



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



CARACTERIZACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE HUACATAY
(*Tagetes minuta L.*) OBTENIDO POR ARRASTRE DE VAPOR

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ABDIAS LIPA SOSA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios.

Por cada día de vida que me da, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y sobre todo por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido y serán mi soporte y compañía.

A mis padres.

*Por ser el pilar fundamental en todo lo que he logrado hasta el sol de hoy, en especial a mi mamá **Esperanza Lucia Sosa Castro** por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su gran amor.*

A mis familiares.

A mi abuelita Matilde.

A mis hermanos por ser el ejemplo de los cuales aprendí:

Nilton, Wilser, Yuri, Juan y Juliana.

A mi hermana Hilda y a mis sobrinas que siempre están junto a mí

Araceli Esperanza y Arely Mariel.

A mis tíos por su apoyo incondicional y a todos mis demás primas y primos.

A mis amigos.

*Con quienes nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y en especial a mi enamorada **Monica Yeny I. C.** por haberme acompañado y apoyado en todo momento de la realización de este trabajo.*

Finalmente, a los ingenieros, aquellos que marcaron cada etapa de mi camino universitario y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis.

Abdías Lipa Sosa



AGRADECIMIENTOS

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

A la Universidad Nacional Del Altiplano por el apoyo brindado en mi formación profesional, es un honor haber culminados mis estudios en tan respetable universidad. Al D.Sc. Nazario Villafuerte Prudencio, por su invaluable ayuda, su amable atención y sobre todo por la amistad que me brindo. ¡Gracias por revisar el presente trabajo, guiarme y aconsejarme en el transcurso del desarrollo de esta investigación, le estoy agradecido por acceder a ser mi director!

Agradezco a los todos docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como profesional en la Universidad Nacional del Altiplano.

A mi familia por el apoyo y la confianza que motivaron a la culminación de este trabajo de tesis.

¡Gracias a ustedes! por apoyarme y darme fuerzas.

Abdías Lipa Sosa



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 11

ABSTRACT..... 12

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 15

1.1.1. Objetivo general..... 15

1.1.2. Objetivos específicos 15

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15

1.2.1. Problema general 16

1.2.2. Problemas específicos..... 16

1.3. HIPÓTESIS GENERAL 17

1.3.1. Hipótesis específicas..... 17

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN..... 17

1.4.1. Justificación científica y/o tecnológica..... 17

1.4.2. Justificación social..... 17

1.4.3. Justificación ambiental 18



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.....	19
2.2. MARCO TEÓRICO.....	21
2.2.1. Los aceites esenciales	21
2.2.2. Composición química de los aceites esenciales.....	21
2.2.3. Huacatay (<i>Tagetes minuta</i> L.).....	24
2.2.4. Clasificación científica	26
2.2.5. Obtención de los aceites esenciales.	26
2.2.5.1. Destilación por arrastre con vapor	26
2.2.5.2. Descripción del proceso.....	28
2.2.5.3. Métodos de extracción: destilación con arrastre de vapor.	30
2.2.6. Control de calidad de los aceites esenciales	31
2.2.7. Farmacología	32
2.2.8. Propiedades medicinales y uso tradicional	33
2.2.9. Determinación del rendimiento de aceite esencial	33

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.2. LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.3. LOCALIZACIÓN DE PROCEDENCIA DEL MATERIAL EXPERIMENTAL.....	35
3.4. MATERIALES Y EQUIPOS	36
3.4.1. Material experimental	36
3.4.2. Material de vidrio y otros.....	36



3.4.3. Equipo de laboratorio.....	36
3.5. EQUIPOS	37
3.5.1. Equipo experimental: Equipo de extracción de aceites esenciales.	37
3.5.2. Equipo de secado	37
3.5.3. Equipo de análisis	37
3.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS	38
3.6.1. Diseño experimental propuesto	38
3.6.2. Optimización de variables	40
3.7. TRATAMIENTO DE LA MUESTRA	40
3.7.1. Recolección de la muestra.	40
3.7.1.1. Verificación taxonómica.	40
3.7.2. Proceso de selección.	40
3.7.3. Proceso de secado.	41
3.7.4. Proceso de pesado.	41
3.7.5. Extracción del aceite esencial.	41
3.7.5.1. Condensación.	41
3.7.6. Separación.	41
3.7.7. Envasado del aceite esencial.	41
3.7.8. Análisis cromatográfico del aceite esencial.	42
3.8. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.	42

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES	43
4.1.1. Resultado de las pruebas experimentales de extracción del aceite esencial	43



4.1.2. Resultado del rendimiento de extracción obtenido del AE.....	43
4.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO QUÍMICO EN EL ACEITE ESENCIAL DE HUACATAY (<i>Tagetes minuta</i> L.).....	44
4.1.1. Resultados de las pruebas fisicoquímicas.....	46
4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL CON STATGRAPHICS CENTURION XVI.....	47
4.3.1. Análisis de varianza para eficiencia de extracción.....	47
4.3.2. Coef. de regresión para eficiencia de extracción.....	48
4.3.3. Resultados estimados para eficiencia de extracción.....	49
4.3.4. Optimizar respuesta.....	50
4.3.5. Diagrama de Pareto estandarizada para eficiencia de extracción.....	50
4.3.6. Gráfica de efectos principales para eficiencia de extracción.....	51
V. CONCLUSIONES.....	52
VI. RECOMENDACIONES.....	53
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXOS.....	59

ÁREA: Tecnología ambiental.

