA 8</b>	PRUEBA DE CONTRASTE DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO.....	82

<b>FIGURA 9</b> PRUEBA DE CONTRASTE DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO VARIEDAD “OREJÓN” CON RELACIÓN A LOS TRATAMIENTOS DE EXTRACCIÓN APLICADAS.....	85
<b>FIGURA10</b> PRUEBA DE CONTRASTE DE LA DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO POR VARIEDAD DE ORÉGANO.....	89
<b>FIGURA 11</b> PRUEBAS DE CONTRASTE DE LA DENSIDAD RELATIVA DEL ACEITE DE ORÉGANO POR MÉTODO DE EXTRACCIÓN .....	92

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 PANEL FOTOGRAFICO. ....	115
ANEXO 2 VARIEDAD DE OREGANO.....	116
ANEXO 3 ACEITE ESENCIAL DE OREGANO EXTRAIDO .....	117
ANEXO 4 ANÁLISIS DE VARIANZA. ....	118
ANEXO 5 FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL.....	126

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realizó una comparación del rendimiento de extracción, las características físicas y químicas del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare L.*) proveniente de la provincia de Candarave. La extracción se realizó a nivel de laboratorio por medio del método de Arrastre de vapor y el método de Hidro-destilación asistida por radiación de microondas (MWHD), en las instalaciones de los laboratorios de Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad de Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna.

Se determinó que el orégano proveniente de Candarave de la variedad “chino” es el que presenta mayor contenido de aceite esencial a diferencia de las variedades “flor” y “orejón”. Para la variedad “chino” se obtuvo un rendimiento máximo de 1,0333% y 0,8333%, tanto para la variedad “flor” y “orejón” para el método de Hidro-destilación asistida por radiación de microondas.

En lo referido al método de Arrastre con vapor los valores del rendimiento fueron de 0,5333%, 0,5000% y 0,4667% para las variedades “chino”, “flor” y “orejón” respectivamente.

Además, al aceite esencial se le determinó sus características físicas y químicas que se muestran en la siguiente tabla:

Análisis	Orégano ( <i>Origanum vulgare L</i> )					
	Arrastre V.			MWHD		
	“chino”	“flor”	“orejón”	“chino”	“flor”	“orejón”
Rendimiento (%)	0,5333	0,5000	0,4667	1,0333	0,8333	0,8333
Densidad (g/mL) a 20°C	0,9071	0,898	0,9347	0,8947	0,9073	0,917
Solubilidad EtOH (70% v/v)	Ligeramente soluble			Ligeramente soluble		
Índice de refracción 20°C	1,478625			1,478		

Palabras clave: Aceite esencial, orégano, rendimiento.

## ABSTRACT

This research paper compared the extraction performance, the physicochemical characteristics of oregano crude essential oil (*Origanum vulgare L.*) from the province of Candarave. The extraction was carried out at the laboratory level using the steam trawling method and the microwave radiation-assisted hydro-distillation (MWHD) method, at the facilities of the Laboratories of the Professional School of Engineering of Industries Jorge Basadre Grohmann National University of Tacna.

It was determined that the oregano from Candarave of the "Chinese" variety is the one with the highest essential oil content unlike the varieties "flor" and "orejón". For the first variety a maximum yield of 1,0333%, 0,8333%, was obtained for both the second and third variety in terms of method (MWHD).

With regard to the steam drag method, the yield values were 0,5333%, 0,500% and 0,4667% respectively. The variable used to carry out the extraction process was the extraction time of 60 minutes.

In addition, the raw essential oil was determined its physicochemical characteristics and shown below in the following table:

Análisis	Orégano ( <i>Origanum vulgare L</i> )					
	Arrastre V.			MWHD		
	“chino”	“flor”	“orejón”	“chino”	“flor”	“orejón”
Rendimiento (%)	0,5333	0,5000	0,4667	1,0333	0,8333	0,8333
Densidad (g/mL) a 20°C	0,9071	0,898	0,9347	0,8947	0,9073	0,917
Solubilidad EtOH (70% v/v)	Ligeramente soluble			Ligeramente soluble		
Índice de refracción 20°C	1,478625			1,478		

Keywords: Essential oil, oregano, performance.

## **INTRODUCCIÓN**

El orégano es una planta que se cultiva en varias regiones del Perú y especialmente en la región de Tacna, en las zonas altoandinas de la provincia de Candarave. Su importancia económica y su potencial está en su industrialización, ya sea obteniendo extractos o extrayendo el aceite esencial. Del último, son bien conocidas sus propiedades antioxidantes, por lo que, además de su agradable aroma, también puede sustituir a los antioxidantes utilizados habitualmente en la industria alimentaria.

El principal objetivo de la presente investigación fue el de comparar los rendimientos de extracción del aceite esencial de orégano originarios de las zonas productoras de Candarave mediante dos métodos: Destilación por Arrastre de vapor e Hidro-destilación asistida por radiación de microondas (MWHD). La extracción se hizo a nivel de laboratorio, además, se obtuvieron las características físicas y químicas del aceite esencial de orégano.

Los principales métodos de extracción de aceites esenciales son la hidrodestilación (HD), la destilación por arrastre de vapor, la extracción de

solventes destilativa (DES), el Head-space (HS) y la destilación de fluidos supercríticos (FSC); este último método es muy importante porque el gas empleado (CO<sub>2</sub>) no es tóxico ni explosivo, y se elimina fácilmente sin dejar residuos tóxicos en los aceites esenciales (Alanís & et al, 2001).

Sin embargo, debido al continuo desarrollo de la química han surgido ideas innovadoras que nos han brindado nuevas alternativas, entre ellas la hidrodestilación asistida por radiación de microondas (MWHD), en la que los aceites esenciales que se hallan envueltos en sacos (glándulas secretoras) con diferentes proporciones de aguas contenida, son irradiados por ondas que interactúan de forma selectiva con el agua y generan un localizado calentamiento (Albarracín & Montoya, 2003).

El resultado fue el de un aumento repentino y desigual de la temperatura hasta alcanzar el punto de ebullición y más allá, creando una expansión de volumen dentro del sistema celular que rompe las paredes y permite el libre flujo de materia orgánica hacia el solvente circundante, un proceso que mejora la calidad de los aceites esenciales y reduce los costos operativos (Albarracín & Montoya, 2003).

En el Capítulo I se presenta el planteamiento del problema: ¿Cuáles son las características físicas y químicas del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare L.*) de la provincia de Candarave, obtenido mediante el método de extracción por Hidro-destilación asistida por radiación de microondas (MWHD) y por Arrastre de vapor? .

En el Capítulo II se desarrolla el Marco Teórico en donde se brindan antecedentes sobre la extracción de los aceites esenciales de orégano, los usos y los principales métodos de extracción.

En el Capítulo III se desarrolla el marco metodológico del estudio, el cual se aplica a nivel experimental y explicativa (causalmente-efecto) en el que la población fueron las variables de orégano cultivado en la provincia de Candarave. La muestra estuvo constituida por las 3 variedades de orégano “chino”, “flor” y “orejón” que fueron sometidos a la extracción de aceite esencial mediante los dos métodos propuestos: Arraste de vapor e Hidro-destilación asistida por radiación de microondas. El diseño fue de tipo DCA (Diseño completamente al azar). Los resultados de los análisis físicos, químicos y sensoriales fueron procesados utilizando el software MS-Excel e Infostat.

En el Capítulo IV se presentan los resultados obtenidos durante la experimentación, luego se analizaron a través del análisis de varianza (ANOVA) para un factor con tres niveles y tres repeticiones y para un p-valor= 0,05% de confianza. También se aplicó la prueba de Tukey para determinar la existencia de similitud en las medias de los grupos estudiados.

En las conclusiones, se determinó que el mejor rendimiento fue para el método de Hidrodestilación asistida por radiación de microondas y la variedad que mayor aceite esencial produjo fue la variedad “chino” con un rendimiento de 1,033%. El índice de refracción para ambos métodos fue de 1,478. La solubilidad del aceite esencial obtenido ocurre en concentraciones de alcohol etílico mayores al 70%. Las densidades fueron 0,8947 g/mL, 0,9073 g/mL y 0,917 g/mL para “chino”, “flor” y “orejón” respectivamente.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

Tacna es la principal región de producción y exportación de orégano peruano, destinado principalmente al mercado brasileño. La demanda en este mercado y la competitividad de las empresas proveedoras de orégano a nivel mundial están aumentando. Las empresas buscan aumentar la eficiencia y la competitividad a través de procesos mejorados y productos diferenciados. El orégano de la región de Tacna es superior a sus competidores, principalmente por la calidad de su producto.

La mayoría de los estudios sobre el orégano se han centrado en identificar los factores que afectan las exportaciones al mercado brasileño, el débil desarrollo de herramientas comerciales y el acceso limitado a nuevas tecnologías que mejoren los procesos y productos y agreguen valor son algunos de los problemas que se han identificado. Finalmente, las agencias gubernamentales no tienen planes para mejorar la producción y la oferta de exportación.

El orégano (*Origanum vulgare L.*) se cultiva en la región de Tacna, regiones de Jorge Basadre Groman, Tarata, Candarave y Villavilani en la provincia Tacna. El orégano se utiliza en la preparación de alimentos y sus propiedades medicinales en el campo farmacéutico son tónicas, amargas, antisépticas, diuréticas y antiespasmódicas.

Se ha descubierto científicamente que el aceite de orégano es uno de los antibióticos más poderosos y efectivos conocidos por el hombre. Con la no creación de cepas bacterianas con mutaciones. Elimina todo tipo de bacterias con tan solo una pequeña cantidad. También es eficaz contra hongos, parásitos y virus. Se puede usar por vía tópica o interna sin efectos secundarios adversos y está disponible sin receta médica.

Se hace importante investigar y precisar las características físicas y químicas del aceite esencial de orégano que determinen y puntualicen los parámetros de calidad.

## **1.2. Formulación del problema**

En función de la problemática existente se planteó la siguiente pregunta de investigación:

### **1.3. Problema General:**

¿Cuáles son las características físicas y químicas del aceite esencial del orégano (*Origanum vulgare L.*) de la de la provincia de Candarave, obtenido mediante el método de extracción por Hidro-destilación asistida por radiación de microondas (MWHD) y por Arrastre de vapor?

#### **1.3.1. Problema Específicos:**

1. ¿Cuál es el rendimiento del aceite esencial orégano (*Origanum vulgare L.*) de la provincia de Candarave, obtenido mediante el método de extracción por Hidro-destilación asistida por radiación de microondas (MWHD) y por Arrastre de vapor?
2. ¿Cuál es el índice de refracción a 20°C del aceite esencial orégano (*Origanum vulgare L.*) de la provincia de Candarave, obtenido mediante el método de extracción por Hidro-destilación asistida por radiación de microondas (MWHD) y por Arrastre de vapor?

3. ¿Cuál es la solubilidad del aceite esencial orégano (*Origanum vulgare L.*) de la provincia de Candarave, obtenido mediante el método de extracción por Hidro-destilación asistida por radiación de microondas (MWAHD) y por Arrastre de vapor?
  
4. ¿Cuáles es la densidad (g/mL) a 20°C del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare L.*) de la provincia de Candarave, obtenido mediante el método de extracción por Hidro-destilación asistida por radiación de microondas (MWAHD) y por Arrastre de vapor?

## **1.4. Justificación de la investigación**

### **1.4.1. Justificación técnica**

La tecnología para la extracción de aceite esencial de orégano, en el país, ha evolucionado muy poco o casi nada. Por lo que esta investigación pretende determinar un adecuado proceso tecnológico en la extracción y caracterización del aceite esencial del orégano.

Se ha descubierto científicamente que el aceite esencial de orégano es uno de los antibióticos más potentes y activos conocidos por el hombre, y es natural y seguro. También es eficaz contra hongos, parásitos y virus. Se puede usar externa o internamente, sin efectos secundarios y se vende sin receta médica (Limache, 2012).

Se ha demostrado que el ingrediente activo carvacrol es uno de los antisépticos más potentes. Una de las grandes ventajas del aceite de orégano es que las bacterias patógenas no crean inmunidad como lo hacen los medicamentos, además, no tiene el potencial de efectos secundarios o mutaciones en bacterias y hongos (Díaz, 2007).

#### **1.4.2. Justificación económica.**

En los últimos años, las exportaciones de orégano han ido experimentando un crecimiento notable en la región de Tacna, debido a las características del producto, su calidad y aroma, logrando gran aceptación en el mercado nacional e internacional.

Debido a la demanda del producto, es necesario realizar cambios en la tecnología tradicional de explotación del orégano que brinde mejores posibilidades con mayor valor agregado. Por ello se propone la extracción de aceite esencial de orégano y de este modo mejorar los ingresos de los productores mediante la exportación del aceite esencial de orégano.

#### **1.4.3. Justificación social.**

Este estudio tiene como objetivo facilitar los esfuerzos conjuntos del Estado, asociaciones de productores y empresas exportadoras para mejorar aquellos factores que afectan la exportación y el procesamiento de orégano.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Determinar las características físicas y químicas del aceite esencial del orégano de la provincia de Candarave, obtenido mediante el método de extracción por Hidro-destilación asistida por radiación de microondas (MWHD) y destilación por Arrastre de vapor.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

1. Determinar el rendimiento del aceite esencial orégano (*Origanum vulgare L.*) de la provincia de Candarave, obtenido mediante el método de extracción por Hidro-destilación asistida por radiación de microondas (MWHD) y por Arrastre de vapor.
2. Precisar el índice de refracción a 20°C del aceite esencial orégano (*Origanum vulgare L.*) de la provincia de Candarave, obtenido mediante el método de extracción por Hidro-destilación asistida por radiación de microondas (MWHD) y por Arrastre de vapor.

3. Definir la solubilidad del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare L.*) de la provincia de Candarave, obtenido mediante el método de extracción por Hidro-destilación asistida por radiación de microondas (MWHD) y por Arrastre de vapor.
  
4. Determinar la densidad (g/mL) a 20°C del aceite esencial orégano (*Origanum vulgare L.*) de la provincia de Candarave, obtenido mediante el método de extracción por Hidro-destilación asistida por radiación de microondas (MWHD) y por Arrastre de vapor.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

“El valor comercial del orégano está estrechamente relacionado con su contenido de aceite esencial y oleorresina. Actualmente, la demanda del mercado internacional por esta hierba aromática va en aumento, atrayendo el interés de los pequeños y medianos productores como una alternativa productiva económica que puede ser considerado” (Chirinos, Mc Bride, Abarca, Garcia, & León, 2009).

"Los mayores rendimientos de aceites esenciales, tanto cuantitativa como cualitativamente, se obtienen en áreas con pleno sol y no muy altas en altitud. El aceite de orégano contiene cuatro grupos principales de productos químicos que contribuyen a sus poderosos poderes curativos: carvacrol y fenólicos como el timol. como conservantes y antioxidantes, mientras que los terpenoides pineno y terpineno tienen propiedades antisépticas, antivirales, antiinflamatorias y narcóticas. Linalol y bonerol tienen propiedades antivirales y antisépticas de las 2 cadenas de alcoholes que tienen propiedades antivirales y antisépticas” (Acevedo, Navarro, & Monroy, 2013).

“El aceite esencial presenta terpenos fenólicos, cercanos al timol (5%), y carvacrol (65% - 70%), de propiedades anti-infecciosas y que constituye el elemento común a todas las variedades de "orégano". El aceite esencial, producido por tricomas glandulares, posee una coloración amarillo limón” (Juárez, 2011).

“El *Origanum vulgare ssp*, es pobre en carvacrol y poco usado en destilación. Los aceites esenciales denominados de "orégano" son obtenidos de distintas especies según el país de origen siendo variable su composición en cuanto a los componentes y contenidos” (Fournet, Rojas de Arias, Charles, & Bruneton, 1996).

“Los aceites esenciales se obtienen por destilación con vapor de agua a partir de plantas frescas o desecadas cortadas en el momento de la floración. El proceso dura alrededor de cuatro horas y tiene un rendimiento en esencia variable de entre 0,3 a 0,7 %” (Guillén, Ruiz, Cabo, Chirinos, & Pascual, 2003).

La correlación de dos estrategias para la “extracción de aceite fundamental utilizando *Piper auritum* (cordoncillo) de la región cafetera, en la Universidad Nacional de Colombia, Manizales, en diciembre de 2003, se

obtuvo aceite fundamental de *P. aduncum*, de la región cafetera, extraído de las hojas y de las espigas utilizando los métodos de Arrastre por vapor e hidrodestilación. El mejor rendimiento (2,1493%) se obtuvo mediante la estrategia de hidrodestilación aplicada a las espigas del material, después de incluir la utilización de equipos comprimidos” (Albarracín & Montoya, 2003).

“La extracción asistida con microondas de aceite esencial de Acuyo (*Piper auritum*) y la evaluación de su efecto antifúngico contra *Penicillium expansum*”; en este trabajo se realizó la extracción asistida por microondas del aceite esencial de hojas de acuyo (*P. auritum*) que crece de forma silvestre en la zona central del estado de Veracruz, al cual se le determinó rendimiento, composición química, propiedades físicas (índice de refracción, densidad y color) y se probó su efectividad como agente antifúngico en sistemas modelo contra *P. expansum*. El rendimiento de la extracción fue alto (2,85%), comparado con el reportado con otros métodos de extracción; El índice de refracción del aceite esencial fue de  $1,5283 \pm 0,00007$ . Los parámetros de color obtenidos para el aceite esencial del acuyo fueron:  $L=86,37 \pm 0,1768$ ,  $a=-0,41 \pm 0,0637$  y  $b=20,70 \pm 0,556$ , por lo que el aceite califica como transparente con tono amarillo/verde” (Gómez, Morales, & Lopez, 2016).