LÍNEA: Tecnologías Ambientales y Recursos Naturales.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 22 de julio de 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Huacatay (<i>Tagetes minuta L.</i>)	24
Figura 2. Equipo para la destilación por arrastre con vapor (DAV).	28
Figura 3. Esquema básico del proceso.	29
Figura 4. Ubicación geográfica de la Universidad Nacional del Altiplano.....	35
Figura 5. Ubicación geográfica del lugar de procedencia de la muestra.....	36
Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de extracción y análisis del AE.	42
Figura 7. Diagrama de Pareto estandarizada para eficiencia de extracción	50
Figura 8. Gráfica de efectos principales para eficiencia de extracción	51



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Composición química de los aceites esenciales.....	22
Tabla 2.	Las industrias usuarias de productos aromáticos naturales y AE.	23
Tabla 3.	Los parámetros utilizados para el control de calidad de aceites esenciales. 23	
Tabla 4.	Composición química del huacatay (<i>Tagetes minuta L.</i>).....	25
Tabla 5.	Parámetros analíticos usados en el control de calidad de los AEs.....	32
Tabla 6.	Diseño experimental 2 ² para el huacatay.....	38
Tabla 7.	Variable respuesta eficiencia de extracción para el huacatay.....	39
Tabla 8.	Diseño factorial 2 ² lineal para el huacatay.....	40
Tabla 9.	Resultado de las pruebas experimentales de extracción del aceite esencial.43	
Tabla 10.	Resultados de rendimiento (%) de AE en la especie <i>Tagetes minuta L.</i>	44
Tabla 11.	Resultados en orden de mayor contenido relativo (%).	45
Tabla 12.	Caracterización organoléptica del aceite de huacatay (<i>Tagetes minuta L.</i>). 46	
Tabla 13.	Análisis de varianza para eficiencia de extracción.	47
Tabla 14.	Coefficiente de regresión para eficiencia de extracción.....	48
Tabla 15.	Resultados estimados para eficiencia de extracción.	49
Tabla 16.	Optimizar respuesta.	50



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

Sigla	Denominación
AE	Aceite esencial.
AA	Actividad antioxidante.
Coef.	Coeficiente.
DAV	Destilación por arrastre con vapor.
SI	Sistema internacional.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
X ₁	Tiempo (h).
X ₂	Cantidad de masa (g).
Y	Coeficiente de Extracción (%).
C _A	Concentración (g/ml).
h	Hora.
t	Tiempo.
T	Temperatura.



RESUMEN

Este trabajo de investigación evalúa el rendimiento de extracción del aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta L.*), habiéndose realizado la parte experimental en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, el objetivo general fue: Evaluar el rendimiento de la extracción del aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta L.*) y su caracterización química mediante cromatografía de gases, el proceso de extracción del aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta L.*) se realizó por el método de arrastre de vapor de agua, se seleccionó y fue sometido a un proceso de secado controlado con el fin de prevenir la descomposición de la muestra experimental, los parámetros que se tuvieron en cuenta fueron la cantidad de masa de huacatay y el tiempo de extracción, para este trabajo se utilizó 18 kg de muestra total de la especie *Tagetes minuta L.*, obteniéndose un total de 40 ml de aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta L.*), con un tiempo total de extracción de 18 horas, a una temperatura de extracción de 89,5 °C dentro del extractor, la composición química del aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta L.*) se determinó por cromatografía de gases encontrándose 3,9-Epoxy-p-mentha-1,8(10)-diene (46,41%), trans-Tagetone (25,58%), en mayor cantidad de un total de 45 componentes, habiendo obtenido rendimientos entre 0,1524% - 0,2870% siendo estos los valores mínimo y máximo respectivamente, la parte estadística se trabajó con el software Statgraphics con un diseño de 2x2. Se concluye que en este estudio se demostró las propiedades químicas del aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta L.*) que se determinó por cromatografía de gases con un rendimiento máximo de 0,2870%.

Palabras Clave: Aceite esencial, Arrastre de vapor, Cromatografía de gases, Eficiencia de extracción, Huacatay.



ABSTRACT

This research evaluates the huacatay essential oil (*Tagetes minuta L.*) extraction performance, having carried out the experimental part in the Operations and Unitary Processes Laboratory of the Chemical Engineering Faculty of the Altiplano National University - Puno, The general objective was: To evaluate the extraction of the huacatay essential oil (*Tagetes minuta L.*) yield and its chemical characterization by gas chromatography, the extraction process of the huacatay essential oil (*Tagetes minuta L.*) was carried out by water vapor dragging method, was selected and subjected to a controlled drying process in order to prevent the experimental sample decomposition, the parameters that were taken into account were the huacatay mass amount and the extraction time, for this research, 18 kg total sample of the species *Tagetes minuta L.* was used, obtaining a total of 40 ml huacatay essential oil (*Tagetes minuta L.*), with a total extraction time of 18 hours, at an extraction temperature of 89,5 °C inside the extractor, the chemical composition of huacatay essential oil (*Tagetes minuta L.*) was determined by gas chromatography, finding 3,9-Epoxy-p-mentha-1,8(10)-diene (46,41%), trans-Tagetone (25,58%), in greater quantity of a total of 45 components, having obtained yields between 0,1524% - 0,2870% being these the minimum and maximum values respectively, the statistical part was worked with the Statgraphics software with a 2x2 design. It is concluded that this research demonstrated the chemical properties of huacatay essential oil (*Tagetes minuta L.*), which was determined by gas chromatography with a maximum yield of 0,2870%.

Keywords: Essential oil, vapor dragging, gas chromatography, extraction efficiency, huacatay.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, se ha visto incrementado la demanda de alimentos naturales que no contengan productos químicos, lo que hace indispensable la búsqueda de compuestos alternativos y nuevas tecnologías que no contaminen ni sean dañinos para la salud, es por ello que la sustitución de químicos por sustancias naturales es una gran alternativa, los aceites esenciales y su uso han sido revisado por diferentes autores durante varios años. (Guerra et al., 2014). Durante siglos se han empleado en cosmética, perfumería y medicina, en algunas civilizaciones antiguas incluso formaban parte de la tradición y cultura, y se usaban en rituales y celebraciones religiosas (Casado, 2018).

Perú es uno de los 12 países con amplia diversidad biológica, con aproximadamente 10% de la flora mundial, estimada en 25000 especies; 30% de ellas son endémicas (Castro-Alayo et al., 2019). El huacatay también se puede usar como insecticida y se sabe que tiene propiedades medicinales como propiedades digestivas, antihelmínticas y antiaborto, la infusión de las hojas para aliviar el dolor de estómago y decocción de flores y hojas frescas para tratar resfriados y bronquitis (INDECOPI, 2019). El huacatay (*Tagetes minuta* L.) es una planta aromática con amplio espectro de actividad biológica, con propiedades medicinales, antioxidantes y antimicrobianas (Castro-Alayo et al., 2019).

Debido a la gran riqueza y variedad de plantas aromáticas silvestres cultivadas, la mejora y el desarrollo de técnicas de extracción de aceites esenciales en esta industria es de particular interés para científicos, agricultores y sindicatos agrícolas (Montoya, 2010). Este auge y aumento de la demanda en el mercado de los aceites esenciales ha llevado a que la investigación ahora se dirija a optimizar y controlar el proceso de obtención, están



surgiendo nuevos métodos de extracción para aumentar la producción con el menor consumo de energía y costos operativos posibles (Casado, 2018).