“La Evaluación de la hidrodestilación ayudada por radiación de microondas (MWHD) con la hidrodestilación tradicional (HD) en la extracción del aceite esencial de *Minthostachys mollis*, en Colombia en la Universidad de Cartagena, se ha obtenido aceite esencial de las hojas de la especie vegetal *M. mollis* mediante hidrodestilación (HD) e hidrodestilación asistida por microondas (MWHD)” (Gómez, Morales, & Lopez, 2016).

“El aceite esencial dio rendimientos de 0,09% (HD) y 0,92% (MWHD), y un índice de refracción de 1,4700 para HD y 1,4655 para MWHD. Lo que hace evidente que el MWHD es un método rápido, productivo y medianamente razonable en contraste con el HD regular” (Torrenegra, 2014).

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Descripción de la planta

Taxonomía del orégano.

Reino	:	<i>Plantae</i>
División	:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	:	<i>Lamiales</i>
Familia	:	<i>Lamiaceae</i>
Subfamilia	:	<i>Nepetoideae</i>
Tribu	:	<i>Mentheae</i>
Género	:	<i>Origanum</i>
Especie	:	<i>Origanum vulgare L.</i>

### 2.2.2. Generalidades

El orégano es conocido y utilizado desde hace mucho tiempo. “El mundo entero descubrió este olor dulce después de la segunda guerra mundial, con la extensión de su utilización en la pizza debido a que ya en la edad media se le añadía una especia, variedad majorana, que

comúnmente era confundida con el orégano, debido a que era una misma planta silvestre” (Kintzios, 2002).

La denominación "Orégano" es el nombre común dado a más de 60 especies de plantas utilizadas en general básicamente como un condimento. En su mayoría ellas pertenecen a las familias *lamiaceae* (orégano europeo, *origanum sp*) y *verbenaceae* (orégano mexicano, *lippia sp*) (Kintzios, 2002).

Dicha especie de olor dulce es originaria del mediterráneo. Debido a que muchos taxones de orégano se hallan normalmente en el país de Turquía, por ello, se propone a dicho país como punto de propagación de la especie. Las especies de orégano más utilizadas tienen cabida en la familia *origanum*, nombre obtenido de las palabras griegas oros (montaña) y grains (decoración o adorno)” (Kintzios, 2002).

En nuestro país se reporta la presencia de “siete taxones que tienen un lugar con la familia *origanum*: *origanum vulgare ssp vulgare L.*, *origanum majorana L.*, *origanum vulgare ssp, origanum vulgare ssp., Viride (boissier) hayek*, *origanum x applii (domin.)*, *origanum x majoricum cambes*. También, *origanum dictamnus L.*” (Arizio, Curioni, Sánchez, & García, 2006).

La especie *lippia* incluye “especies herbáceas y arbustivas, distribuidas principalmente en América Central y del Sur y África tropical. Debido a sus diferentes usos, son especies económicamente valiosas como antibacterianas, larvicidas, insecticidas, antibacterianas, antifúngicas y antioxidante, entre otras” (Plaus, Flores, & Ataucusi, 2001).

En la Tabla 1 se muestra la taxonomía de *Lippia sp.*

**Tabla 1**

*La taxonomía de Lippia sp.*

<b>Categoría</b>	<b>Taxonómica</b>
Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsidae</i>
Orden:	<i>Lamiales</i>
Familia:	<i>Verbenaceae</i>
Género:	<i>Lippia</i>

*Fuente: Sánchez (2007)*

### **2.2.3. Aceite esencial**

Un aceite esencial es la combinación de varias sustancias aromáticas naturales utilizadas en fragancias, en la industria alimentaria o como fuente de materias primas. Son una combinación de constituyentes volátiles, derivados de la digestión secundaria de las plantas; su material de síntesis combina hidrocarburos de tipo terpenoide, y mezclas oxigenadas de bajo peso subatómico (alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), lo que da aceites esenciales su olor único (Alcaraz, Rodríguez, & Real, 2012).

Los aceites esenciales son fragmentos de fluidos inestables, en su mayoría refinados por vapor, “que contienen las sustancias responsables del olor de las plantas y son vitales en el negocio de los cosméticos (fragancias y aromatizantes), la industria alimentaria (aderezos, colorantes, agentes de prevención del cáncer, aditivos y saborizantes)” (López, 2004).

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

La composición química del aceite esencial es extremadamente compleja; los metabolitos secundarios volátiles pueden ser ordenados de acuerdo con grupos utilitarios contenidos en sus átomos, como se evidencia en la Tabla 2.

Los aceites esenciales "están compuestos principalmente por terpenos y fenilpropenos; los terpenos contienen unidades de cinco carbonos denominadas isopreno (2-metil-1,3-butanodiona), que se ordenan en monoterpenos según sus unidades de isopreno (C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>), sesquiterpenos (C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>), de diterpenos (C<sub>20</sub>H<sub>32</sub>) y de triterpenos (C<sub>30</sub>H<sub>48</sub>). Los terpenos como alcoholes, aldehídos, cetonas, lactonas y ésteres también se encuentran presentes en algunas plantas" (Govindarajan, Rajeswarya, Hotib, & Benellic, 2016).

**Tabla 2**

*La composición química del aceite esencial con base en los grupos funcionales de moléculas.*

Grupo funcional	Naturaleza química	Ejemplo
Hidrocarburos	Terpénicos	Limoneno, $\alpha$ -terpinemo
	Aromáticos	Cumeno $p$ -cimeno
	Sesquiterpénicos	Trans- $\beta$ -cariofileno
	Monterpénicos	Citral
	Alifáticos	Nonana, octadenal
Aldehídos	Alifáticos	Cinamaldeido
	Aromáticos	Geranil, citrolenolol
Alcoholes	Monoterpénicos	3-Decanol
	Sesquiterpénicos	Espatuleno, cedrol
Fenoles	Aromáticos	Alcoholes bencílico
	Aromáticos	Timol, carvacrol

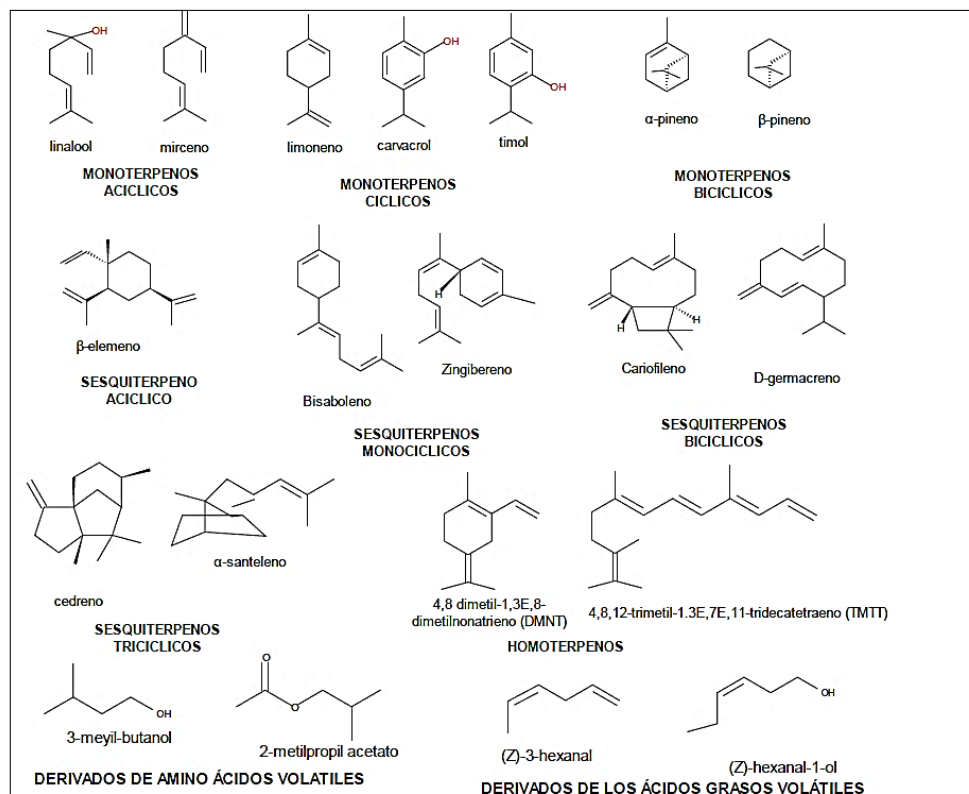
Fuente: Díaz (2007)

“El fenilpropeno consta de un anillo de olor dulce de seis carbonos y una cadena lateral de tres carbonos. Se estima que hay más de 1000 tipos de monoterpenos, más de 3000 tipos de sesquiterpenos y solo 50 tipos de fenilpropenos. Otros componentes importantes son los fenoles, fenoles, los éteres fenólicos y ácidos esterificados, lactonas, óxidos, acetales, aminas y compuestos nitrogenados” (Lee, Umamo, Shibamoto, & Lee, 2005).

La estructura de estas mezclas se describe en la figura 1.

### Figura 1

*Estructura representativas de isoprenoides, aminoácidos volátiles y otros derivados de plantas.*



Fuente: (Dudareva, Klempien, & Muhlemann, 2013)

Las sustancias principales del aceite esencial son los fenoles, el carvacrol y el timol. En cualquier caso, la composición química de los aceites esenciales del orégano cambia en función del sector geográfico y

de la zona de cosecha. “La síntesis de sustancias presentes en el aceite esencial de orégano fluctúa de acuerdo a la zona geográfica del lugar de cosecha, medio ambiente y otros tipos de factores condicionantes naturales. El impacto de dichas variables en los diversos *origanum* caracterizan sus quimios de tipo” (Kumar, Shukla, Yadav, & Bagchi, 2007).

#### **2.2.5. Síntesis de los aceites esenciales.**

##### **a. Terpenos.**

"Los terpenos se derivan de su precursor generalizado isopentenil difosfato (IPP) y su isómero dimetil alil difosfato que se forman de dos maneras. En el citosol, el conjugado IPP de tres átomos de acetil-CoA se incorporan a través de la vía del mevalonato cáustico, mientras que en el plástido se administra a través de la ruta del fosfato de metilo a partir del piruvato y el gliceraldehído-3-fosfato (Dudareva, Klempien, & Muhlemann, 2013).

Después del desarrollo del pirofosfato de geranilo y del farnesilo, un amplio abanico de estructuras cíclicas y no cíclicas de monoterpenos, sesquiterpenos y diterpenos son creadas por un

enorme grupo de catalizadores conocidos como terpenosintetasas / ciclasas (Martín, 2004). Posiblemente, la propiedad más excepcional de estas proteínas es su capacidad para fabricar numerosos elementos a partir de un único sustrato de fenil-di-fosfato. Hasta la fecha se han desprendido y descrito más de 100 terpenos sintetasas de diversas especies vegetales. Las respuestas de alteración incluyen además la disposición de terpenos con diseño esporádico no cíclico de C16 y C11, también llamados homoterpenos, que se irradian al dañar los tejidos (Dudareva, Klempien, & Muhlemann, 2013).

**b. Fenil propano desbenzoides**

Estas combinaciones de l-fenilalanina implican una clase generalmente única de mezclas inusuales que están conectadas de manera similar con el aumento y el resguardo de las plantas. En el proceso inicial de la biosíntesis de los fenilpropanoides, la l-fenilalanina se transforma en ácido trans-cinámico en una reacción catalizada por la l-fenilalanina-liasa de amonio (pal) (Alcaraz, Rodríguez, & Real, 2012).

### 2.2.6. Actividad biológica de los componentes del orégano

El conjunto de actividades biológicas en el orégano (variedades *origanum* y *lippia*) incorporan una acción antimicrobiana, antiparasitaria, estrogénica, anti genotóxica, insecticida y de prevención del cáncer. La fundamental es su actividad antioxidante, particularmente en los tipos de la variedad *origanum*. La capacidad de refuerzo celular de las diferentes mezclas en las variedades de alimentos ha atraído mucha consideración de acuerdo con su trabajo en la rutina alimenticia en la prevención de enfermedades (Kahkonen, y otros, 1999).

Por otra parte, "el timol y el carvacrol son compuestos fenólicos normales, considerados como potenciales antioxidantes, especialistas antifúngicos y antibacterianos, acaricidas, analgésicos, contra la inflamación de la piel, antiespasmódicos expectorantes, antitranspirantes, dermatológicos, larvicidas, insecticidas, pesticidas y vermicidas presentes en cantidades significativas en los aceites esenciales" (Duke, 2002).

En cuanto lo que se refiere a la "actividad antifúngica y antiviral, se observa una sólida actividad antibacteriana contra varias especies que tienen una presencia de los géneros *bacillus*, *enterobacter*, *proteus*, *pseudomonas*, *staphylococcus* y *streptococcus*". Por otra parte, se "destaca el efecto biocida en varias especies que tienen lugar en la variedad *candida*" (Brum, y otros, 2010).

### **2.2.7. Uso y aplicaciones del aceite esencial de orégano**

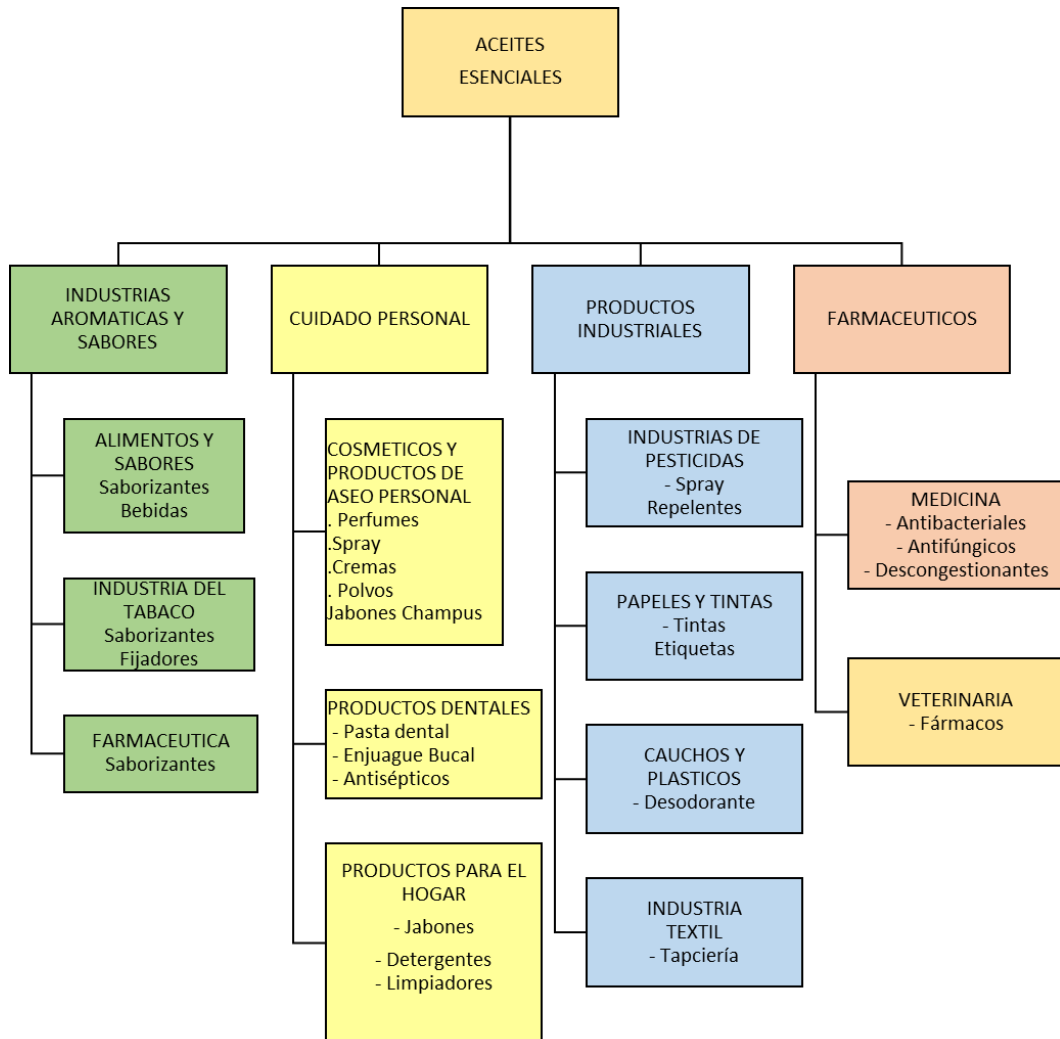
“El orégano es usado primordialmente como un condimento” (Arizio, Curioni, Sánchez, & García, 2006). “Se utiliza como aromatizante en diferentes formulaciones de alcohol, purés de tomate y productos calentados (como pizzas y panes) y en aderezos para ensaladas”. Como especia terapéutica, “destacan sus propiedades antiespasmódicas, energizantes, expectorantes, estomacales, diuréticas, limpiadoras y recuperadoras (Arias, 2013).

Los exámenes farmacológicos han demostrado una acción colerética, espasmolítico y antihipertensiva” también se utiliza “como calmante en bálsamos y paquetes para disminuir el dolor reumático y en la industria cosmética para la creación de aromas y jabones” (Arizio, Curioni, Sánchez, & García, 2006).

En la Figura 2 se muestra, en resumen, las principales aplicaciones de los aceites esenciales.

**Figura 2**

*Principales aplicaciones de los aceites esenciales*



Nota. Fuente (Arias, 2013).

### **2.2.8. Características generales del *origanum vulgare* L.**

El *origanum vulgare*, "orégano", se produce en la región Tacna, provincia de Candarave en gran escala, es cosechado, secado y repartido a nivel nacional e internacional. "Se utiliza en la elaboración de alimentos. Las hojas y las flores son conocidas por sus propiedades nutritivas, excitatorias, sus propiedades limpiadoras, diuréticas y antiespasmódicas se utilizan en el campo de la farmacología" (Guerrero & Nuñez, 1991).

Esta especie fragante tiene un potencial económico extraordinario. El orégano (*Origanum vulgare*) puede crecer desde los 50 m hasta los 3400 m sobre el nivel del mar, es decir, "casi desde el nivel del mar hasta las regiones alpinas. El contenido de aceite esencial más importante se logra en las regiones de baja temperatura. Además, no le teme al frío; en cualquier caso, por debajo de 5 grados centígrados La temperatura puede afectar el crecimiento de la destrucción del orégano arruinando el desarrollo y la muerte de los bordes de las hojas" (González, Soto, Kite, & Martínez, 2008).

Las especies de "*Origanum*" muestran una increíble irregularidad en el contenido de aceite esencial en cuanto a calidad y cantidad. El aceite fundamental de orégano incluye varias mezclas, entre las que predominan

el timol, el carvacrol, el l-terpineol, el  $\beta$ -cariofileno y el p-cimeno” (Acevedo, Navarro, & Monroy, 2013)

En la Tabla 3 se presenta los parámetros utilizados en el control de calidad de aceites esenciales

**Tabla 3**

*Los parámetros utilizados para el control de calidad de aceites esenciales*

<b>Parámetros</b>	<b>Descripción</b>
Características organolépticas	Olor Color
Determinaciones físicas	Densidad Miscibilidad en etanol Índice de refracción Poder rotatorio
Índices químicos	Índice de acidez índice de éster Determinación de aldehídos y cetonas
Características cromatográficas	Cuantificación de los componentes principales Análisis por cromatografía de gases (GC-MS,GC)
Características espectroscópicas	Ultravioleta Infrarrojo RMN

Fuente: Díaz (2007).

### **2.2.9. Extracción de aceites esenciales**

La extracción de aceites esenciales a partir de material vegetal puede terminar “mediante diversos ciclos antiguos y nuevos, por ejemplo, el refinado con vapor, la hidrosolubilidad, la maceración, la extracción mecánica (en frío), la extracción disolvente y la extracción con líquido supercrítico (SFE). Los aceites esenciales no refinados que se obtienen mediante cualquiera de estas estrategias pueden tener que refinarse o procesarse ya sea por una las combinaciones adecuadas en el aceite esencial, el timol y el carvacrol, que son las que tienen un mayor refuerzo antioxidante (Torrenegra, 2014).

Además, el timol y el carvacrol presentan diversos comportamientos naturales. Mientras que el timol tiene un efecto antimicrobiano, el carvacrol tiene atribuciones contra los hongos” (Tepe, Sarikurkcu, Berk, Alim, & Akpula, 2011).

### **2.2.10. Métodos de extracción**

"Hay muchas formas de obtener aceites esenciales, entre ellas: método de arrastre de vapor, método de hidrodestilación, método de extracción con solventes orgánicos, método de inmersión, método de

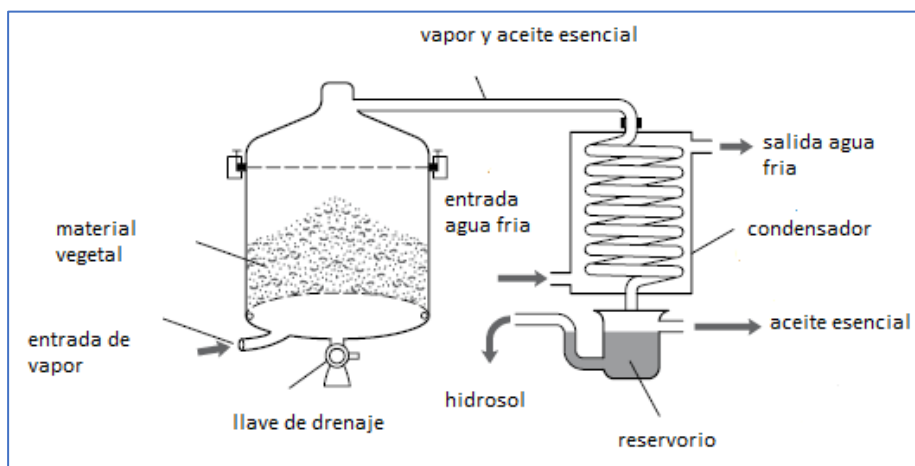
prensado, método de extracción por microondas, método de extracción con fluido supercrítico" (Stashenko, y otros, 2010).

**a. Destilación por Arrastre de vapor.**

Se lo conoce por ser el "procedimiento más experimentado y fácil para la obtención de aceites esenciales del tejido vegetal fresco" (Quintero, 2004). Se trata de un procedimiento utilizado para separar las sustancias insolubles en agua y con alto grado de ebullición. Los vapores del componente volátil se desprenden a través de vapores de agua sobrecalentados, lo que hace posible separar las sustancias volátiles de las plantas que las producen, separando y tamizando las distintas mezclas sin alterarlas. "Dicha técnica es especialmente significativa cuando la sustancia aludida ebulle por encima de los 100°C a presión atmosférica y se destruyen a temperatura de ebullición, debido a que el factor de presión de sus gases, junto con los vapores de agua, ocasionan la pérdida del criterio de presión atmosférica y provocan el refinamiento" (Guerrero & Nuñez, 1991).

### Figura 3

*Principales componentes de un equipo de extracción por Arrastre de vapor*



Fuente: (Clarke, 2008).

#### **b. Hidrodestilación.**

El término "hidrodestilación" es el proceso de obtención de aceites esenciales de plantas aromáticas por el empleo de vapor húmedo o saturado a la presión atmosférica. En la hidrodestilación se emplea vapor saturado, es decir, la materia prima se encuentra en contacto directo con el agua que produce el vapor. El vapor generado puede ser local (caldera), distante (calentador) o interno (fondo de vasija). Cuando el vapor entra en contacto con el lecho, las materias primas se calientan y liberan el aceite esencial que contienen, por lo

que, debido a su alta volatilidad, se evapora. Debido a la disolución en el vapor circundante, se "arrastra" aguas arriba hasta el punto más alto del hidroddestilador. La combinación de vapor de inmersión y aceite esencial fluye hacia el condensador a través del cuello de ganso o tubo de expansión curvo de la tubería de salida del hidroddestilador (Marquéz, 2011).

**c. Hidroddestilación asistida.**

Hidroddestilación Asistida o Asistida”, que describimos como la operación de extraer aceites base vegetales aromáticos mediante la aplicación de vapor saturado a niveles de baja presión, creando un vacío” (Marquéz, 2011).

**d. Hidroddestilación asistida por microondas.**

“El método de extracción con la ayuda de microondas es promisorio en el estudio de sustancias naturales” (Quintero, 2004). Esta técnica consiste en “poner 100 g de ejemplar seco y triturado y 300 mL de agua destilada en un vaso de precipitados de 1000 mL, luego, se coloca en el microondas y se acopla a un condensador. Se seleccionaron condiciones de microondas al 80% de su potencia (380 W) para poder generar vapor. Luego, el vapor generado llega al

condensador, es enfriado y se convierte en concentrado líquido, obtenido en toneles. Los aceites esenciales se separan por decantación. Los rendimientos obtenidos son similares a los de la hidrodestilación, no obstante, el tiempo de extracción no es crítico” (Juárez, 2011).

**e. Extracción con disolventes orgánicos.**

El solvente penetra la materia vegetal y disuelve el material, evaporándose y concentrándose a bajas temperaturas. A continuación, se extrae el solvente para obtener la fracción idónea, la elección del solvente debe estar preparada para disolver rápidamente cada principio y se utiliza una fracción mínima de inertes con un punto de ebullición bajo y uniforme que puedan eliminarse rápidamente pero que no se pierdan por evaporación. en la síntesis es inerte por lo que no reacciona con las diferentes partes del aceite, no es inflamable y económico, este solvente ideal no existe, el más usado es el éter de petróleo, limitado a 30°C a 70°C, Puede evaporarse eficientemente y es altamente inflamable, el benceno (destruye ceras y los pigmentos) y el alcohol (soluble en agua). Se utiliza cuando existen fracciones con alto peso atómico no es lo suficientemente volátil (Escudero, 1999).

**f. Extracción por prensado o expresión.**

Esta tecnología se está imponiendo en todo el mundo. Esta metodología se aplica en la “extracción de aceites esenciales, aceites orgánicos, y para la creación de biocombustibles para ampliar su rentabilidad” (González, Soto, Kite, & Martínez, 2008). En el prensado, el material vegetal se tritura con precisión para obtener el aceite, que se recoge y se separa. Esto debe ser posible en prensas de batch o continuas, con equipos, “prensa tornillo sinfín de alta o de baja presión, un extractor de expeller, un extractor centrifugo, un extractor decanter y un rodillo de prensa” (Sánchez, 2006).

**2.2.11. Clasificación de los aceites esenciales**

Los aceites esenciales son organizados según criterios como la consistencia, el origen y la naturaleza de la sustancia de los componentes fundamentales.

Según el punto de origen, “los aceites esenciales pueden ser denominados naturales, artificiales y sintéticos. Aquellos denominados naturales son obtenidos de forma directa desde la planta y no se someten

a los consiguientes cambios de tipo químico y físico, y debido a su bajo rendimiento son costosos. Los artificiales se obtienen mediante procesos de perfeccionamiento con una o varias de sus partes, como ejemplo, una mezcla de aceites de rosa, geranio y jazmín enriquecida con linalol, o la esencia de anís enriquecida con anetol. Los aceites esenciales sintéticos son los que se obtienen de combinar sus partes, que por lo general se adquieren mediante técnicas de mezcla. Estos son más asequibles y, de esta manera, se utilizan mucho más generalmente como especialistas en la mejora y el condimento, como las sustancias de vainilla, limón y fresa” (Marquéz, 2011).

#### **2.2.12. Ensayos de reconocimiento de los aceites esenciales**

“Como puede haber múltiples agrupaciones de utilidad en las fracciones de monoterpenos y sesquiterpenos del aceite base, no existen pruebas específicas para su identificación. No obstante, existen técnicas que permiten visualizar algunos de ellos, por ejemplo: el índice de Refracción, la Cromatografía, la Espectrofotometría y el Infrarrojo, etc.”(Bonilla, 2012).

### **2.2.13. Métodos de análisis de aceites esenciales**

Entre las técnicas y sistemas utilizados para la identificación de los constituyentes de los aceites esenciales, se pueden mencionar los siguientes:

- Peso específico.
- Índice de refracción.
- Desviación óptica (poder rotatorio).
- Cromatografía.
- Espectrales, tales como Infrarrojo y Ultravioleta.
- Espectrometría de masa.

La gran mayoría de los "monoterpenos y sesquiterpenos están presentes en los aceites esenciales y pueden separarse de ellos mediante procedimientos cromatográficos, actualmente utilizando técnicas de separación eficientes y rápidas como la cromatografía de fluidos de alta calidad y la cromatografía de gases (GC)" (Bonilla, 2012).

Los métodos acoplados cromatografía-espectrometría de masas (GC-MS) permiten obtener el rango de masas de cada componente y así obtener peso atómico e información básica. De la misma manera, existen datos recopilados con los espectros de masas de un número enorme y es una razón para el recuento de compuestos de un número enorme de aceites

esenciales, monoterpenos, así como varios tipos de sustancias en estos aceites” (Bonilla, 2012).

“Una mayor cantidad de los límites más establecidos que se utilizan para la promoción de los aceites esenciales es el índice de aldehído; dicha prueba está basada en la titulación del ácido clorhídrico proporcionado cuando el clorhidrato de hidroxilamina presenta una reacción con los aldehídos que se encuentran en el aceite, últimamente neutralizado a la hora de virar la fenolftaleína” (Bonilla, 2012).

#### **2.2.14. Utilidad industrial de los aceites esenciales**

En la actualidad, “se han explorado más de 3 000 aceites esenciales de innumerables especies naturales. Más de 200 aceites tienen una alta valoración comercial y se utilizan generalmente en diferentes industrias (alimentos, productos de limpieza, antitranspirantes, aromas, artículos de belleza, etc.) para conferir “sabor y fragancia al café, al té, a los vinos y a los cócteles. Estas son sustancias claves en el sector de aromas y se emplean en productos de aseo, desinfectantes y otros similares. A su vez son importantes en el campo clínico, por su sabor como por su valor fisiológico y de alivio del dolor” (Bonilla, 2012).

El mercado de los aceites esenciales muestra un esquema de desarrollo para los próximos años, “ya que estos son más sencillos de utilizar en los procesos industriales. También, dichos aceites son más refinados, estables y de mayor calidad microbiológica, lo que compensa su mayor costo. Otro de los factores importantes que impulsa el desarrollo de estas sustancias es el avance de la familiaridad de los compradores con la exigencia de una apropiada consideración médica” (Bonilla, 2012).

Los aceites esenciales, “también denominados aceites naturales, se utilizan como fragancias (el anís, el cardamomo, el clavo de olor, la menta, el tomillo, etc.) o posiblemente como aromatizantes (el anís, el eneldo, el hinojo, el limón, la naranja, etc.), como componentes en ciertos medicamentos (la caléndula, el eucalipto, la manzanilla, la menta, la salvia, etc.) o son la base de los medicamentos, etc.) o son la razón de olores y artículos de tocador finos (el vetiver, el romero, la albahaca, el geranio, el jazmín, la savia, la rosa, el ylang-ylang, etc.), salpicaduras espeluznantes y fungicidas (el ajeno, la citronela, la hierba de limón, el ciprés, el eucalipto, el pino, etc.), antitranspirantes, cremas, productos de limpieza, dentífricos, etc.” (Bonilla, 2012).

En la Tabla 4 se muestra la utilidad y aplicación de los aceites esenciales.

**Tabla 4**

*Utilidad y aplicación industrial de los aceites esenciales*

<b>Industria</b>	<b>Aplicaciones</b>
<b>Alimenticia</b>	Salsas, condimentos, bebidas refrescantes, alimentos procesados y enlatados
<b>Licorera</b>	Aperitivos y saborizantes
<b>Cosmética</b>	Perfumes, dentífricos, cremas, lociones
<b>Farmacéutica</b>	Veterinaria, antisépticos, analgésicos, aromaterapia y homeopatía
<b>Uso doméstico</b>	Desodorantes, desinfectantes del ambiente y jabones
<b>Agroquímica</b>	Bioinsecticidas y aleloquímicos
<b>Textil</b>	Elaboración de enmascaradores de olores y tratamiento con mordientes después de teñido
<b>Petroquímica y minería</b>	Utiliza esencias o terpenos derivados de ellas como vehículos flotantes y lubricantes.
<b>Pinturas</b>	Enmascaradores de olores disolventes biodegradable
<b>Química Fina</b>	Precursores químicos, por ejemplo, citral, safrol, trementina

Fuente: (Díaz, 2007).

### **2.2.15. Tratamientos posteriores a la extracción del aceite**

#### **Purificación.**

- Eliminación de colorantes.
- Desterpenación.
- Destilación fraccionada con vacío.
- Extracción con solvente selectivos.
- Separación por adsorción cromatográfica.
- Deserrado.

(Bonilla, 2012).

### **2.2.16. Obtención de aceites esenciales**

“La operación de extracción comprende el procesamiento de la sustancia en bruto con disolventes razonable que, en el mejor de los casos, descompone sólo el constituyente deseado, dejando otras sustancias sin disolver. Este concentrado se separa de la acumulación fuerte, por ejemplo, la basura vegetal y se tamiza, el disolvente se desvanece a un factor de presión excepcionalmente bajo en un evaporador rotatorio. La formación que queda semisólida es conocida como extracto crudo, obtener a partir de él una sustancia pura requiere una filtración adicional” (García, Leyva, Martínez, & Stashenko, 2003).

A continuación, se describen las técnicas de extracción que utilizan el agua como solvente.

#### **A. Extracción de aceites esenciales usando agua.**

##### **a) Infusión y decocción (cocimiento)**

"Tanto las infusiones como las decocciones son medidas básicas para extraer la humedad, la primera es agregar agua hirviendo o fría a los sólidos molidos y luego disolverlos; en la segunda, los sólidos se hierven con agua durante 15 minutos. No expuestos a ebullición durante la infusión, pero el agua puede añadirse a la temperatura de ebullición, en cuyo caso la exposición y la superposición de las sustancias importantes a esta temperatura son insignificantes" (García, Leyva, Martínez, & Stashenko, 2003).

Es útil explicar que a veces la interacción de reflujo se utiliza para eliminar con solventes acuosos, esto es debido a la forma en "Calentar una solución líquida durante largos períodos de tiempo puede hacer que el solvente desaparezca por completo. El reflujo con una solución líquida solo debe realizarse si está seguro de que

el elemento que se va a separar es térmicamente estable” (Bonilla, 2012).

**b) Extracción por Arrastre con vapor de agua**

Se utiliza "cuando los aceites esenciales contenidos en esencias secas o frescas se modifican por ebullición. Dado que el material seco primero en muele y luego en cubierto por una capa de agua para remojarlo, luego es enviado a un separado El vapor de la cámara pasa a través del puré, esto evita cambiar la confirmación por ebullición directa. En consecuencia, el destilado obtenido se une en una cámara de refrigeración” (García, Leyva, Martínez, & Stashenko, 2003).

“Después de la extracción, el disolvente se desecha en un evaporador rotatorio a temperaturas de entre 30 y 40 °C, ya que las mezclas termo sensibles podrían descomponerse. El residuo resultante, llamado extracto seco, se pesa y se prepara de varias maneras, dependiendo de la sustancia que se vaya a aislar” (Bonilla, 2012).

### **c) Destilación por Arrastre con vapor de agua**

El procedimiento de destilación por arrastre de vapor es el más utilizado industrialmente en la recuperación del aceite esencial, ya que no precisa de mucho trabajo, tiene un costo mínimo y es excepcionalmente eficiente. Este sistema permite refinar a temperaturas inferiores a la temperatura de ebullición del agua y obtener productos que no se modifican realmente. En otra caldera o “un recipiente al cual se le agregó agua, se produce vapor que entra en contacto con el material vegetal y transporta el aceite al condensador, esto permite la obtención de una mezcla líquida de del agua y del aceite, que luego se libera para obtener un aceite esencial inalterado” (Bonilla, 2012).