Los aceites esenciales son compuestos naturales, líquidos volátiles, de composición compleja con agradable aroma, que provienen de plantas a las que aportan olores particulares, generalmente gratos, y que son extraídos mediante múltiples técnicas de las cuales la más común es la destilación (Montoya, 2010).

La investigación básica en la extracción, caracterización y refinación de diversas especies nativas y sus aceites esenciales traerá mayores beneficios a la industria alimentaria local y/o nacional, acceso a nuevos mercados y más oportunidades de innovación tecnológica, posibilita el acceso a la productividad, mejora las capacidades de negociación, fortaleciendo la independencia económica, desarrollando nuevas habilidades, logrando mayores ingresos y mejores condiciones de trabajo, también permite el crecimiento económico y la promoción de la competitividad regional, todo ello mejora el rendimiento en mercados cada vez más exigentes y competitivos (Hernández, 2021). El lugar geográfico podría afectar significativamente las propiedades físicas, químicas y actividad antioxidante (AA) de los aceites esenciales (Castro-Alayo et al., 2019).

Por lo citado anteriormente, el presente trabajo de investigación tiene como objetivos: Evaluar el rendimiento de la extracción del aceite esencial de huacatay su caracterización química mediante cromatografía de gases del aceite esencial extraído por arrastre de vapor.

Este trabajo de investigación se divide en los siguientes capítulos. Capítulo I. Se da a conocer un abordaje del problema, que se relaciona con el comercio orgánico global más amplio y los bajos intereses culturales, sociales, económicos y su justificación, objetivo de la investigación e hipótesis, Capítulo II. Se presentan teorías centrales y de



referencia sobre métodos de recolección, propiedades medicinales y conceptos específicos, Capítulo III. Abordaremos las metodologías, el método y herramientas que permitieron la recolección de la información y finalmente los resultados y discusiones en el Capítulo IV. Centrándose en los resultados del estudio que aplican diversas herramientas de tablas estadísticas, prueba de hipótesis y culmina en conclusiones, recomendaciones, referencias y apéndices mencionados.

1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1. Objetivo general

- Evaluar el rendimiento de la extracción del aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta L.*), su caracterización química mediante cromatografía de gases del aceite esencial extraído por arrastre de vapor.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento de extracción del aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta L.*) por método de arrastre de vapor.
- Determinar las características químicas del aceite esencial de huacatay (*Tagetes Minuta L.*) por método cromatográfico.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe un mercado potencial para valorar y utilizar aceites esenciales naturales de origen vegetal como insumo para agregar valor a nuestros productos, prueba de ello es la tendencia de crecimiento que ha experimentado el comercio orgánico en el Perú, que alcanzó ventas por aproximadamente 460 millones de dólares en 2015, gracias a la exportación de productos basados en la biodiversidad. (Silva, 2017).

En el Perú, diversas instituciones han prestado atención a la elaboración de productos naturales con variadas orientaciones respecto a las materias primas, usos y



localización de las plantas industriales dentro de los cuales se encuentran los aceites esenciales (Illa, 2019).

En esta región, la producción de aceites esenciales tiene características mínimas y es difícil cumplir con requisitos de calidad específicos, valorar los recursos de la biodiversidad requiere múltiples enfoques culturales, sociales, ambientales, económicos y estrategias de investigación que incluyan la transversalidad, además de establecer una cadena de valor para lograr el uso sostenible de las plantas aromáticas como recurso para la biodiversidad natural mediante la búsqueda de un análisis interdisciplinario a cierto nivel como los aceites esenciales, la producción de aceites esenciales representa una gran oportunidad de bionegocio de valor agregado para los agricultores de la sierra andina y sus regiones (Hernández, 2021).

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es el rendimiento obtenido y la caracterización química por cromatografía de gases del aceite esencial de Huacatay (*Tagetes minuta L.*) obtenido por arrastre de vapor?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será el rendimiento de la obtención del aceite esencial de Huacatay (*Tagetes minuta L.*) mediante la metodología de extracción por arrastre de vapor?
- ¿Cuáles serán las propiedades químicas por método cromatográfico de gases del aceite esencial de Huacatay (*Tagetes minuta L.*)?



1.3. HIPÓTESIS GENERAL

- El rendimiento del aceite esencial de Huacatay (*Tagetes minuta L.*) está en función del tiempo y la cantidad de masa de huacatay (*Tagetes minuta L.*)

1.3.1. Hipótesis específicas

- El rendimiento del aceite esencial de huacatay (*Tagetes Minuta L.*), fluctúa entre 0,10 a 0,60%. y las características químicas se determinaron por el método de cromatografía de gases.
- La composición química del aceite esencial de huacatay es: 3,9-Epoxy-p-mentha-1,8(10)-diene (46,41%), trans-Tagetone (25,58%), 2-Methoxy-2-methylbut-3-ene (12,00%), en mayor cantidad de un total de 45 componentes.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Justificación científica y/o tecnológica

Los aceites esenciales son compuestos naturales, líquidos volátiles, de composición compleja con agradable aroma, que provienen de plantas a las que aportan olores particulares generalmente gratos y que son extraídos mediante múltiples técnicas de las cuales la más común es la destilación (Montoya, 2010). Este trabajo de investigación pretende dar un mayor valor agregado al aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta L.*), con el fin de lograr mayores beneficios a la industria alimentaria, tanto regional y/o nacional con estudios básicos de extracción, caracterización y purificación de las diversas especies nativas y sus aceites esenciales.

1.4.2. Justificación social

El huacatay puede ser usado como plaguicida y se le atribuyen propiedades medicinales como digestivo, carminativo y antiabortivo, la infusión de sus hojas se usa para aliviar los dolores gástricos y la decocción de sus flores y hojas frescas para aliviar



los catarrros y bronquitis (INDECOPI, 2019). El huacatay (*Tagetes minuta L.*) es una planta aromática con amplio espectro de actividad biológica, con propiedades medicinales, antioxidantes y antimicrobianas (Castro-Alayo et al., 2019). Con el desarrollo de la industria de aceites esenciales en el país, se aprovechan las zonas forestales responsablemente, manteniendo el medio ambiente y se generarían más puestos de trabajo a las personas que se dedican a esta actividad.