## **B. Extracción con solventes orgánicos**

En lo siguiente se detallan las técnicas de extracción por solventes orgánicos.

### **a) Maceración**

“Se basa en inmersión del sólido, el cual se separa fácilmente hasta penetrar en la estructura principal de la celda, aflojando y disolviendo la parte solvente. Se puede utilizar cualquier soporte

revestido resistente a los solventes, en el que se fija la materia vegetal con el solvente y tapado con una tapa, déjelo reposar de 2 a 14 días con movimientos ocasionales, luego, en este punto, separe el líquido y exprima el residuo, si el material sólido contiene un efecto secundario de interés, repita tantas las veces que sea necesario con otro disolvente (puro) el ciclo” (Bonilla, 2012).

#### **b) Lixiviación (Percolación)**

La lixiviación, al contrario que en la maceración, es vital que el sólido, del que se va a aislar el aceite, esté suficientemente compactado para que el disolvente se vaya uniendo poco a poco ofreciéndole la posibilidad de entrar en “contacto con los tejidos, entrar en el diseño celular y extraer los componentes, para evitar que la pérdida de la extracción contenga el producto de algo muy similar, además de añadir el disolvente continuamente. Hay que tener en cuenta que el proceso de macerado y de lixiviado a su vez puede realizarse con disolventes inorgánicos, como el agua o un preparado de una solución acidulada” (Bonilla, 2012).

### **c) Extracción por aparato Soxhlet**

La utilización de un “aparato Soxhlet es una técnica que vale la pena para preparar extractos de plantas sin refinar. Esta cooperación en un mundo perfecto utiliza disolventes no adulterados, aunque algunos diseñadores han utilizado mezclas binarias o ternarias. El artilugio consta de un balón en el que se calienta el disolvente, sus vapores se posan sobre la muestra y la maceran rápidamente. Cuando la cámara que contiene la muestra se llena, se produce un sifonaje (a través de la cámara del sifón) y la solución cae en el balón evaporador” (García, Leyva, Martínez, & Stashenko, 2003).

### **d) Digestión**

En esta actividad, “se agrega un solvente caliente al material vegetal molido en un recipiente cónico o de boca pequeña; la alta temperatura del solvente permite una extracción más completa del material, ya que la solubilidad de la mayoría de las plantas aumenta con la temperatura. El solvente utilizado es muy Si es inestable o alcanza la temperatura de ebullición, se debe agregar un condensador en el Erlenmeyer para evitar que el solvente desaparezca. Esta última actividad se denomina reflujo” (Bonilla, 2012).

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Extracción:** *“La extracción es una metodología ampliamente utilizada en el aislamiento de un elemento natural de una mezcla, también se puede definir como una fragmentación de un segmento de una mezcla a través de un disolvente”* (Mejía, 1992).
- **Aceite esencial:** *“Un aceite esencial es una combinación de varias sustancias compuestas integradas por las plantas y son éstas las que se encargan de brindar esa fragancia característica que tienen muchas variedades de plantas, flores, sabores, etc. Los aceites fundamentales son artículos de sustancias profundamente perfumadas, no grasosas y no excepcionalmente espesas, sino más bien muy volátiles, lo que hace que se desvanezcan fácilmente”* (Chirinos, Mc Bride, Abarca, Garcia, & León, 2009).
- **Calidad:** *“La calidad se caracteriza por ser una cualidad para el uso, esta definición sugiere una extensión del diseño del producto o servicio (calidad del diseño) y la evaluación de cómo el producto se ajusta a ese diseño (calidad del montaje o conformidad). La*

*calidad en diseño se refiere a los atributos de un producto necesarios para satisfacer las necesidades del cliente y la calidad de la conformidad se centra en el resultado final y se ajusta a las determinaciones del diseño.” (Juran, Gryna, & Bingham, 1983).*

- **Antioxidante.** *“Un antioxidante es una molécula capaz de frenar o prevenir la oxidación de un sustrato oxidable, actuando como un donante de electrones (especialista en reducción). Todos los seres vivos que utilizan el oxígeno para obtener energía liberan radicales libres, lo que es incompatible con la vida, excepto si existen sistemas de protección celular para neutralizarlos. Estas protecciones se llaman antioxidantes. Los bajos niveles de estos, o la inhibición de los catalizadores o enzimas antioxidantes causan un estrés oxidativo y pueden dañar o matar a las células” (Alomar, 2007).*

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Hipótesis**

Será posible determinar el mejor nivel extracción a través del rendimiento del aceite esencial del orégano de la provincia de Candarave, obtenido mediante el método de extracción por Hidro-destilación asistida por radiación de microondas (MWHD) y por Arrastre de vapor

#### **3.2. Operacionalización de variables**

La operacionalización de las variables se muestra en la Tabla 5.

#### **3.3. Tipo de investigación**

Tipo de investigación: Es del tipo aplicada, por lo que el diseño de la investigación fue de tipo experimental. Es decir que se aplicaron experimentos puros donde se manipularon una o más variables independientes; observando el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente y validándose la situación experimental.

### **3.4. Diseño de investigación**

El diseño experimental propuesto para el trabajo de investigación fue una prueba estadística de comparación de tratamientos con 3 repeticiones de dos muestras emparentadas o emparentadas mediante análisis de varianza (ANOVA). Se realizó un análisis estadístico de los datos obtenidos durante la extracción del aceite esencial de orégano seco mediante hidrodestilación asistida por radiación de microondas (MWHD) y arrastre con vapor, y el porcentaje de significación de la diferencia entre los dos factores se midió en 0,05%.

**Tabla 5**

*Operación de variables para la extracción y caracterización del aceite esencial de orégano.*

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumentos	Valor / Unidad
a) Variables independientes					
Orégano	Un proceso de producción es un sistema de acciones diseñado para transformar ciertos elementos (llamados factores o materias primas) en elementos de salida (productos), a través de un proceso en el que aumenta su valor y se envían al consumidor. (Pérez y Gardey, 2008)	Extracción del aceite esencial de orégano	X1: Porcentaje de orégano	Microondas  Equipo de arrastre de vapor.	% v/v
b) Variables dependientes					
Características físicas y químicas	Una propiedad que afecta la composición o propiedades de una sustancia para poder medirla. (Martínez, 1996)	El índice de refracción es la relación entre el seno del ángulo de refracción de la longitud de onda de la luz que pasa del aire a la sustancia que se examina. Se mantiene a una temperatura constante y definida.	Índice de refracción a 20°C.	Refractómetro o ABBE	Sin unidades
		La solubilidad de un compuesto es la cantidad máxima que se puede diluir en un volumen dado de solvente a una temperatura dada.	Solubilidad al etanol (70% v/v)	Probeta	v/v
		La densidad de un aceite es la relación entre su peso y su volumen, en este caso se ve afectada por la temperatura. Aplicar el método de la norma AOAC 26.04 para aceites, grasas y ceras.	Densidad (g/mL) a 20°C	Picnómetro	(g/mL)
Componentes químicos del aceite esencial	Esta última actividad se denomina reflujo. Suelen ser mezclas complejas de composición muy variable, pertenecientes casi exclusivamente a los terpenos y en menor medida a los compuestos aromáticos derivados de los fenilpropanos (cinamaldehído, eugenol, anetol, anisaldehído y safrol, etc.) Acevedo, (2013)	Determinación de los componentes químicos de los aceites esenciales.	% abundancia relativa	Análisis químicos de normas técnicas nacionales.	g/mL

Fuente: Elaboración propia

### **3.5. Población y muestra de estudio**

La población está constituida por las parcelas productoras de orégano de la provincia de Candarave - Tacna.

Se tendrá como muestra el orégano (*Origanum vulgare L.*) correspondiente a las variedades “chino”, “flor” y “orejón”, que se producen en la provincia de Candarave – Tacna, y que fueron proporcionadas por la empresa exportadora: Productos Vegetales de Exportación Empresa Individual de Responsabilidad Limitada (**PROVEX E.I.R.L.**).

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1 Lugar de ejecución:**

Los experimentos se llevaron a cabo en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNJBG -Tacna.

#### **3.6.2 Materia prima**

Como materia prima se empleó el orégano (*Origanum vulgare L.*) correspondiente a las variedades de exportación “chino”, “flor” y “orejón”, que se produce en la provincia de Candarave - Tacna.

#### **3.6.3 Materiales, equipos y reactivos**

##### **a) Materiales:**

- Vasos de precipitación.
- Frascos de color ámbar de 10 mL.
- Matraces de 250 mL.
- Matraces de 125mL.
- Pera de decantación.
- Fiolas de 100mL.

- Fiolas de 50 mL
- Buretas de 25 mL
- Embudo pequeño
- Pipetas.
- Gotero.
- Tubos de ensayo.
- Pinza sujetadora.
- Soporte universal.
- Todo material de vidrio necesario para el análisis químico proximal.

**b) Equipos:**

- Extractor adecuado para la generación de vapor de 5 L de capacidad
- Separador de vidrio adaptado para flujo continuo de extracción
- aceite esencial
- Ph-metro
- Refractómetro Abbe AR12
- Balanza de precisión Modelo BL 500g Sensibilidad 0,001 g.

**c) Software**

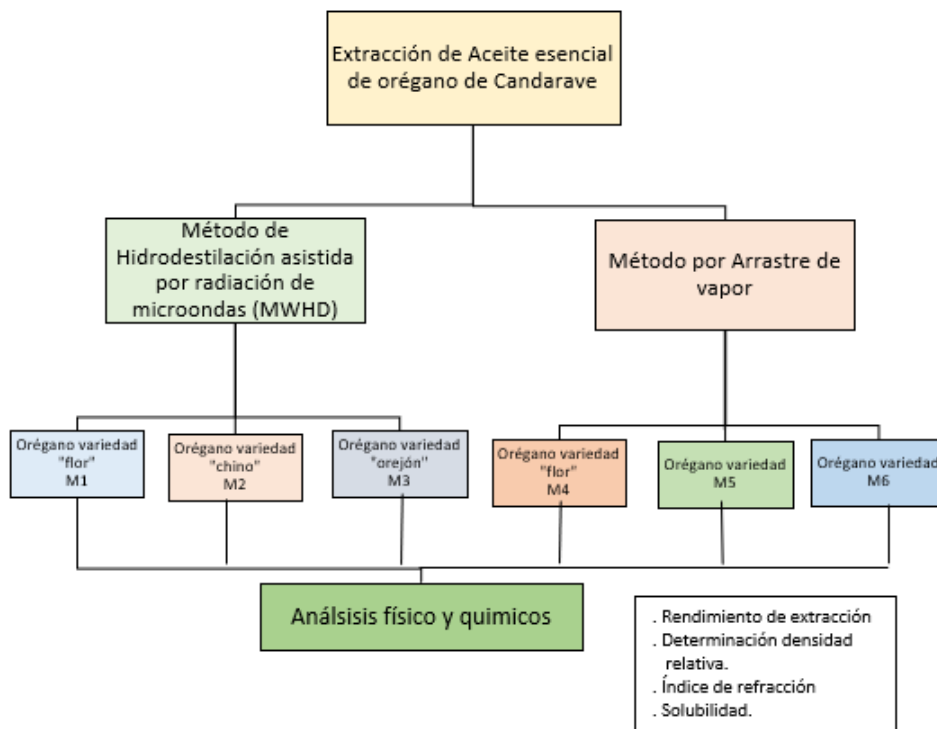
- InfoStat version estudiantil 2017.
- Microsoft Office Excel Professional Plus 2016.

### 3.6.4 Diseño experimental

El diseño en fase de prueba elaborado o experimental para esta exploración o estudio se expone en la Figura 4.

**Figura 4**

*Diseño experimental para la extracción de aceite esencial de orégano de Candarave*



Fuente: Elaboración propia.

### **3.6.5 Métodos de análisis**

Análisis físicos y químicos.

“Determinación de la Gravedad Específica: Según Norma Técnica Peruana 319.0818”.

“Índice de refracción: medición del cambio en la dirección de un haz de luz, de acuerdo al método 921.08 AOAC (2007)” .

“Determinación de la solubilidad en alcohol: uso de etanol al 30 % v/v, 50 % v/v, 70 % v/v y 96%v/v. Se realiza de acuerdo con la NTP 319.084 (2007)”.

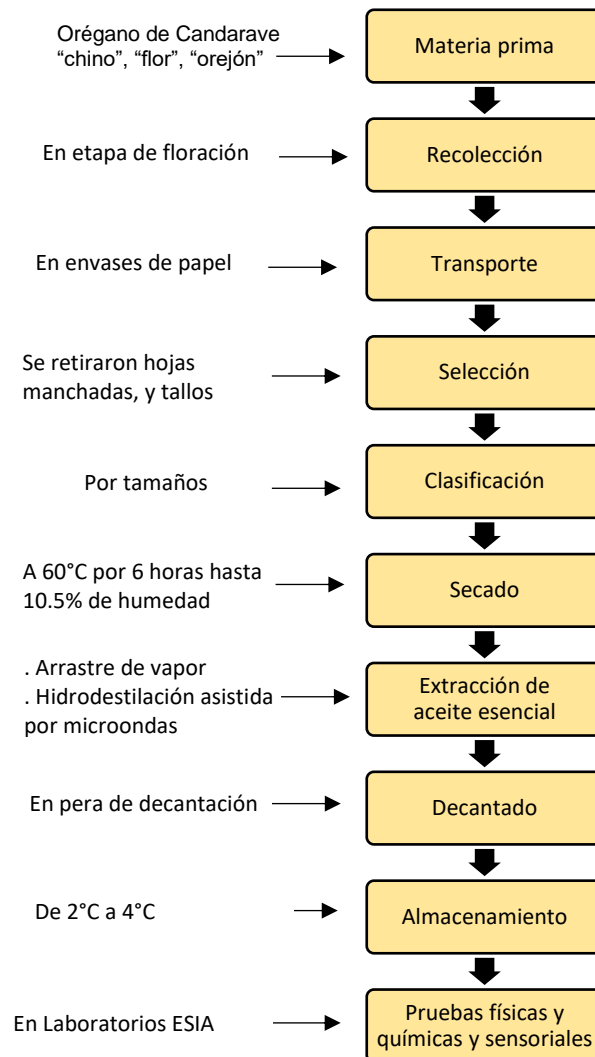
### **3.6.6 Metodología experimental.**

#### **A. Extracción del aceite esencial**

La extracción de aceite esencial de orégano se realizó conforme a esta secuencia de operaciones que se muestra en la Figura 5, y que se representa a continuación.

**Figura 5**

*Secuencia de actividades para obtener el aceite esencial de orégano*



Fuente: Elaboración propia

a) Materia prima:

Se trabajó con hojas de orégano cosechadas en las zonas de producción de la provincia de Candarave. Se acopio 3 eco tipos de *Origanum vulgare L.* de las variedades “chino”, “flor” y “orejón”, proporcionado por la empresa exportadora Productos Vegetales de Exportación Empresa Individual de Responsabilidad Limitada (PROVEX E.I.R.L).

b) Recolección.

Las hojas se cosecharon cuando la planta se encontraba en la etapa de floración, en horas de la mañana para evitar la transpiración.

c) Transporte.

El producto en bruto se recogió en envases de papel para evitar el aplastamiento de las hojas de orégano, el incremento de la temperatura y el pardeamiento de las hojas frescas.

d) Selección:

Las hojas y los tallos deteriorados por oscurecimiento fueron eliminados.

e) Clasificación:

Las hojas se clasificaron por su tamaño y los eco tipos de orégano se clasificaron por los atributos de las hojas, hecho que fue

realizado en la misma planta agroexportadora (PROVEX E.I.R.L).  
Luego se procedió a pesar la materia prima.

f) Secado:

El orégano se deshidrató en un secador de convección forzada a 30°C a lo largo de 6 horas, cada lote fue de 8 kg de hojas frescas con un rendimiento de 3 kg en hojas secas y un 10,5% de humedad.

g) Extracción del aceite esencial:

Para el método Hidrodestilación asistida por microondas se utilizó un alambique de vidrio, utilizándose 60 g de hojas secas de orégano y 600 mL. Agua destilada. La extracción comenzó después de la primera hora de calentamiento. La extracción continuó durante 2 horas, dando como resultado una mezcla de aceite esencial y agua.

Para la destilación por hidrodestilación asistida por microondas se utilizaron matraces de vidrio con juntas giratorias y tubos refrigerantes. Se utilizaron 50 gramos. Hojas secas y 600 mL de agua destilada. Después de calentar durante media hora, comienza la extracción y el tiempo de extracción supera los 60 minutos para lograr resultados satisfactorios de aceites esenciales y agua.

h) Decantado:

Para separar el aceite esencial de orégano del agua se utilizan peras decantadas.

i) Almacenamiento

Coloque el aceite en la botella amarilla y refrigere (2°C a 4°C) hasta su uso.

Determinación de la tasa de extracción.

La producción de aceite para todos los ecotipos se determinó dividiendo la proporción de aceite obtenido en una muestra por su peso seco.

$$\% R = \frac{Vol. AE}{P \text{ muestra (g)}} \times 100$$

“Donde:

$\% R$  = Porcentaje de Rendimiento de Aceite Esencial de Orégano.

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

$P \text{ muestra}$  = Peso de la muestra a destilar en gramos.”

(Mendoza, 2008).

## B. Determinación de la densidad relativa.

*“Pesar un picnómetro que esté vacío y seco a temperatura ambiente unos 25 °C, luego se llenó con el líquido de ensayo, manteniendo la temperatura a 25 °C ( $\pm 1$  °C) durante aproximadamente 15 minutos y luego ajustar el líquido al nivel utilizado. Pesar de forma cuidadosa el picnómetro con la porción de ensayo y se repitió la operación con agua destilada a 25 °C”*  
NTP 319.081 (1976).

El resultado se determina a partir de la densidad relativa a 20 ° C y se determina por la ecuación siguiente:

$$\rho_{20} = 0,99718 \left( \frac{P_2 - P}{P_1 - P} \right)$$

Dónde:

P= peso (en g) del picnómetro vacío;

P1= peso (en g) del picnómetro lleno con agua destilada a 20°C

P2= peso (en g) del picnómetro lleno con aceite esencial a 20°C.

### **C. Determinación de la Solubilidad**

*“En 7 tubos de ensayo de 0,5 mL se colocó el aceite esencial, posteriormente se agregó a cada tubo por separado 5 mL de agua, 5mL de etanol 30%, 5 mL de etanol 50%, 5 mL de etanol 70%, 5 mL de etanol 96% y 5 mL de n-hexano de forma respectiva. Posteriormente se agitó los tubos y se observó en cada uno de ellos si se produjo algún tipo de enturbiamiento” NTP 319.084.*

Dado que la disolubilidad difiere con la temperatura, este ensayo se realizó a temperatura constante utilizando un baño termostático.

### **D. Determinación del Índice de refracción**

*"El fenómeno de la refracción son las desviaciones de trayectoria que experimenta un haz de radiación monocromática cuando viaja desde el vacío a hasta otro material de diferente densidad" NTP 319.075 (1975).*

Procedimiento:

Se pusieron 2 ó 3 gotas del aceite esencial en la lente de un refractómetro, después se cambió rápidamente la lente móvil, luego se hicieron funcionar los tornillos de la escala completa y del micrómetro hasta que la zona opaca se encontrara con la marca de la zona de cruce de las ambas líneas de campo y se realizó la lectura en la escala respectiva.

#### **E. Características organolépticas del aceite esencial**

Se llevó a cabo la evaluación sensorial de las características descriptivas generales del aceite esencial de orégano como el color, aspecto, sabor y olor empleando la ficha de evaluación según la escala Hedónica de 9 puntos que se muestra en el Anexo 5.

#### **3.6.7 Implementación de los métodos y equipos:**

- a) Método Arrastre de vapor de agua:** Daniel (2019), “Se colocaron 4 soportes universales, en el primero se colocó un cascanueces y una pinza con soporte para el matraz con agua destilada; se colocó el matraz en el segundo soporte con 50 g de orégano, para luego colocar un tapón con dos orificios pasantes. el cual el vapor del primer matraz

entra por un capilar de hecho de vidrio que entra en el matraz con el orégano contenido por el fondo y por el segundo orificio sale el otro capilar en forma de "La L" y entrega el vapor lleno del aceite; en el soporte tercero, con la ayuda de la abrazadera, coloque el tubo de destilación de enfriamiento, coloque las respectivas mangueras de entrada y salida de agua potable, luego conecte los puertos de entrada con tapones al tubo de enfriamiento, con un tubo capilar en forma de "L" del segundo matraz, también se colocó un tubo de recolección de destilación al final del tubo de enfriamiento; Coloque un embudo de decantación de líquidos con una capacidad de 250mL en el último soporte, luego conéctelo con el tubo de recolección del tubo de refrigerante y confirme que la llave de paso perteneciente al embudo de decantación se encuentre cerrada" (Daniel, 2019)

- b) Método de “Hidro-Destilación Asistida Por Radiación De Microondas (MWHD)”:** Se adaptó un microondas de la marca LG modelo MS0741C, haciéndole una perforación por la parte superior, lugar por donde se ingresó un tubo que va directamente conectado a través de un tapón de jebe al balón de 1000 mL que se encuentra dentro del microondas con 50 gramos de muestra. Luego se colocó un soporte universal donde se colocó con la ayuda de abrazaderas el

tubo de refrigeración, destilando los tubos de refrigerante, se ubicaron las correspondientes mangueras de entrada y salida de agua potable, posteriormente conectamos los puertos de entrada a los tubos de refrigerante por medio de tapones, con el capilar en forma de L del segundo matraz, además se puso un tubo colector de destilación también al final de la tubería de refrigerante; coloque un embudo de separación de líquidos con una capacidad de 250mL en el último soporte, luego conéctelo con la tubería de recolección de la tubería de refrigerante y confirme que la llave de paso de la se cierra el embudo de decantación.

### **3.6.8 Ebullición:**

- a) **Método Arrastre de vapor de agua:** se encendió un mechero de Bunsen en la parte inferior del matraz que contiene 500 mL de agua destilada, luego de unos minutos empezó a ebullición y se mantuvo así durante una hora.
  
- b) **“Método de Hidro-Destilación Asistida Por Radiación De Microondas (MWHD)”:** se encendió el microondas a una potencia de 80% con un tiempo programado de 60 minutos, luego de unos minutos

empezó a ebulir y se mantuvo así durante el tiempo programado el agua con orégano contenido en el balón que se encuentra en interior del microondas que contiene 600 mL de agua destilada más 50 g de orégano.

### **3.6.9 Traslado:**

**a) Método Arrastre de vapor de agua:** a través de una manguera de látex se trasladó el vapor de agua al fondo del segundo matraz por medio de un capilar de vidrio.

**b) Método de Hidro-Destilación Asistida Por Radiación De Microondas (MWHHD):** a través de tubos capilares de vidrio unidos a una manguera de látex se trasladó el vapor de agua o el aceite esencial al tubo refrigerante.

### **3.6.10 Arrastre:**

Para el Método Arrastre de vapor de agua una vez que el vapor se encuentra adentro del segundo matraz este procede a romper las paredes celulares del orégano por la acción de la temperatura y presión que genera el vapor, esto hace que las sustancias volátiles

como aroma y aceite esencial sean arrastradas hacia arriba siguiendo la dirección del capilar en forma de “L”.

#### **3.6.11 Condensación:**

El vapor procedente del segundo para el caso del Método Arrastre de vapor de agua del matraz cargado con las sustancias volátiles del orégano y para el caso método de Hidro-Destilación asistida por Radiación de Microondas (MWHD), el vapor procedente del balón que se encuentra dentro del microondas cargado con las sustancias volátiles del orégano ingresaron al tubo refrigerante en ese momento se abre el agua potable que ingresa y sale del tubo refrigerante y por medio del choque térmico entre el vapor y las paredes internas del tubo refrigerante se procedió a la condensación del hidrolato (agua y sustancias volátiles), que a través del colector llega a la pera de separación.

#### **3.6.12 Decantación:**

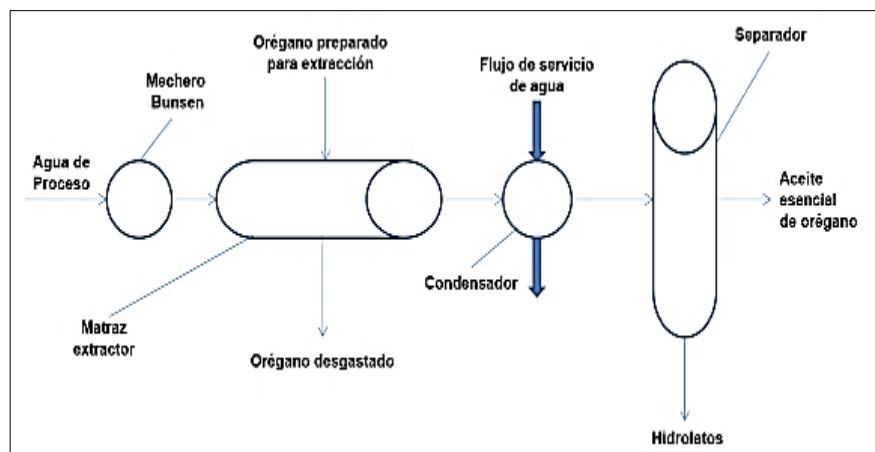
Una vez que el embudo de separación alcanzó los 250 mL se procedió a apagar la cocina eléctrica se dejó reposar 10 minutos el hidrolato, pasado este tiempo se abrió la llave de paso del embudo para que el agua cargada con sustancias volátiles se separe del aceite

esencial de orégano que por su menor densidad se ubica en la parte superior, una vez que se ha extraído el hidrolato casi en su totalidad se colocó un tubo de ensayo en la salida para recibir el aceite esencial de orégano.

A continuación, en la Figura 6 se incluye un diagrama de flujo que resume el proceso.

### Figura 6

*Proceso de extracción de aceites esencial de orégano.*



Fuente: Vera y Zambrano (2017).

### **3.7. Análisis de datos**

Para la evaluación de los datos se utilizó un diseño completamente al azar (DCA). Para el análisis estadístico se utilizó la herramienta de software InfoStat en su versión 2017, que ayudó a decidir a través de un examen ANOVA y TUKEY si había diferencias significativas en los tres tipos de calidad del aceite de orégano. Así mismo se estudió la relación del rendimiento del aceite esencial en función de los tratamientos y las metodologías de extracción determinando cuál es la mejor valoración de acuerdo con la eficiencia de la extracción de aceite esencial de orégano.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Rendimiento del aceite esencial de orégano.

##### a) “Método de extracción por Arrastre de vapor”:

En el experimento se usaron 3 réplicas de 60 g de orégano seco de las tres variedades con 10,5% de humedad en cada una de las muestras. A las muestras se les aplicó la técnica de extracción de aceite esencial por Arrastre de vapor, obteniéndose como resultados los valores expresados a continuación en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Rendimiento de la extracción de aceite esencial de 3 variedades de orégano procedente de la región de Candarave mediante el método de Arrastre de vapor.*

Variedad	Volumen (mL) 1ra repetición	Volumen (mL) 2da repetición	Volumen (mL) 3ra repetición	Peso seco de las hojas (g)	Rendimiento (%) 1ra repetición	Rendimiento (%) 2da repetición	Rendimiento (%) 3ra repetición	Rendimiento Promedio (%)
“chino”	0,319	0,318	0,312	60	0,533	0,531	0,535	0,533
“flor”	0,314	0,284	0,308	60	0,523	0,473	0,513	0,503
“orejón”	0,292	0,309	0,292	60	0,487	0,516	0,487	0,497

*Nota.* Fuente: elaboración propia.

**b) Método “Hidro-Destilación asistida por Radiación de Microondas (MWHD)”:**

En el experimento se usaron 3 réplicas de 50 g de orégano seco de tres variedades con humedad de 10,5 % en cada una de las muestras a las cuales se les aplicó método de Hidro-Destilación asistida por Radiación de Microondas (MWHD, obteniéndose como resultados los valores expresados a continuación en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Rendimiento de la extracción de aceite esencial de 3 variedades de orégano procedente de la región de Candarave por el "Método Hidro-Destilación asistida por Radiación de Microondas (MWHD)"*

Variedad	Volumen	Volumen	Volumen	Peso Seco de las hojas (g)	Rendimiento	Rendimiento	Rendimiento	Rendimiento
	(mL) 1ra repetición	(mL) 2da repetición	(mL) 3ra repetición		(%) 1ra repetición	(%) 2da repetición	(%) 3ra repetición	Promedio (%)
“chino”	0,5155	0,5175	0,5175	50	1,032	1,033	1,033	1,033
“flor”	0,417	0,421	0,410	50	0,834	0,842	0,820	0,8333
“orejón”	0,416	0,416	0,417	50	0,832	0,832	0,834	0,8333

*Nota.* Fuente: elaboración propia.

A partir de los resultados obtenidos se determinó el porcentaje de rendimiento de cada réplica estableciéndose en promedio un 0,533% en la

obtención del aceite esencial de orégano por Arrastre de vapor, y para el caso del método de extracción por Hidro-Destilación asistida por Radiación de Microondas (MWHD) los resultados obtenidos se determinó el porcentaje de rendimiento de cada réplica estableciéndose en promedio de un 0,899%. A continuación, se incluyen los gráficos respectivos que permiten visualizar mejor los resultados.

#### 4.2. Densidad Relativa del aceite esencial de orégano obtenido.

Los resultados del proceso de determinación de la densidad relativa del aceite esencial de orégano se presentan a continuación en la tabla 8.

**Tabla 8**

*Densidad Relativa de aceite esencial de orégano*

Método	Variedad	Peso picnómetro (g)	Peso picnómetro + aceite (g)	Peso aceite (g)	Vol aceite (mL)	Densidad aceite (g/cm <sup>3</sup> )
Arrastre de vapor	“chino”	9,698	9,7615	0,0635	0,07	0,9071
	“flor”	9,6992	9,8339	0,1347	0,15	0,898
	“orejón”	9,6964	9,8366	0,1402	0,15	0,9347
Radiación de Microondas (MWHD)	“chino”	9,7003	9,8345	0,1342	0,15	0,8947
	“flor”	9,7011	9,8372	0,1361	0,15	0,9073
	“orejón”	9,6962	9,7879	0,0917	0,15	0,917

*Nota.* Fuente: elaboración propia.

### 4.3. Índice de refracción del aceite esencial de orégano obtenido.

Los resultados del proceso de determinación del índice de refracción del aceite esencial de orégano se presentan a continuación en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Índice de refracción del aceite esencial de orégano*

Método	Grados Brix 1ra. Repetición	Grados Brix 2da. Repetición	Índice de refracción 1ra. Repetición	Índice de refracción 2da. Repetición	Índice de refracción Promedio	Promedios
Arrastre de vapor	77,8	76,0	1,485	1,481	1,483	
	74,4	73,6	1,477	1,474	1,476	
	75,4	75,4	1,479	1,479	1,479	1,4787
	74,6	74,6	1,477	1,477	1,477	
Radiación de Microondas (MWHHD)	76,0	75,0	1,481	1,478	1,480	
	74,6	74,6	1,477	1,477	1,477	1,4787
	75,8	72,2	1,48	1,479	1,480	
	74,0	74,4	1,478	1,477	1,478	

*Nota.* Fuente: elaboración propia

### 4.4. Características Organolépticas del aceite esencial

Se realizaron las observaciones sensoriales de características descriptivas generales tales como el color, aspecto, el olor y el sabor,

mediante la ficha de evaluación de escala Hedónica de 9 puntos. Ver Anexo 5.

#### 4.4.1. Comprobación de Hipótesis (discusión)

##### a. Extracción de aceite

- **Hipótesis Nula:  $H_0$ :** Los parámetros cinéticos de la extracción del aceite esencial de Orégano, obtenido por la metodología de extracción de Arrastre vapor y de Hidro-Destilación Asistida Por Radiación De Microondas (MWHD), no difieren entre sí (no presentan diferencias significativas).
- **Hipótesis Alternativa:  $H_1$ :** Los parámetros cinéticos en la extracción del aceite esencial de orégano, obtenido por la metodología de extracción de Arrastre vapor y de Hidro-destilación asistida por Radiación de Microondas (MWHD), difieren entre sí (o por lo menos uno de los tratamientos es diferente).

$$H_0: \mu^{\text{"chino"}} = \mu^{\text{"flor"}} = \mu^{\text{"orejón"}}$$

$$H_1 \neq \mu^{\text{"chino"}} \neq \mu^{\text{"flor"}} \neq \mu^{\text{"orejón"}}$$

Donde:

- $H_0 = \mu^{\text{"chino"}} = \mu^{\text{"flor"}} = \mu^{\text{"orejón"}} =$  El número de Tratamientos son idénticos en la extracción de aceite esencia de orégano.
- $H_1 \neq \mu^{\text{"chino"}} \neq \mu^{\text{"flor"}} \neq \mu^{\text{"orejón"}} =$  Por lo menos un tratamiento no es idéntico en la extracción de aceite esencia de orégano.

$\mu =$  Tratamientos = MWHD = A. de Vapor

#### **b. Análisis de la varianza por variedad**

Los resultados de la evaluación del desempeño (rendimiento) se muestran en el Anexo 5. El examen estadístico se efectuó por medio de la prueba ANOVA y TUKEY.

### Variedad “chino”

En la Tabla 10 se muestra el examen medible de los resultados del rendimiento del aceite esencial utilizando la prueba ANOVA para la variedad “chino” presenta que existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos, debido a las técnicas de extracción utilizadas, ( $P=0,05$  y  $GI = 1$ ), en consecuencia, por tanto, la Hipótesis nula planteada se acepta debido a que el factor tratamientos, afecta el proceso de extracción de aceite esencial de orégano.

**Tabla 10**

*Análisis de la Varianza para el orégano variedad “chino”*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,38	1	0,38	112,5	0,0004
Tratamiento	0,38	1	0,38	112,5	0,0004
Error	0,01	4	3,30E-03		
Total	0,39	5			

*Nota.* Fuente: Elaboración propia – Infostat

$$R^2 = 0,97$$

$$R^2 \text{ Aj} = 0,96$$

$$CV = 7,37$$

En la Tabla 11 se presenta la prueba de Tukey determinándose que el mejor tratamiento corresponde al método de Hidro-destilación asistida por radiación de microondas (MWHD).