1.4.3. Justificación ambiental

Cuando se trata de impactos ambientales, el análisis de las emisiones a la atmósfera revela que las emisiones de los generadores de vapor y las torres de enfriamiento son amigables con el medio ambiente, por lo que los beneficios del método de extracción por arrastre de vapor son fundamentales, el efluente de la extracción suele ser agua y se drena directamente a la red de alcantarillado.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Castro Alayo et al. (2019) concluyen que entre los componentes volátiles más abundantes se identificó 1-adamantanol (44,42%) en huacatay y concluye que el lugar geográfico afecta significativamente las propiedades fisicoquímicas de los AE.

Mendoza & Ricardo (2019) informan que se determinaron las características fisicoquímicas del aceite esencial de Huacatay (*Tagetes minuta L.*) siendo el rendimiento 0,57%, el aceite fue de color amarillo, olor sui géneris, sabor astringente y textura oleosa.

Condori (2019) concluye que el porcentaje de rendimiento del aceite esencial (*Coriandrum sativum*) fue 0,07625% extraído de 4,0 kg de la planta de cilantro a un caudal de agua 150 L/h y a un tiempo de 120 minutos obteniendo 1,1 ml de aceite esencial de cilantro (*Coriandrum sativum*) siendo estos los valores óptimos.

Puma (2019) informó que la caracterización fisicoquímica del aceite esencial de *Chenopodium Ambrosioides* (Paico), extraídos por arrastre de vapor saturado determino los siguientes resultados densidad (0,930 g/mL a 17,3 °C) y con componentes mayoritarios obtenidos por análisis de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas son Bornileno (45,45%), m-cimeno (19,23%), y δ -carene (15,17%).

Araujo (2018) concluye que los valores óptimos para lograr una buena extracción son: Temperatura 87,5 °C; con un tiempo de 60 minutos y una cantidad de 2000 g (peso). Se obtuvo 2,73 g de aceite esencial de 2000 g de hojas de albahaca durante el proceso de extracción por arrastre de vapor de agua con un rendimiento de (0,1622% -0,1527%) siendo estos sus valores más altos.



Baca (2018) informa que la composición química del aceite esencial se determinó mediante dos ensayos de cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas, mediante el ensayo Headspace Sampling, se determinó 49 componentes volátiles, que contiene el aceite esencial de huacatay, encontrándose como componentes principales a 1-Adamantanol (44,42%), pentanoic acid, 2-propenyl ester (24,74%) y trans-.beta.-Ocimene (9,47%).

Culqui (2018) concluyó que el aceite esencial de huacatay, puede prolongar la vida útil de carne de cuy empacada al vacío hasta por 14 días en almacenamiento refrigerado en dosis de 0,35 mientas que con las demás dosis utilizadas el tiempo de vida útil fue menor.

Según Morocco (2017) determinó las características fisicoquímicas del aceite esencial de Matico cuyos valores son densidad de 0,9278 g/mL a 20 °C, pH de 5,15, los componentes aromáticos mayoritarios como Asarone, 1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8-, y Bicyclo (7.2.0) undec-4-ene, 4, 11, 11-trimethyl-.

Orellana (2017) evaluó el rendimiento de aceite esencial, que fue de 0.142 % para el caso de hojas y 0.209 % para el caso de tallos con hojas, en la caracterización cromatografía realizada al aceite esencial de hierbabuena se identificaron 57 componentes volátiles, siendo los componentes mayoritarios para ambos casos el D-Limoneno, alpha-pineno y Bicyclo (3.1.1) heptane, 6,6-dimethyl-2methylene-(1S).

Quispe (2017) informa que las propiedades físicas del aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus* s.p.) obtuvo un 63,96% en contenido mayoritario de eucalyptol con 0,6103 % de rendimiento de extracción.

Tuyo (2015) nos da a conocer que se encontró en forma cuantitativa la presencia de monoterpenos hidrocarbonados: β -pineno en un 1,54 % y limoneno en 3,47 % y



monoterpenos oxigenados: tagetone o 2-methyl-octanol en un 1,37 %, Bicyclo (3.1.1) hept-3-en-2-ine, 4,6 en un 5,31 %.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Los aceites esenciales

“Los aceites esenciales se definen como mezclas de componentes volátiles, productos del metabolismo secundario de las plantas, cuya composición entra una porción de hidrocarburos de la serie polimetilénica del grupo de los terpenos se caracterizan por su fórmula $(C_5H_8)_n$, denominándose mono terpenos, $n=2$; sesquiterpenos, $n=3$; di terpenos, $n=4$; etc. Junto con otros compuestos casi siempre oxigenados (alcoholes, éteres, ésteres, aldehídos y compuestos fenólicos) que son los que le dan el aroma que las caracteriza. Son líquidos aromáticos y volátiles obtenidos de plantas incluyendo flores, raíces, hojas, semillas, piel, frutos y la planta entera, se han descrito casi 3000 aceites esenciales diferentes. De ellos, unos 300 se utilizan comercialmente en el aromatizante y mercado de fragancias. En su mayoría son de olor agradable, aunque existen algunos de olor relativamente desagradable como por ejemplo los de ajo y la cebolla, los cuales contienen compuestos azufrados” (Baca, 2018).

2.2.2. Composición química de los aceites esenciales

La composición química de los aceites esenciales es muy compleja y los metabolitos secundarios volátiles se pueden clasificar en función de los grupos funcionales contenidos en la molécula, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición química de los aceites esenciales.

<i>GRUPO</i>	<i>NATURALEZA</i>	<i>EJEMPLO</i>
HIDROCARBUROS	Terpénicos	Limoneno, α -Terpineno
	Aromáticos	Cumeno, ρ -Cimeno
	Sesquiterpénicos	trans- β -Cariofileno
ALDEHÍDOS	Monoterpénicos	Citral
	Alifáticos	Nonanal, Octadenal
	Aromáticos	Cinamaldehido
ALCOHOLES	Monoterpénicos	Geraniol, Citronelol
	Alifáticos	3-Decanol
	Sesquiterpénicos	Espatuleno, Cedrol
FENOLES	Aromáticos	Alcohol bencílico
	Aromáticos	Timol, carvacrol

Fuente: (Bermudo, 2019)

La planta de huacatay contiene un aceite esencial que está constituido por monoterpenos como: β -pineno, limoneno, 2-fenilpropil butirato, 1-Deceno, Undecano, 1-Dodeceno, 2-Undecenal (Aldehído), La composición de los aceites esenciales de Huacatay varía mucho dependiendo de varios factores como: la parte de la planta a cosechar, el estado de desarrollo de la planta al momento de la cosecha y el origen geográfico, en el Mediterráneo de la India se distingue principalmente un tipo de aceite esencial de Huacatay que tiene un alto contenido de β -ocimeno y un bajo contenido de limoneno (INDECOPI, 2019).