**Tabla 11**

*Prueba de Test: Tukey para el orégano variedad "chino"*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
A. de Vapor	0,53	3	0,03	A
MWHD	1,03	3	0,03	B

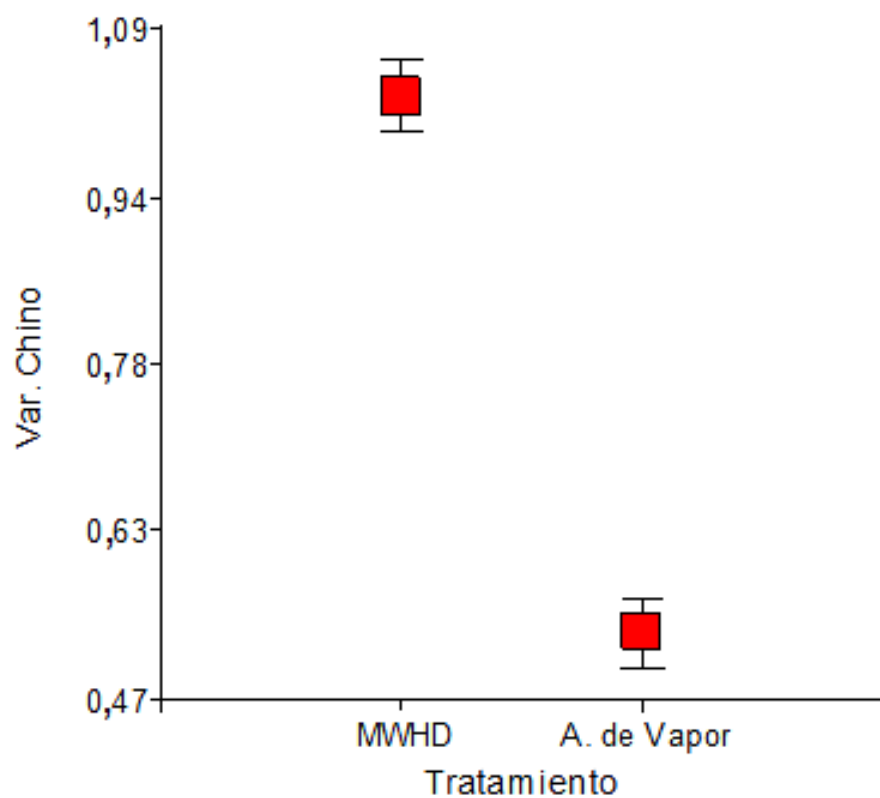
*Nota.* Elaboración propia – Infostat.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Los gráficos de los valores del rendimiento se presentan en las Figura 7 de la prueba de contraste aplicada a los tratamientos.

**Figura 7**

*Prueba de contraste de la extracción de aceite esencial de orégano variedad “chino” con relación a los tratamientos de extracción aplicados.*



*Nota.* Fuente: Elaboración propia – Infostat

### Variedad “flor”

El evaluación estadística de los resultados de rendimiento del aceite esencial utilizando la prueba del ANOVA para la variedad “flor”, demuestra que existen diferencias altamente significativas ( $p\text{-valor} = 0,0075 < 0,05$ ) entre los diferentes tratamientos, a causa de los métodos de destilación o extracción utilizados, ( $P=0,05$  y  $GI = 1$ ), en consecuencia, por tanto, la Hipótesis nula planteada se acepta debido a que el factor tratamientos, afecta el proceso de extracción de aceite esencial de orégano. de otro lado se procedió a realizar la prueba de Tukey determinándose que el mejor tratamiento corresponde al método de Hidro-Destilación Asistida Por Radiación De Microondas (MWHD).

**Tabla 12**

*Análisis de la Varianza para el orégano variedad “flor”*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,17	1	0,17	25	0,0075
Tratamiento	0,17	1	0,17	25	0,0075
Error	0,03	4	0,01		
Total	0,19	5			

*Nota.* Fuente: Elaboración propia – Infostat

$R^2 = 0,86$

$R^2 Aj = 0,83$

$CV = 12,25$

De igual manera que se realizó para la variedad anterior, se procedió a realizar la prueba de Tukey determinándose que el mejor tratamiento corresponde

a la metodología de Hidro-destilación asistida por radiación de Microondas (MWHD). Este resultado se muestra en la Tabla 13.

**Tabla 13**

*Prueba de Test: Tukey para el orégano variedad "flor"*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
A. de Vapor	0,5	3	0,05	A
MWHD	0,83	3	0,05	B

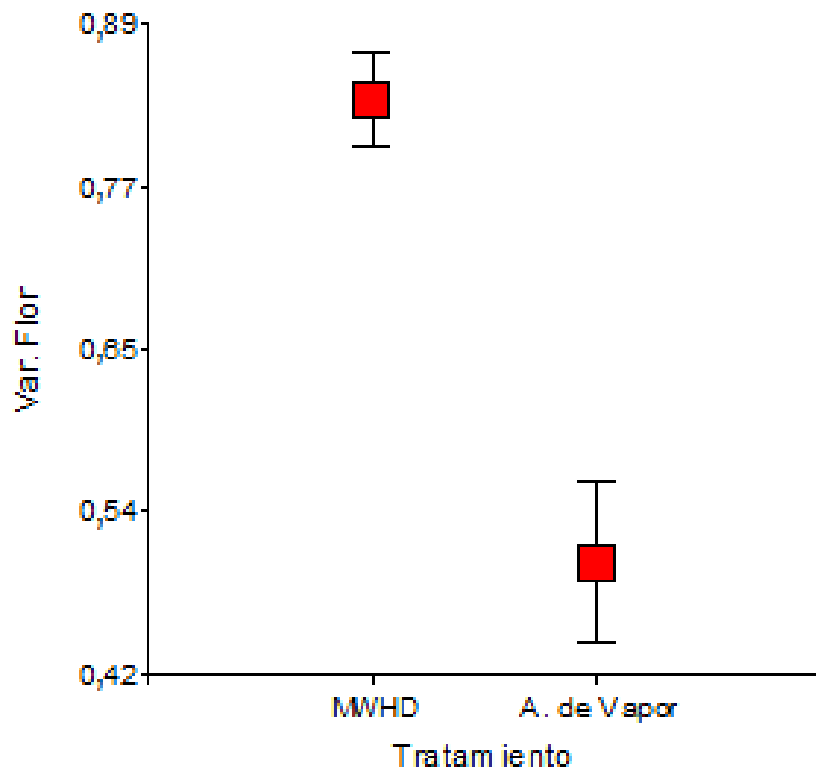
Fuente: Elaboración propia – Infostat

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

Los gráficos de los cambios de rendimiento se muestran en la Figura 8 de la prueba de contraste aplicada a los tratamientos.

**Figura 8**

*Prueba de contraste de la extracción de aceite esencial de orégano*



. Fuente: Elaboración propia – Infostat.

## Variedad “orejón”

En la Tabla 14 se presenta los resultados de la evaluación estadística de los resultados de rendimiento del aceite esencial utilizando la prueba del ANOVA para la variedad “orejón”, demuestra que existen diferencias altamente significativas ( $p\text{-valor} = 0,0015 < 0,05$ ) entre los diferentes tratamientos, a causa de los métodos de destilación o extracción utilizados, ( $P=0,05$ ,  $Gl = 1$ ), en consecuencia, por tanto, la Hipótesis nula planteada se acepta debido a que el factor tratamientos, afecta el proceso de extracción de aceite esencial de orégano. de otro lado se procedió a realizar la prueba de Tukey determinándose que el mejor tratamiento corresponde al método de Hidro-Destilación Asistida Por Radiación De Microondas (MWHD).

**Tabla 14**

*Análisis de la Varianza para el orégano variedad “orejón”*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,2	1	0,2	60,5	0,0015
Tratamiento	0,2	1	0,2	60,5	0,0015
Error	0,01	4	3,30E-03		
Total	0,22	5			

*Nota.* Fuente: Elaboración propia – Infostat.

R<sup>2</sup> = 0,94

R<sup>2</sup> Aj = 0,92

CV = 8,88

De igual modo que se realizó para la variedad anterior, se procedió a realizar la prueba de Tukey (Tabla 15) determinándose que el mejor tratamiento corresponde a la metodología de Hidro-destilación asistida por radiación de Microondas (MWHD)

**Tabla 15**

*Prueba de Test: Tukey para el orégano variedad "orejón"*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
A. de Vapor	0,47	3	0,03	A
MWHD	0,83	3	0,03	B

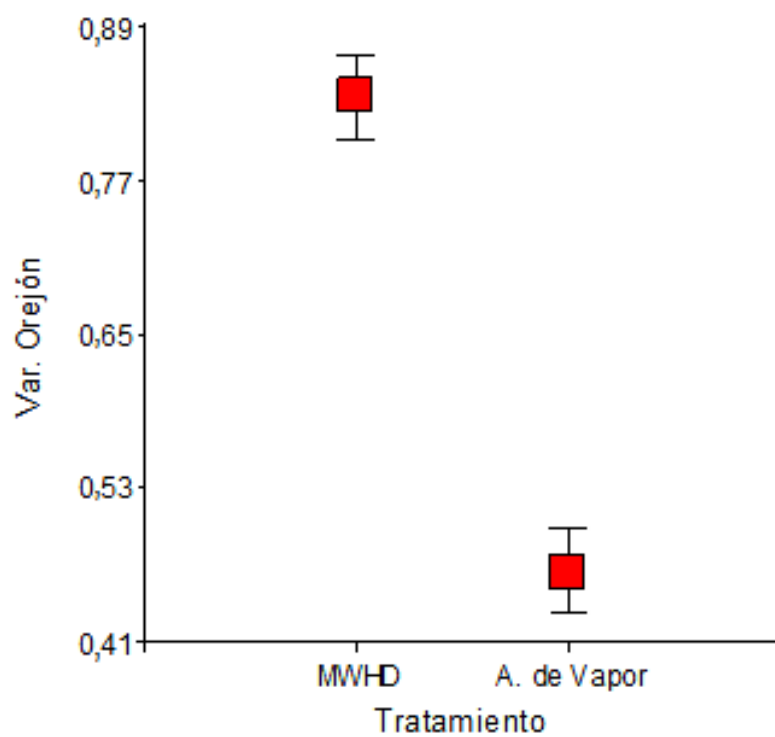
*Nota.* Fuente: Elaboración propia – Infostat

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).*

Los gráficos de los cambios de rendimiento se muestran en la Figuras 9 mediante la prueba de contraste de la extracción de aceite esencial de orégano variedad "orejón" con relación a los tratamientos de extracción aplicadas de la prueba de contraste aplicada a los tratamientos.

### Figura 9

*Prueba de contraste de la extracción de aceite esencial de orégano variedad "orejón" con relación a los tratamientos de extracción aplicadas*



*Nota.* Fuente: Elaboración propia – Infostat

#### 4.5. Densidad Relativa:

En la Tabla 16 se observa los valores de la densidad relativa del aceite esencial como resultado de los métodos de extracción Arrastre de vapor y radiación de Microondas (MWHD), valores a los que se realizó el análisis estadístico de ANOVA y luego para evaluar sus diferencias se utilizó el estadístico de Tukey.

**Tabla 16**

*Densidad Relativa de aceite esencial*

Método	Variedad	Muestra	Densidad relativa de aceite (g/cm <sup>3</sup> )
Radiación de Microondas (MWHD)	“chino”	1	0,8947
	“flor”	2	0,9073
	“orejón”	3	0,9170
Arrastre de vapor	“chino”	1	0,9071
	“flor”	2	0,8980
	“orejón”	3	0,9347

Fuente: Elaboración propia – Infostat.

En la Tabla 17 se presenta la evaluación estadística de las pruebas de la densidad relativa del aceite esencial, utilizando la prueba del ANOVA para las tres variedades (“chino”, “flor” y “orejón”), demostró que no existen diferencias altamente significativas ( $p\text{-valor} = 0,1348 < 0,05$ ) entre los diferentes tratamientos, a causa de la técnica de destilación o extracción empleados, ( $P=0,05$  GI = 2).

En consecuencia, por tanto, la Hipótesis nula planteada no se acepta debido a que el factor Variedad, no afecta el proceso de determinación de la densidad relativa del aceite esencial de orégano, por lo que no existen diferencias significativas entre las variedades estudiadas.

**Tabla 17**

*Análisis de la Varianza para la densidad relativa del orégano en sus tres variedades estudiadas*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7,8E-04	2	3,9E-04	4,20	0,1348
Tratamiento	7,8E-04	2	3,9E-04	4,20	0,1348
Error	2,8E-04	3	9,2E-05		
Total	1,1E-03	5			

*Nota.* Fuente: Elaboración propia – Infostat.

R<sup>2</sup> = 0,74  
R<sup>2</sup> Aj = 0,56  
CV = 1,06

Por lo que, a fin de demostrar este criterio se procedió a realizar la prueba de Tukey (Tabla 18) determinándose que no existe diferencia entre las variedades que fueron sometidas a la extracción mediante tratamientos por el método de Hidro-Destilación asistida por radiación de microondas (MWHD) y por Arrastre de vapor.

**Tabla 18**

*Test Tukey para la densidad relativa del orégano en sus tres variedades estudiadas*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
“chino”	0,90	2	0,01	A
“flor”	0,90	2	0,01	A
“orejón”	0,93	2	0,01	A

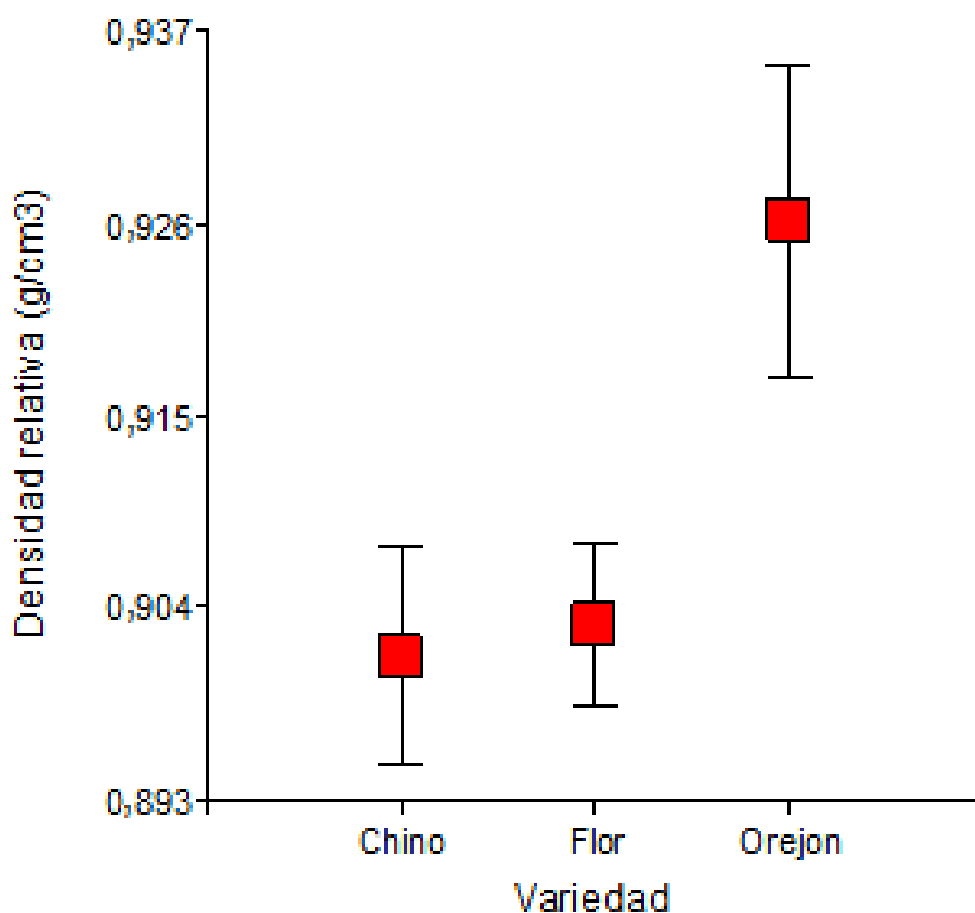
Fuente: Elaboración propia – Infostat.

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

Los gráficos de las variaciones de rendimiento se presentan en las Figura 10 de la prueba de contraste aplicada a los tratamientos.

**Figura10**

*Prueba de contraste de la Densidad Relativa del aceite esencial de orégano por Variedad de Orégano*



Nota. Fuente: Elaboración propia – Infostat

#### 4.6. Análisis de la varianza por método de extracción

En la Tabla 19 se presenta la evaluación estadística de los pruebas de la densidad relativa del aceite esencial debido a la prueba de ANOVA para los métodos aplicados, demuestra que no existen diferencias altamente significativas ( $p$ -valor = 0,6164 > 0,05) entre los diferentes tratamientos, a causa tanto a los técnicas de destilación o extracción utilizados, ( $P=0,05$  GI = 1), en consecuencia, por tanto, la Hipótesis nula planteada no se acepta debido a que el factor tratamientos, no afecta el proceso de extracción de aceite esencial de orégano respecto a su densidad relativa.

**Tabla 19**

*Análisis de la Varianza de la Densidad Relativa por método aplicado*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7,2E-05	1	7,2E-05	0,29	0,6164
Tratamiento	7,2E-05	1	7,2E-05	0,29	0,6164
Error	9,8E-04	4	7,5E-04		
Total	1,1E-03	5			

*Nota.* Fuente: Elaboración propia – Infostat.

$R^2 = 0,07$

$R^2_{Aj} = 0,0$

$CV = 1,72$

En la Tabla 20 se presenta la prueba de Tukey, determinándose que no existe diferencias en los dos tratamientos (Hidro-destilación asistida por radiación de Microondas (MWHD) y Arrastre de vapor).

**Tabla 20**

*Prueba de Test: Tukey de la Densidad Relativa por método aplicado*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
A. de Vapor	0,91	3	0,01	A
MWHD	0,91	3	0,01	A

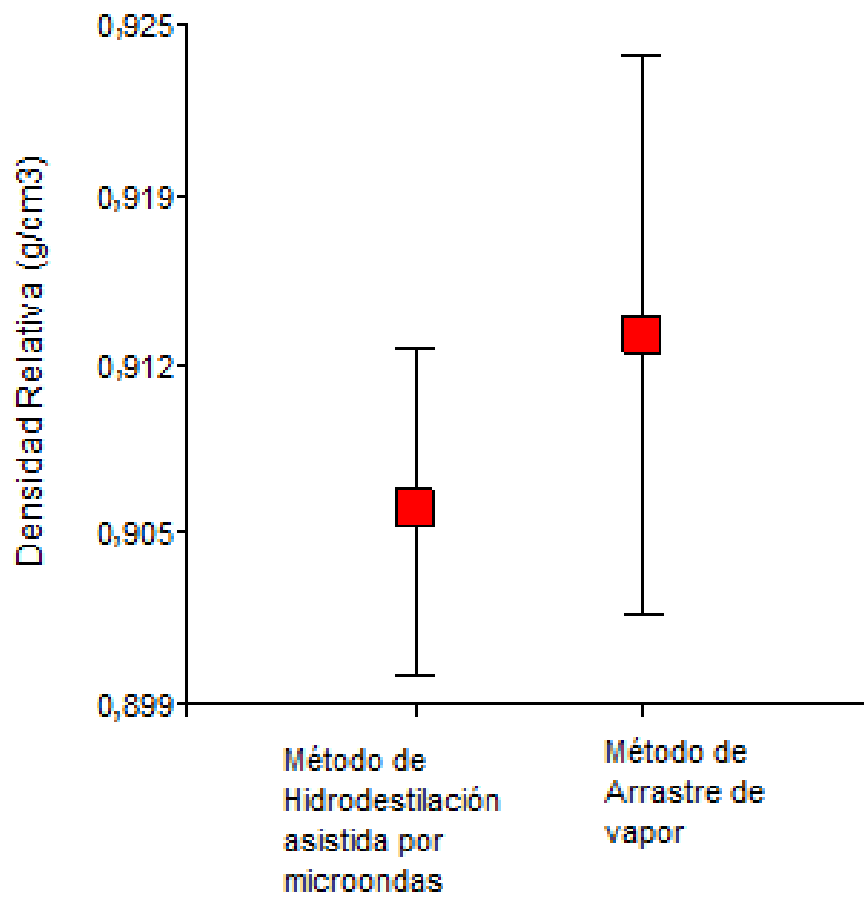
*Nota.* Fuente: Elaboración propia – Infostat.

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

Los gráficos de los cambios de rendimiento se muestran en la Figura 11 de la Pruebas de contraste de la densidad relativa del aceite de orégano por método de extracción

**Figura 11**

*Pruebas de contraste de la densidad relativa del aceite de orégano por método de extracción*



Nota. Fuente: Elaboración propia – Infostat.

#### **4.7. Solubilidad**

En la Tabla 21 presentamos la solubilidad del aceite esencial, a 20°C. La solubilidad de un aceite esencial en una solución de etanol y agua depende de su contenido de oxigenado. Para dicha prueba utilizó soluciones de etanol con concentraciones de 30%, 50%, 70%, 96%, N-hexano y agua.

En el caso de las variedades de orégano "chino", "flor" y "orejón" de la región de Candarave, son solubles en más de 70% de alcohol, donde se nota una ligera solubilidad, y en 96% de alcohol y n-hexano Completamente soluble en soluble. Esto se debe a la mayor solubilidad del aceite esencial de orégano en solventes naturales. Normalmente se utilizan soluciones de etanol altamente concentradas en el rango de 80% y 96%. Cuanto más abundantes son los compuestos oxigenados, más pronunciada es la solubilidad.

**Tabla 21**

*Solubilidad de aceite esencial de orégano de las variedades “chino”, “flor” y “orejón” de Candarave*

<b>Variedad de orégano</b>	<b>Solución</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Miscible</b>
<b>“chino”</b>	Solubilidad agua	Dos fases	NO
	Solubilidad OH 30%	Dos fases	NO
	Solubilidad OH 50%	Dos fases	NO
	Solubilidad OH 70%	Turbio	Ligeramente soluble
	Solubilidad OH 96%	Límpido	Si
	N-hexano	Límpido	Si
<b>“flor”</b>	Solubilidad agua	Dos fases	NO
	Solubilidad OH 30%	Dos fases	NO
	Solubilidad OH 50%	Dos fases	NO
	Solubilidad OH 70%	Turbio	Ligeramente soluble
	Solubilidad OH 96%	Límpido	Si
	N-hexano	Límpido	Si
<b>“orejón”</b>	Solubilidad agua	Dos fases	NO
	Solubilidad OH 30%	Dos fases	NO
	Solubilidad OH 50%	Dos fases	NO
	Solubilidad OH 70%	Turbio	Ligeramente soluble
	Solubilidad OH 96%	Límpido	Si
	N-hexano	Límpido	Si

*Nota. Fuente: Elaboración propia – Infostat*

#### 4.8. Caracterización sensorial

En la Tabla 22 y Tabla 23 se presenta los resultados de la caracterización sensorial del aceite esencial obtenido de acuerdo a cada uno de los métodos de extracción aplicados (Destilación por Arrastre de vapor y Destilación por microondas)

**Tabla 22**

*Caracterización sensorial del aceite esencial de orégano por **Destilación de Arrastre de vapor** de las variedades “chino”, “flor” y “orejón” de Candarave.*

Método	Característica sensorial	Aceite esencial de orégano
Destilación asistida por micro ondas	Color	Ligeramente amarillo
	Aspecto	Oleoso límpido
	Olor	Característico
	Sabor	Picante
Destilación por Arrastre de Vapor	Color	Ligeramente amarillo
	Aspecto	Oleoso límpido
	Olor	Característico
	Sabor	Picante

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23**

*Caracterización sensorial del aceite esencial de orégano por **Destilación asistida por radiación de microondas** de las variedades “chino”, “flor” y “orejón” de Candarave.*

Método	Característica sensorial	Aceite esencial de orégano
Destilación asistida por micro ondas	Color	Ligeramente amarillo
	Aspecto	Oleoso límpido
	Olor	Característico
	Sabor	Picante
Extracción por Arrastre de vapor	Color	Ligeramente amarillo
	Aspecto	Oleoso límpido
	Olor	Característico
	Sabor	Picante

*Fuente:* Elaboración propia

## CAPÍTULO V

### DISCUSIONES

El aceite esencial obtenido de las hojas de *Origanum vulgare* L. (orégano) variedades “chino”, “flor” y “orejón”, procedentes de la región de Candarave, que fueron sometidos a dos métodos de extracción de aceite esencial, fue evaluado a nivel de eficiencia de la extracción (rendimiento) tanto del método por Arrastre de vapor como el método de Hidro destilación asistida por microondas (MWHD).

En la Tabla 6 el análisis para evaluación del rendimiento de aceite esencial de las hojas de orégano (*Origanum vulgare* L.) de las tres variedades estudiadas (“chino”, “flor” y “orejón”), en el método de destilación por Arrastre de vapor; el peso de muestra empleada fue de 60 g, resultando una extracción promedio de 0,498 mL de aceite esencial por cada 60 g de muestra, que corresponde a rendimiento de 0,83% .

Respecto a la Tabla 7 donde se determinó los valores del rendimiento del aceite esencial de las hojas de orégano (*Origanum vulgare* L.) de las tres variedades estudiadas (“chino”, “flor” y “orejón”), por el método de Hidro-destilación asistida por radiación de microondas

(MWHHD), el valor del peso de muestra utilizada fue de 50 g, resultando una extracción promedio de 0,8 mL de aceite esencial por cada 50g de muestra, Al igual que con el método anterior, el rendimiento promedio fue de 1.8%, lo que sería una mezcla compleja de componentes con alta volatilidad. Se evapora en contacto con el aire De acuerdo con otras publicaciones sobre los constituyentes químicos del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*), reportan rendimientos variables dependiendo del tiempo y modo de proceso desde la cosecha hasta la extracción” (Alanís & et al, 2001).

“Dependiendo del método de extracción utilizado, encontramos diferencias estadísticas significativas en el rendimiento. Estos resultados muestran que la técnica MWHHD demostró ser el método más eficiente para extraer el aceite esencial de orégano Esto se debe a que las microondas actúan sobre las paredes de las glándulas que contienen los aceites esenciales, provocando que el material vegetal se descomponga más rápido y de manera más eficiente. La destilación de agua asistida por microondas utiliza tres formas de transferencia de calor en una muestra: radiación, conducción y convección. Como resultado, genera calor más rápido dentro y fuera de la glándula. La destilación del agua utiliza la extracción, y esta transferencia de calor solo puede ocurrir por conducción y convección. Como resultado,

genera calor más rápido dentro y fuera de la glándula. La hidrodestilación utiliza la extracción, y esta transferencia de calor solo puede ocurrir por conducción y convección, lo que reduce la eficiencia” (Torrenegra, 2014) (Brum, y otros, 2010) (Stashenko, y otros, 2010).

En la Tabla 23 se puede apreciar los atributos organolépticos del aceite esencial de las hojas de *Origanum vulgare*, tanto para las tres variedades estudiadas, por lo que "El color es amarillento, la textura es aceitosa, olor suigéneris podemos compararlo con el trabajo de investigación” (Camilo, Jairo, & Stashenko, 2007).

#### **b) Índice de refracción I.R.**

Respecto al índice de refracción, los valores obtenidos en la Tabla 9 no presentaron diferencias estadísticas significativas para los 02 métodos de extracción. El aceite esencial producido por destilación al vapor presentó un valor de 1,4787, mientras que el MWHD tuvo un valor de 1,4787 respectivamente. Yáñez et al., (2017) “reportaron un valor de 1.477 para el aceite esencial de orégano obtenido por el método MWHD. Considerando que este parámetro es único para cada aceite esencial, es importante su determinación ya que, si el aceite se diluye o

se mezcla con otras sustancias, su valor cambiará, por lo que es un indicador de calidad y un parámetro que puede ayudar a controlar la adulteración” (Torrenegra, 2014).

### **c) Densidad del aceite esencial de orégano**

Al evaluar los valores de densidad no se detectó diferencias estadísticas significativas, siendo muy similares a los reportados por (Yañez, Quezada, Escobar, & Campos, 2017).

La tabla 16 identifica los valores físicos y químicos del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare L.*). Las propiedades físicas y químicas del orégano dependen de las propiedades de los ácidos que lo componen. En esta prueba, el valor de densidad relativa se determinó como el resultado promedio del método de arrastre de vapor, con resultados promedio de 0.9071, 0.898 y 0.9347 g/cm<sup>3</sup> para las variedades “chino”, “flor” y “orejón”, respectivamente. Para el caso de la técnica de “Hidro-destilación asistida por radiación de microondas (MWHD)” fue de 0,8947 y 0,9117 g/cm<sup>3</sup>, para la variedad “chino”, “flor” y “orejón” respectivamente. Normalmente el aceite esencial de orégano que se encuentra en los mercados no está adulterado y tiene una densidad que oscila entre 0,90 y 0,98, Debido a la presencia de cantidades variables de penteno estearílico en el orégano, Walther lo

identificó como un tipo de alcohol, al que llamó alcohol metílico. Con la densidad y el índice de refracción se puede deducir la composición. Por tanto, una densidad por debajo de 0,9 y un índice de refracción por debajo de 1,4700 indica un alto contenido en terpenos o alifáticos. Si la densidad es superior a 0,9 y el índice de refracción es inferior a 1,4700, pueden estar presentes oxigenados alifáticos. La densidad de los hidrocarburos aromáticos es inferior a 0,9, pero el índice de refracción es inferior a 1,4700 y puede haber compuestos alifáticos que contienen oxígeno. Los aromáticos tienen una densidad inferior a 0,9 pero un índice de refracción inferior a 1,4700. Los compuestos oxigenados o alicíclicos tienen densidades e índices de refracción superiores a lo indicado.

#### **d) Solubilidad del aceite esencial de orégano**

En la tabla 21 se muestran las pruebas de solubilidad en etanol al 70%, que resultaron positivas para el aceite esencial de orégano, obtenidas por los métodos de resistencia al vapor y MWHD. El comportamiento de la solubilidad fue similar al reportado por (Granados, Yañez, & Santafé, 2012). Esto se debe principalmente al contenido de oxigenados en los aceites esenciales. La presencia de oxigenados aumenta la afinidad por los solventes, además, los aldehídos y alcoholes tienen la capacidad de formar puentes de hidrógeno, lo que se debe principalmente al contenido de oxigenados

en los aceites esenciales (Torrenegra et al, 2015). "La presencia de compuestos como la solubilidad de las fragancias en etanol acuoso a 20°C depende de su contenido de oxígeno, que es del 96%, 70%, 50%, 30% en peso en soluciones de etanol), es el aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*), soluble en más del 70% de alcohol, se observa una ligera solubilidad. Con el alcohol de 96% y N-hexano fueron solubles completamente. (Mejía, 1992) (Alcaraz, Rodríguez, & Real, 2012).

#### **e) Efectividad del método de extracción**

El método MWHD "ha demostrado ser la técnica más efectiva para la extracción de aceites esenciales, así como en comparación con otras técnicas de extracción con solventes como Soxhlet y la extracción acelerada con solventes, MWHD es un método moderno y rápido". (Torrenegra, 2014).

El rendimiento del aceite esencial de orégano depende de la técnica de extracción utilizada para obtenerlo. El proceso de hidrodestilación con la ayuda de la radiación de microondas se considera una técnica rápida, productiva y económica en comparación con la hidrodestilación convencional. (González, Soto, Kite & Martínez, 2008).

## CONCLUSIONES

1. El rendimiento de aceite esencial de orégano de las variedades “chino”, “flor” y “orejón” depende de la técnica de extracción, consiguiendo una mayor concentración de aceite esencial de orégano mediante la técnica Hidro-destilación asistida por microondas (MWHD), siendo esta última metodología (MWHD) muy eficiente y relativamente económica respecto a la Hidrodestilación por Arrastre de vapor.

2. El índice de refracción para el método de extracción por Arrastre de vapor promedio fue 1,4787 mientras que para el método de Hidro destilación por microondas (MWHD) fue de 1,4787 ambos iguales.

3. La densidad fue para el método de extracción por Arrastre de vapor para cada variedad (“chino”, “flor” y “orejón”) fue de 0,9071, 0,898 y 0,9347 g/mL respectivamente, mientras que para el método de Hidro destilación por microondas MWHD) para cada variedad (“chino”, “flor” y “orejón”) fue de 0,8947, 0,9073 y 0,917 g/mL, respectivamente.

4. El aceite esencial de orégano dio positivo para la solubilidad

en etanol al 70 % mediante el método de arrastre de vapor y la técnica MWHD. Los valores de solubilidad fueron similares a los reportados por (Granados, 2012). Esto se debe principalmente a las sustancias que contienen oxígeno en los aceites esenciales.

## RECOMENDACIONES

1. Si se desea una metodología de extracción de alto rendimiento que no requiera innovaciones complejas, se sugiere la técnica de Arrastre de vapor. Además, si se quiere una metodología rápida, se sugiere la metodología convencional de hidrodestilación.

2. La universidad tuvo que realizar una investigación sobre los componentes del aceite esencial de orégano para su posible uso en el sector alimentario como una posible alternativa a los antioxidantes sintéticos debido a su capacidad para atrapar los radicales libres.

3. Un estudio de los efectos antioxidantes del aceite esencial de orégano silvestre frente a otros aceites esenciales y otros antioxidantes comerciales.

4. Evaluar la estructura química de los aceites esenciales obtenidos por varios métodos de extracción.

5. Evaluación de la composición química de los aceites esenciales en varios centros de producción del país durante un año.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, D., Navarro, M., & Monroy, L. (2013). *Composición Química del Aceite Esencial de Hojas de Orégano (Origanum vulgare L.). Información tecnológica*. Lima: Información Tecnológica.
- Alanís, & et al. (2001). Contribución al estudio de la calidad del aceite esencial de orégano. *Revista Chapíngo*, 23-32.
- Albarracín, G., & Montoya, C. (2003). *Comparación de dos métodos de extracción de aceite esencial utilizando piper aduncum (cordoncillo) procedente de la zona cafetera. Manizales - Colombia*. Bogotá: Universitaria.
- Alcaraz, L., Rodríguez, M., & Real, S. M. (2012). *Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas*. México.
- Alomar, F. (2007). *Antioxidantes: Captadores de radicales libres ó sinónimo de salud*. Madrid.
- Arias, C. J. (2013). *Zonificación agroecológica del cultivo de orégano (Origanum Vulgare L.) en el Distrito de Tarata Provincia de Tarata-Tacna. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. UNJBG. Tacna Perú*. Tacna: UNJBG.

- Arizio, O., Curioni, A., Sánchez, G., & García, M. (2006). *El cultivo de orégano (Origanum sp)*. En: *Plantas Aromáticas y Medicinales: Labiadas*. 57 -92: Hemisferio Sur.
- Bonilla, T. (2012). *Aplicación del orégano como conservante para extender el tiempo de vida útil de hamburguesa refrigerada*. Quito, Ecuador.: Facultad de Ciencias de Ingeniería.
- Brum, M., Xavier, R., Schuch, M., Araújo, F., Alves, C., & Braga de Mello, R. (2010). *In vitro activity of Origanum vulgare essential oil against Candida species*. *Brazilian Journal of Microbiology* (41 ed.). Sao Paulo: Brazilian Journal of Microbiology.
- Camilo, D., Jairo, R., & Stashenko, E. (2007). Estudio comparativo de la composición química de aceites esenciales provenientes de diferentes regiones de Colombia. *Scientia et Technica*, 435-438.
- Chirinos, O., Mc Bride, E., Abarca, J., Garcia, L., & León, D. (2009). *FACTORES QUE INCIDEN EN LAS EXPORTACIONES DE OREGANO ( Origanum vulgare ) DE LA REGIÓN TACNA HACIA EL MERCADO BRASILEÑO LIMA – PERÚ*. Lima: ESAN.
- Clarke, S. (2008). *Essential chemistry for aromatherapy*. Churchill livingstone, USA: Elsevier.
- Díaz, F. (2007). *Estudio comparativo de la composición química y evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial de*

*(aloycia tiphilla britton) cultivada en tres Regiones de Colombia.*  
Colombia.