Tabla 2. Las industrias usuarias de productos aromáticos naturales y AE.

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

Fuente: (Bermudo, 2019)

Tabla 3. Los parámetros utilizados para el control de calidad de aceites esenciales.

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

Fuente: (Bermudo, 2019)

2.2.3. Huacatay (*Tagetes minuta* L.)

Conocida comúnmente como Huacatay en Perú, *Tagetes minuta* L. es una hierba anual erguida que puede crecer hasta 50 cm de altura, tiene hojas dentadas en forma de lanza y un olor fuerte, se cultiva en la costa del Perú, Sierra y Amazonía, se utiliza como especia e ingrediente esencial en la preparación de muchos platos peruanos, las hojas también se utilizan para extraer los aceites esenciales utilizados en perfumes (INDECOPI, 2019).

Al huacatay también se le puede encontrar con otros nombres, como: epazote, hierba hedionda, hierba sagrada, menta negra y aymará wacataya, su aroma es muy penetrante y es una mezcla de menta, albahaca, limón y estragón, la causa del olor es un pequeño punto naranja en el borde de la hoja donde se concentran los aceites esenciales (INDECOPI, 2019).



Figura 1. Huacatay (*Tagetes minuta* L.)

Fuente: (INDECOPI, 2019)

Tagetes Minuta L. es una hierba anual erguida que alcanza de 1 a 2 metros, las hojas son de color verde claro y pinnadas con 4 a 6 pares de pinna, los bordes de las hojas están finamente aserrados, debajo de las hojas hay varias pequeñas glándulas multicelulares de color naranja punteado que emiten un olor a regaliz cuando se abren, también se encuentran glándulas en los tallos y brácteas involucradas, cuatro o cinco brácteas fusionadas rodean cada cabeza, por lo general, hay de 3 a 5 flores liguladas de color amarillo anaranjado y de 10 a 15 flores de disco amarillo anaranjado por cabeza (INDECOPI, 2019).

Tabla 4. Composición química del huacatay (*Tagetes minuta L.*)

<i>COMPONENTES</i>	<i>CANTIDAD</i>
Agua (g)	83,4
Proteína (g)	5
Grasa (g)	0,8
CHO (g)	8
Fibra (g)	2,3
Ceniza (g)	2
Calcio (mg)	412
Fósforo (mg)	79
Hierro (mg)	8,7
Niacina (mg)	1,47
Ácido ascórbico Reducido (mg)	17,1

Fuente: (Flores, 2019)

De la Tabla 4, se puede apreciar la composición química de huacatay, en ella se puede observar el alto contenido de Calcio, así como fosforo, hierro y ácido ascórbico reducido.



2.2.4. Clasificación científica

Gracias a los estudios taxonómicos las plantas han sido clasificadas, dando lugar al nombre científico basado en el género y la especie, definido por sus características más relevantes; este nombre científico es tomado de la lengua latina y su empleo ha sido generalizado a nivel mundial, de esta manera se ha visto favorecido el avance de la ciencia en cuanto al conocimiento de las plantas en beneficio de la humanidad (Tuyo, 2015).

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Asteridae
Orden: Asterales
Familia: Asteraceae
Género: Tagetes
Especie: *Tagetes minuta* L.

2.2.5. Obtención de los aceites esenciales.

Existen varias formas de extraer los aceites esenciales, y su uso depende en gran medida del tipo de material vegetal que se extraiga. Por lo tanto, la destilación es uno de los métodos tradicionales de extracción y refinación de aceites esenciales.

2.2.5.1. Destilación por arrastre con vapor

Es el proceso de separación de sustancias orgánicas volátiles que no son miscibles en agua de las sustancias no volátiles contenidas en la mezcla, en este caso, se agrega agua a la mezcla orgánica destilada en forma de vapor saturado, su base física es la ley de Dalton, donde cuando dos o más gases que no reaccionan entre sí se mezclan a

temperatura constante, cada gas ejerce la misma presión que si estuviera solo, y la suma de cada presión es la presión total del sistema cuya fórmula es (García, 2018):

$$P_T = P_1 + P_2 + \dots + P_n \quad \text{Ec. 1}$$

Al destilar una mezcla de dos líquidos inmiscibles, su punto de ebullición será la temperatura a la cual la suma de las presiones de vapor es igual a la atmosférica. Esta temperatura será inferior al punto de ebullición del componente más volátil. Si uno de los líquidos es agua, como es el caso de la DAV, y si se trabaja a la presión atmosférica, se podrá separar un componente de mayor punto de ebullición que el agua a una temperatura inferior a 100 °C. Esto es muy importante cuando el compuesto se descompone a su temperatura de ebullición o cerca de ella (García, 2018).

Este método se realiza inyectando el vapor producido por el agua hirviendo, llamado vapor estancado, este vapor ingresa a la fuente que contiene la muestra a alta presión, dándole calor latente y evaporación, aquí es donde el vapor destruye las células de la planta o los canales de aceite, forma una mezcla volátil inmiscible, lo que equivale a condensarse al entrar por un refrigerante para formar dos fases de agua en el aceite esencial para su posterior purificación. Este método se utiliza para extraer aceite de rizomas, raíces, semillas y hojas secas y/o fermentadas (Baca, 2018).

El equipo necesario para realizar un DAV consiste en un generador de vapor (caldera, matraz y fuente de calor), recipientes en los que se coloca la masa vegetal (frascos, cubos de destilación); cuello de cisne para conectar al condensador; y finalmente, una copa florentina de la que se recoge el producto deseado y se separa de la fase acuosa por decantación, en la figura 2 muestra un diagrama de este instrumento a escala de laboratorio (García, 2018).

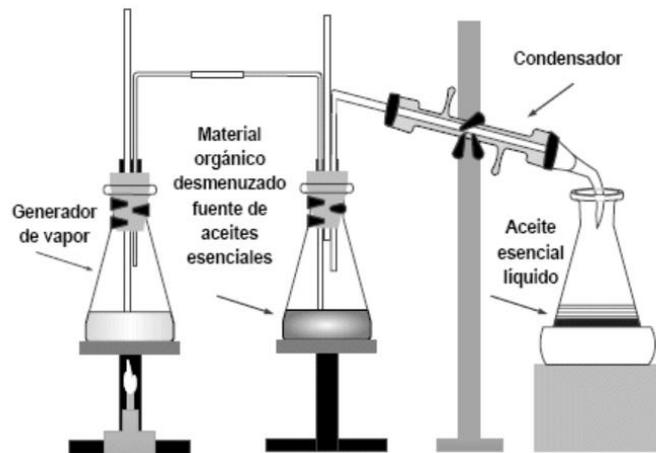


Figura 2. Equipo para la destilación por arrastre con vapor (DAV).

Fuente: (García, 2018)

Buen rendimiento y limpieza debido a la sencillez de este equipo, los aceites obtenidos de esta manera es la opción preferida para la producción de aceites esenciales.

2.2.5.2.Descripción del proceso.

“De manera general, se describe de la siguiente manera: La materia prima vegetal es cargada en un hidrodestilador, de manera que forme un lecho fijo compactado. Su estado puede ser molido, cortado, entero o la combinación de éstos. El vapor de agua es inyectado mediante un distribuidor interno, próximo a su base y con la presión suficiente para vencer la resistencia hidráulica del lecho. La generación del vapor puede ser local (hervidor), remota (caldera) o interna (base del recipiente). Conforme el vapor entra en contacto con el lecho, la materia prima se calienta y va liberando el aceite esencial contenido y éste, a su vez, debido a su alta volatilidad se va evaporando. Al ser soluble en el vapor circundante, es “arrastrado”, corriente arriba hacia el tope del hidrodestilador. La mezcla, vapor saturado y aceite esencial, fluye hacia un condensador, mediante un “cuello de cisne” o prolongación curvada del conducto de salida del hidrodestilador. En el condensador, la mezcla es condensada y enfriada, hasta la temperatura ambiental. A la salida del condensador, se obtiene una emulsión líquida inestable. La cual, es separada en

un decantador dinámico o florentino. Este equipo está lleno de agua fría al inicio de la operación y el aceite esencial se va acumulando, debido a su casi inmiscibilidad en el agua y a la diferencia de densidad y viscosidad con el agua. Posee un ramal lateral, por el cual, el agua es desplazada para favorecer la acumulación del aceite. El vapor condensado acompañante del aceite esencial y que también se obtiene en el florentino, es llamado (agua floral). Posee una pequeña concentración de los compuestos químicos solubles del aceite esencial, lo cual le otorga un ligero aroma, semejante al aceite obtenido. Si un hervidor es usado para suministrar el vapor saturado, el agua floral puede ser reciclada continuamente. De otro modo, es almacenada como un sub-producto. El proceso termina, cuando el volumen del aceite esencial acumulado en el florentino no varíe con el tiempo. A continuación, el aceite es retirado del florentino y almacenado en un recipiente y en lugar apropiado. El hidrodestilador es evacuado y llenado con la siguiente carga de materia prima vegetal, para iniciar una nueva operación” (Cerpa, 2007).

Dependiendo de la forma del contenedor, se puede usar una rejilla para separar la carga de material del divisor, o se puede usar una canasta para cargar y descargar cargas más rápido al final del proceso (Cerpa, 2007).

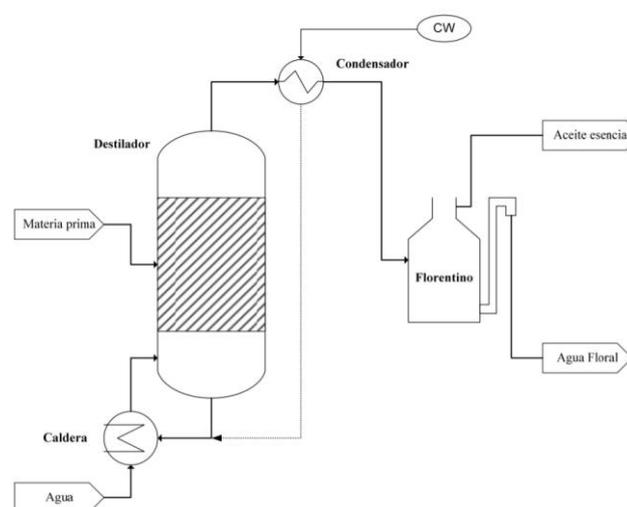


Figura 3. Esquema básico del proceso.

Fuente: (Cerpa, 2007)

La Fig. 3 proporciona un esquema del proceso, con un hidrodestilador es cargado por lotes y operando en modo semi continuo, los condensadores normalmente funcionan en modo continuo con un suministro de refrigerante a contracorriente. El generador de vapor se alimenta con agua dulce y agua de floral cuando hay recirculación (Cerpa, 2007).

2.2.5.3. Métodos de extracción: destilación con arrastre de vapor.

“Históricamente se distinguen tres tipos de destilación: hidrodestilación o destilación con agua, destilación con agua y vapor y destilación en corriente de vapor, son iguales desde el punto de vista puramente teórico, sin embargo, existen ciertas variaciones en la práctica y en los resultados obtenidos, debido a algunas reacciones que ocurren durante la destilación.

Las principales diferencias entre los tres tipos son la disposición de la materia prima vegetal y el lugar de producción del vapor de agua:

- **Hidrodestilación:** El material vegetal a destilar se halla sumergido en el agua. La generación de vapor se produce dentro del propio recipiente de destilación.
- **Destilación con agua y vapor:** El vapor se genera en el mismo recipiente donde se introduce la materia prima y el agua, pero estas no están en contacto directo. El producto a destilar se dispone en rejillas o placas perforadas y la parte inferior del recipiente se llena de agua hasta un nivel por debajo de dichas rejillas.
- **Destilación en corriente de vapor:** La materia prima y el agua no se encuentran en contacto. El vapor usado para la destilación se genera externamente y se inyecta por la parte inferior del recipiente de destilación en el que se encuentra la materia vegetal.