Dudareva, N., Klempien, A., & Muhlemann, J. K. (2013). *Biosynthesis, function and metabolic engineering of plant volatile organic compounds*. New York: Wiley.

Duke, J. A. (2002). *Handbook of Medicinal Herbs*. USA: CRC Press.

Escudero, A. M. (1999). *Las Plantas de Extractos. Bases para un Plan de Desarrollo del Sector*. Madrid.

Fournet, A., Rojas de Arias, A., Charles, B., & Bruneton, J. (1996). *Chemical constituents of essential oils of Mufia, Bolivian plants traditionally used as pesticides, and their insecticidal properties against Chagas' disease vectors. Journal of Ethnopharmacology*. Journal of Ethnopharmacology.

García, A., Leyva, M., Martínez, J., & Stashenko, E. (2003). *Determinación de la composición química y actividad antioxidante in vitro del aceite esencial de Piper auritum (Piperaceae) difundida en la costa Colombiana*. ScientiaET Technica.

Gómez, C., Morales, S., & Lopez, P. (2016). *Extracción asistida con microondas de aceite esencial de acuyo (piper auritum) y evaluación de su efecto antifúngico contra Penicillium expansum*. Mexico: Unitas.

- González, G., Soto, H., Kite, G., & Martinez, A. (2008). Actividad de antioxidantes de flavonoides del tallo de orégano mexicano (*Lippia graveolens* HBK var *Berlandier schauer*). *Revista Fitotecnica Mexicana*(30), 49-49.
- Govindarajan, M., Rajeswarya, M., Hotib, S. L., & Benellic, G. (2016). Larvicidal Potential of Carvacrol and Terpinen-4-Ol from the Essential Oil of *Origanum vulgare* (Lamiaceae) Against *Anopheles stephensi*, *Anopheles subpictus*, *Culex quinquefasciatus* and *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae). *Reserch in Veterinary Science*, 77-82.
- Granados, C., Yañez, Y., & Santafé, G. (2012). Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial foliar de *Calycolpus moritzianus* y *Minthostachys mollis* de Norte de Santander. *Bistua, Revista de la facultad de Ciencias Básicas*, 12-23.
- Guerrero, L., & Nuñez, M. J. (1991, Julio/Agosto). Obtención de Aceites Esenciales de Eucalipto y Orégano. *Industria Farmacéutica*. 73-79.
- Guillén, M. D., Ruiz, A., Cabo, N., Chirinos, R., & Pascual, G. (2003). *Characterization of sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) Oil by FTIR spectroscopy and 1H NMR. Comparison with linseed oil*. *Journal of the American Oil Chemists Society*.

- Juárez, G. (2011). *Extracción asistida con microondas y arrastre de vapor de aceite esencial de epazote (Chenopodium ambrosoides) y su evaluación como agente antifúngico*. Mexico: Universidad de las Américas Puebla.
- Juran, J., Gryna, F. M., & Bingham, R. S. (1983). *Manual de Control de la Calidad*. Reverte. doi:842912652X, 9788429126525
- Kahkonen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J. P., Pihlaja, T. S., & Heinonen, M. (1999). *Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds*. *Journal of Agricultural Food Chemistry*.  
Journal Agricultural Food Chemistry.
- Kintzios, E. (2002). *Orégano: The genera Origanum and Lippia*. Usa a Canada: Taylor & Francis.
- Kumar, N., Shukla, R., Yadav, A., & Bagchi, G. (2007). *Essential oil constituents of Origanum vulgare collected from a high altitude of Himachal Pradesh*. Indian perfumer.
- Lee, S. J., Umamo, K., Shibamoto, T., & Lee, K. G. (2005). *Identification of volatile components in basil (Ocimum basilicum L.) and thyme leaves (Thymus vulgaris L.) and their antioxidant properties*. *Food Chemistry*.

- Limache, H. (2012). *Efecto del nitrógeno y fósforo en el rendimiento de hoja seca y aceite esencial en el orégano (Origanum vulgare L.) ecotipo peruano mejorado*. Tacna: Tesis - UNJBG.
- López, L. (2004, Abril 12). Effects of supplementation with oregano essential oil on ileal digestibility, intestinal histomorphology, and performance of broiler chickens. *Revista Colombiana de Ciencias*, 240-251.
- Marquéz, S. D. (2011). *Evaluación del rendimiento en la obtención del aceite "piper auritum kunth" mediante la hidrodestilación asistida por microondas*. Veracruz: A.C.S.C.
- Martín, e. (2004). Terpene Synthases of Oregano (*Origanum L.*) and their Roles in the Pathway and Regulation of Biosynthesis. *Plant Mol. Biol*, 45 -67.
- Mejía, N. (1992). Tesis extracción y caracterización del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare L.*). *UNJBG*, 110 p.
- Mendoza, M. M. (2008). *Influencia del tiempo de almacenamiento en la calidad del aceite esencial de orégano lippia h.b.k.* Durango, Mexico.: Tesis profesional. Facultad de Ciencias Químicas.
- Naznin, A., & Hasan, N. (2009). *In Vitro Antioxidant Activity of Methanolic Leaves and Flowers*. New York.

- Plaus, E., Flores, G., & Ataucusi, S. (2001). *Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial del Origanum vulgare (orégano)*. Revista médica Herediana.
- Quintero, A. (2004). *Aceite esencial de las hojas de hyptis umbrosa salzm extraído por diferentes técnicas*. Caracas, Venezuela.
- Sahin, F., Gcullcuce, M., Daferera, D., Scokmen, A., Scokmen, M., Polissiou, M., . . . Ozer, H. (2004). Biological activities of the essential oils and methanol extract of *Origanum vulgare ssp. vulgare* in the Eastern Anatolia region of Turkey. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 15, 549-557.
- Sánchez, C. (2006). *Extracción de aceites esenciales*. Bogotá.
- Stashenko, E., Ruíz, C. A., Arias, G., Durán, D. C., Salgar, W., & Martínez, M. R. (2010). *Lippia origanoides chemotype differentiation based on essential oil GC-MS analysis and PCA*. *Jornal of separation Science*.
- Tepe, B., Sarikurkcü, C., Berk, S., Alim, A., & Akpula, H. A. (2011). Chemical composition, radical scavenging and antimicrobial activity of the essential oils of *Thymus boveii* and *Thymus hyemalis*. *Records of Natural Products*(5), 208 - 220.
- Torrenegra, A. M. (2014). *Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial foliar extraído de especies de orégano (Origanum vulgare), orégano "borde blanco" (Origanum vulgare ssp) y oreganito (Lippia*

*alba*) cultivado en La zona Norte del departamento de Bolívar (Col. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Yañez, C., Quezada, F. H., Escobar, P., & Campos, V. (2017). Aprovechamiento de orégano (*Lippia graveolens*). Producción de biomasa y rendimiento de aceite esencial extraído por el método de arrastre de vapor de agua en Mapimí. *IX Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas* (pp. 402-413). Durango: UACH-URUZA.

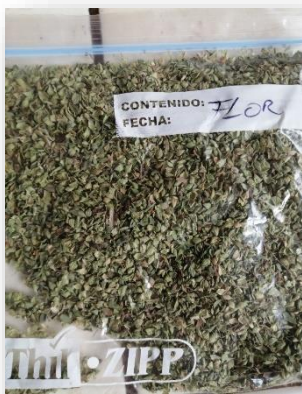
# **ANEXOS**

## ANEXO 1 PANEL FOTOGRAFICO.

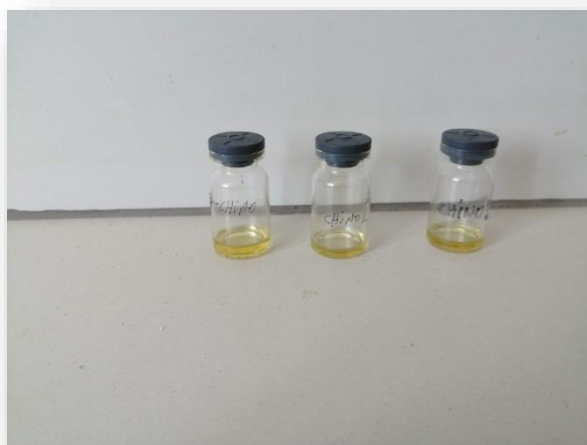
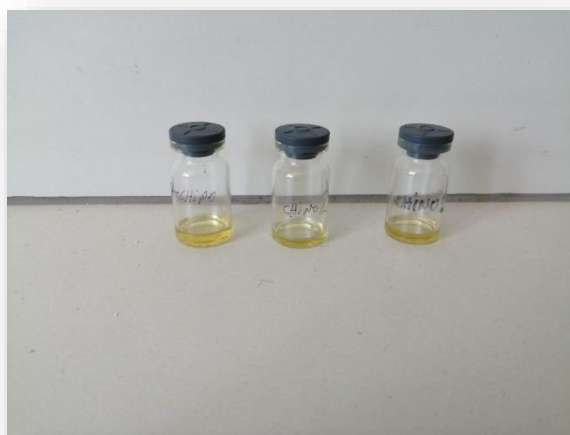
### Destilador asistido por microondas



## ANEXO 2 VARIEDAD DE OREGANO



ANEXO 3 ACEITE ESENCIAL DE OREGANO EXTRAIDO



ANEXO 4 ANÁLISIS DE VARIANZA.

**Análisis de la varianza**

Análisis estadístico mediante la prueba de ANOVA del % Rendimiento a partir de los resultados

originales de las muestras de Orégano.

Variedad	“chino”	“flor”	“orejón”					
Metodo de destilación	Volumen (mL) 1ra repetición	Volumen (mL) 2da repetición	Volumen (mL) 3ra repetición	Peso seco de las hojas (g)	Rendimiento (%) 1ra repetición	Rendimiento (%) 2da repetición	Rendimiento (%) 3ra repetición	Rendimiento promedio (%)
Hidro-Destilación asistida por Radiación de Microondas (MWHD)	1,1	0,8	0,8	50	2,20	1,60	1,60	1,80
	1	0,8	0,9	50	2,00	1,60	1,80	1,80
	1	0,9	0,8	50	2,00	1,80	1,60	1,80

Variedad	“chino”	“flor”	“orejón”					
Metodo de destilación	Volumen (mL) 1ra repetición	Volumen (mL) 2da repetición	Volumen (mL) 3ra repetición	Peso seco de las hojas (g)	Rendimiento (%) 1ra repetición	Rendimiento (%) 2da repetición	Rendimiento (%) 3ra repetición	Rendimiento promedio (%)
Arrastre de vapor	0,5	0,6	0,4	60	0,83	1,00	0,67	0,83
	0,5	0,5	0,5	60	0,83	0,83	0,83	0,83
	0,6	0,4	0,5	60	1,00	0,67	0,83	0,83

## Variedad "chino"

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,38	1	0,38	112,50	0,0004
Tratamiento	0,38	1	0,38	112,50	0,0004
Error	0,01	4	3,3E-03		
Total	0,39	5			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13088 Error: 0,0033 gl: 4**

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
A. de Vapor	0,53	3	0,03	A
MWHD	1,03	3	0,03	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
"flor"	6	0,86	0,83	12,25

## Variedad "flor"

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,17	1	0,17	25,00	0,0075
Tratamiento	0,17	1	0,17	25,00	0,0075
Error	0,03	4	0,01		
Total	0,19	5			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,18510**

*Error: 0,0067 gl: 4*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
A. de Vapor	0,50	3	0,05	A
MWHD	0,83	3	0,05	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)*

## Variedad "orejón"

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
"orejón"	6	0,94	0,92	8,88

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,20	1	0,20	60,50	0,0015
Tratamiento	0,20	1	0,20	60,50	0,0015
Error	0,01	4	3,3E-03		
Total	0,22	5			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13088

Error: 0,0033 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
A. de Vapor	0,47	3	0,03	A
MWHD	0,83	3	0,03	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)*

**Análisis estadístico mediante la prueba de ANOVA de la densidad relativa a partir de los resultados originales de las muestras de Orégano.**

Metodo	Variedad	Peso picnómetro (g)	Peso pic + aceite (g)	Peso aceite (g)	Vol aceite (mL)	Densidad aceite (g/cm <sup>3</sup> )
Arrastre de vapor	"chino"	9,698	9,7615	0,0635	0,07	0,9071
	"flor"	9,6992	9,8339	0,1347	0,15	0,898
	"orejón"	9,6964	9,8366	0,1402	0,15	0,9347

Metodo	Variedad	Peso picnómetro (g)	Peso pic + aceite (g)	Peso aceite (g)	Vol aceite (mL)	Densidad aceite (g/cm <sup>3</sup> )
radiación de Microondas (MWHD)	"chino"	9,7003	9,8345	0,1342	0,15	0,8947
	"flor"	9,7011	9,8372	0,1361	0,15	0,9073
	"orejón"	9,6962	9,7879	0,0917	0,15	0,917

**Análisis de la varianza de la densidad relativa a partir de los resultados originales de las muestras de Orégano**

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7,8E-04		2	3,9E-04	4,20	0,1348
Tratamiento	7,8E-04		2	3,9E-04	4,20	0,1348
Error	2,8E-04		3	9,2E-05		
Total	1,1E-03		5			

R<sup>2</sup>= 0,74,

R<sup>2</sup> Aj = 0,56

CV =1,06

Test de Tukey para la densidad relativa del orégano en sus tres variedades estudiadas

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
“chino”	0,90	2	0,01	A
“flor”	0,90	2	0,01	A
“orejón”	0,93	2	0,01	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

### Análisis de la varianza por método

Análisis de la Varianza de la Densidad Relativa por método aplicado a partir de la densidad relativa a partir de los resultados originales de las muestras de Orégano

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7,2E-05	1	7,2E-05	0,29	0,6164
Tratamiento	7,2E-05	1	7,2E-05	0,29	0,6164
Error	9,8E-04	4	7,5E-04		
Total	1,1E-03	5			

$R^2 = 0,07$

$R^2_{Aj} = 0,0$

CV = 1,72

Prueba de Test: Tukey de la Densidad Relativa por método aplicado

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
A. de Vapor	0,91	3	0,01	A
MWHD	0,91	3	0,01	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Datos de Solubilidad de aceite esencial al alcohol del orégano de las variedades “chino”, “flor” y “orejón” de Candarave a concentraciones alcohol 30, 50, 70 y 96 %.**

Método	Solubilidad en etanol al 70% (v/v) (mL)	Método	Solubilidad en etanol al 70% (v/v) (mL)
Arrastre de vapor	6,0	Hidrodestilación asistida por radiación de Microondas (MWHD)	1,6
	5,0		1,5
	6,0		1,5
	6,0		1,5

**Solubilidad del aceite esencial al alcohol de orégano de las variedades “chino”, “flor” y “orejón” de Candarave a concentraciones alcohol 30, 50, 70 y 96 %.**

<b>Variedad de orégano</b>	<b>Solución</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Miscible</b>
<b>“chino”</b>	Solubilidad agua	Dos fases	NO
	Solubilidad OH 30%	Dos fases	NO
	Solubilidad OH 50%	Dos fases	NO
	Solubilidad OH 70%	Turbio	Ligeramente soluble
	Solubilidad OH 96%	Límpido	Si
	N-hexano	Límpido	Si
	<b>“flor”</b>	Solubilidad agua	Dos fases
Solubilidad OH 30%		Dos fases	NO
Solubilidad OH 50%		Dos fases	NO
Solubilidad OH 70%		Turbio	Ligeramente soluble
Solubilidad OH 96%		Límpido	Si
N-hexano		Límpido	Si
<b>“orejón”</b>		Solubilidad agua	Dos fases
	Solubilidad OH 30%	Dos fases	NO
	Solubilidad OH 50%	Dos fases	NO
	Solubilidad OH 70%	Turbio	Ligeramente soluble
	Solubilidad OH 96%	Límpido	Si
	N-hexano	Límpido	Si

## ANEXO 5 FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

### ESCALA HEDONICA DE 9 PUNTOS

EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum vulgare* L.) MEDIANTE EL MÉTODO DE LA HIDRO-DESTILACIÓN ASISTIDA POR RADIACIÓN DE MICROONDAS (MWHD), DE LA PROVINCIA DE CANDARAVE DE TACNA.

Pruebe las muestras codificadas de aceite esencial de orégano que se presenta y por favor marque con una "X" en el cuadro junto a la frase que mejor describa su percepción.

Variables	Niveles	Unidades
X1: Aceite esencial	"chino"	mL
X2: Aceite esencial	"flor"	mL
X3: Aceite esencial	"orejón"	mL

### ASPECTO

ESCALA	TRATAMIENTOS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Me agrada muchísimo																
Me Agrada Mucho																
Me agrada moderadamente																
Me agrada ligeramente																
Ni me agrada ni me desagrada																
Me desagrada ligeramente																
Me desagrada Moderadamente																
Me desagrada mucho																
Me desagrada muchísimo																

### Olor

ESCALA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Me agrada muchísimo																
Me Agrada Mucho																
Me agrada moderadamente																
Me agrada ligeramente																
Ni me agrada ni me desagrada																
Me desagrada ligeramente																
Me desagrada Moderadamente																
Me desagrada mucho																
Me desagrada muchísimo																

### Sabor

ESCALA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Me agrada muchísimo																
Me Agrada Mucho																
Me agrada moderadamente																
Me agrada ligeramente																
Ni me agrada ni me desagrada																
Me desagrada ligeramente																

Me desagrada Moderadamente																	
Me desagrada mucho																	
Me desagrada muchísimo																	

**Color**

ESCALA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Me agrada muchísimo																
Me Agrada Mucho																
Me agrada moderadamente																
Me agrada ligeramente																
Ni me agrada ni me desagrada																
Me desagrada ligeramente																
Me desagrada Moderadamente																
Me desagrada mucho																
Me desagrada muchísimo																

Comentarios:

\_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Fecha:        /        /