De los tres tipos, la destilación en corriente de vapor es el método convencional más usado en la actualidad a nivel industrial debido a la sencillez del proceso y los buenos

resultados que proporciona en cuanto a cantidad, calidad y pureza de los aceites esenciales. Es por estas características que en presente trabajo se lleva a cabo este método a escala de laboratorio para estudiar y optimizar su funcionamiento, y así poder obtener los aceites esenciales de diferentes materias primas” (Casado, 2018).

2.2.6. Control de calidad de los aceites esenciales

Debido a la gran variabilidad que presentan los AE en su composición química y su prominente aplicación en las industrias alimenticia y farmacéutica, resulta imprescindible determinar sus constituyentes con la mayor exactitud posible, cualitativa y cuantitativamente. Con este fin, el uso de técnicas analíticas es indispensable. En la tabla 5 se presentan los parámetros analíticos que son más ampliamente usados en la actualidad (García, 2018).

2.2.6.1. Densidad

“La densidad se define como la cantidad de masa de una sustancia que hay en una unidad de volumen, y se expresa matemáticamente como:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ec. 2}$$

En donde ρ denota a la densidad, m es la masa y V es el volumen. En el Sistema Internacional de Unidades (SI), la densidad tiene unidades de kilogramos por cada metro cúbico (Kg/m^3). La ASTM (por sus siglas en inglés, American Society for Testing and Materials) ha publicado los métodos estándar para medir la densidad de una sustancia, la cual se obtiene con recipientes que miden volúmenes con gran precisión, llamados picnómetros. En ellos se prescribe cómo manipular, llenar, controlar la temperatura y leer el resultado. También exigen que se determine la masa precisa de la sustancia, con tolerancia de 0.1 miligramo” (García, 2018)

Tabla 5. Parámetros analíticos usados en el control de calidad de los AEs.

Categoría	Parámetro
Características organolépticas	Olor
	Color
	Apariencia
Determinaciones físicas	Densidad
	Índice de refracción
	Poder rotatorio
	Miscibilidad en etanol
	Punto de congelación
	Punto de inflamación
Índices químicos	Índice de acidez
	Índice de saponificación
Características cromatografías	Perfil cromatográfico (CG)
	Cuantificación de los componentes principales
Características espectroscópicas	UV-Vis
	Infrarrojo
	RMN
	MS
Actividad biológica	Actividad antimicrobial
	Actividad antioxidante

Fuente: (García, 2018)

2.2.7. Farmacología

El extracto etanólico de las hojas del huacatay (*Tagetes minuta L.*) presentó efecto antimicrobiano in vitro sensible en cepas de *Pseudomona aeruginosa*, ya que al momento de compararlo con la gentamicina formó un halo al igual que el fármaco, pero de menor proporción. (Montellanos, 2019)



2.2.8. Propiedades medicinales y uso tradicional

Es un excelente digestivo y antiparasitario, tiene probada actividad antibacteriana, anti fúngica, insecticida, acaricida y antioxidante. Los estudios han demostrado que es eficaz para matar los mosquitos *Aedes aegypti*, el dengue y la fiebre amarilla, y las moscas de la fruta (Montellanos, 2019).

2.2.9. Determinación del rendimiento de aceite esencial

Para determinar el rendimiento del aceite esencial, se tomó como referencia, el peso (g) de aceite esencial extraído sobre la cantidad del material vegetal (g), con ayuda de una balanza analítica.

(Granados Conde et al., 2012) rendimiento de la extracción se obtendrá por el medio de la ecuación:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{P_p}{P_m} * 100$$

Donde : P_p = peso del producto (g); P_m = Peso de la muestra experimental (g).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El presente estudio de investigación fue del tipo experimental y estadístico, para el análisis de este trabajo de investigación se planteó un proyecto factorial 2^k , donde $k = 2$, que son las variables independientes, tiempo de extracción (1 y 2 horas) y cantidad de masa (1 y 2 kilogramos)

La correlación de las variables seleccionadas para crear el modelo matemático se realiza utilizando STATGRAPHICS Centurion XVI - Versión 16.1.03 (32 bits), que nos brinda variables adecuadas para el modelo matemático.

El contenido de 3,9-Epoxy-p-mentha-1,8(10)-diene y trans-Tagetone, como componentes mayoritarios del aceite esencial se determinó mediante análisis de laboratorio por cromatógrafo de gases acoplada a espectrometría de masas siguiendo los procedimientos establecidos por las normas técnicas peruanas.

3.2. LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo del estudio de investigación se realizó en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios (LOPU) de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano de la ciudad de Puno.

Ubicación geográfica:

Provincia: Puno; Departamento: Puno; Dirección: Av. Sesquicentenario N° 1150 – Puno

Coordenadas UTM (WGS-84) zona 19L

Este: 390998 m

Norte: 8250307 m



Figura 4. Ubicación geográfica de la Universidad Nacional del Altiplano.

Fuente: google maps.

3.3. LOCALIZACIÓN DE PROCEDENCIA DEL MATERIAL EXPERIMENTAL.

Lugar:	Jayllihuaya
Distrito:	Puno
Provincia:	Puno
Departamento:	Puno
Ubigeo:	2101010049
Longitud:	-69.974970
Latitud:	-15.878677



Figura 5. Ubicación geográfica del lugar de procedencia de la muestra.

Fuente: Google maps.

3.4. MATERIALES Y EQUIPOS

3.4.1. Material experimental

- Huacatay (*Tagetes minuta L.*).

3.4.2. Material de vidrio y otros

- Embudo de decantación de 250 ml.
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml.
- Probetas.
- Pipetas.
- Jeringas Hipodérmica (5 ml, $\pm 0,02$ ml).
- Frascos de vidrio oscuro.

3.4.3. Equipo de laboratorio

- Balanza analítica (Capacity 100 g, ± 0.1 mg).
- Balanza mecánica (Capacity 5 kg, ± 20 g de graduation).
- Termómetro calibrado de 0 – 100 °C.



3.5. EQUIPOS

3.5.1. Equipo experimental: Equipo de extracción de aceites esenciales.

La extracción del aceite esencial se realizó en el equipo de extracción denominado: Equipo de extracción de aceites esenciales “Por arrastre de vapor de agua” perteneciente a la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano, el que se encuentra en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios – LOPU.

3.5.2. Equipo de secado

Se realizó en el equipo denominado: Secador por Convección Forzada de la Facultad de Ingeniería Química, perteneciente a la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano, el que se encuentra en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios – LOPU.

3.5.3. Equipo de análisis

La composición química fue caracterizada en el Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría – Pabellón de Control de Calidad, de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

Condiciones de Análisis:

Cromatógrafo:	Agilent 6890N
Detector Espectrómetro de Masas:	Agilent 5975B
Línea de transferencia:	280 °C
Impacto Electrónico:	70 eV
Modo:	Escaneo de masas 40-500 uma
Inyector Automático:	Agilent 7683B
Software de Control:	Chemstation B.030

Columna: Agilent HP-5MS 5% Fenil Metil Siloxano 30m x 0.25id x 0.5um film



Temperatura del Horno: Inicial 60 °C, incremento de 5 °C/minuto hasta 230 °C

Tiempo de Análisis: 34.0 min

Puerto de Inyección

Modo: Split (con división)

Relación de Split: 200:1

Temp. Inicial: 200 °C

Tipo de Gas: Helio

Flujo: 1 mL/min

Volumen de Inyección: 0.1 uL

Muestra inyecta: puro

3.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.6.1. Diseño experimental propuesto

Para el análisis de este trabajo de investigación se planteó un proyecto factorial 2^k , donde $k = 2$, que son las variables independientes con el objetivo de asimilar los factores tiempo de extracción y cantidad de conglomerado (masa) y sus interacciones entre si influyen significativamente en la cantidad de aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta L.*) medida como la eficiencia de extracción del AE extraído por arrastre de vapor.

Tabla 6. Diseño experimental 2^2 para el huacatay.

<i>Símbolo</i>	<i>Nombre de la variable</i>	<i>Unidad</i>	<i>Xmin</i>	<i>Xmax</i>
X ₁	Tiempo de extracción	h	1	2
X ₂	Cantidad de masa de Huacatay (<i>Tagetes Minuta L.</i>)	kg	1	2

Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVI – Versión 16.1.03 (32-bits)

Estas variables naturales se cambian a variables codificadas mediante las siguientes operaciones:

Tiempo de extracción (T)

Cálculo del promedio: $T = (1 + 2) / 2 = 1,5$

Cálculo de la diferencia: $T_d = (2 - 1) / 2 = 0,5$

Cambio de variable: $X_1 = (t - 1,5) / 0,5$

Luego:

Si $T = 1 \rightarrow X_1 = -1$

Si $T = 2 \rightarrow X_1 = +1$

Si $T = 1,5 \rightarrow X_1 = 0$

Cantidad de masa (M)

Cálculo del promedio: $M = (1 + 2) / 2 = 1,5$

Cálculo de la diferencia: $M_d = (2 - 1) / 2 = 0,5$

Cambio de variable: $X_2 = (Masa - 1,5) / 0,5$

Luego :

Si $T = 1 \rightarrow X_2 = -1$

Si $T = 2 \rightarrow X_2 = +1$

Si $T = 1,5 \rightarrow X_2 = 0$

Tabla 7. Variable respuesta eficiencia de extracción para el huacatay.

<i>Símbolo</i>	<i>Nombre de la respuesta</i>	<i>Unidad</i>
Y	Eficiencia de extracción	%

Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVI – Versión 16.1.03 (32-bits)

Se hará uso del diseño experimental 2^2 , para la determinación el predominio de las variables, la interacción y la curva de ajuste, como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Diseño factorial 2^2 lineal para el huacatay

<i>Experimentos</i>	<i>MATRIZ DE DISEÑO</i>		
	<i>Variables codificadas</i>		
	X_0	X_1	X_2
1	+1	-1	-1
2	+1	+1	-1
3	+1	-1	+1
4	+1	+1	+1
5	0	0	0
6	0	0	0

Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVI – Versión 16.1.03 (32-bits)

3.6.2. Optimización de variables

Se hará uso del criterio de la primera derivada para determinar los parámetros mínimos y máximos relativos que pueden existir en la ecuación:

$$Y = X_0 + b * X_1 + c * X_2 + e * X_1 * X_2$$

3.7. TRATAMIENTO DE LA MUESTRA

Para alcanzar el objetivo específico 1 y 2, se han seguido los siguientes pasos:

3.7.1. Recolección de la muestra.

La muestra fue adquirida del mercado del centro poblado de Jayllihualla de la ciudad de Puno, se utilizó de 18 kg de muestra total la especie *Tagetes minuta* L.

3.7.1.1. Verificación taxonómica.

La muestra adquirida fue enviada al laboratorio de Taxonomía Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, para verificar la especie a la cual pertenece.

3.7.2. Proceso de selección.

Se seleccionó plantas frescas y enteras, se descartaron las hojas picadas y/o de color gris para obtener un aceite esencial libre de impurezas.



3.7.3. Proceso de secado.

La muestra recolectada fue almacenada bajo sombra y aislado de fuentes de contaminación, seguidamente se procedió a secar en el equipo de secado por convección forzada a una temperatura de 40° C durante 40 minutos.

3.7.4. Proceso de pesado.

Para el desarrollo experimental de la caracterización y determinación de compuestos aromáticos en aceites esenciales de la planta Huacatay (*Tagetes minuta L.*) se recolectó un total de 18 kg de la planta y se le realizó el pesaje en una balanza mecánica con un margen de error de ± 20 gr.

3.7.5. Extracción del aceite esencial.

El aceite esencial fue extraído de la planta entera de huacatay, la cual fue colocada en el equipo de destilación por arrastre con vapor de agua, a una temperatura de 89,5 °C.

3.7.5.1. Condensación.

Esto se hace a través de un sistema de enfriamiento utilizando agua como refrigerante a contracorriente y temperatura ambiente, el vapor se enfría y se convierte a un estado líquido formando una mezcla de agua y aceite.

3.7.6. Separación.

Una vez condensada la mezcla agua-aceite esencial, se realizó la separación en la pera de decantación por diferencia de densidades.

3.7.7. Envasado del aceite esencial.

El aceite esencial extraído fue colocado en embaces ámbar para evitar su deterioro (oxidación).

3.7.8. Análisis cromatográfico del aceite esencial.

El aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta L.*) extraído fue enviado al Laboratorio De Cromatografía Y Espectrometría – Pabellón de Control de Calidad de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

3.8. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.

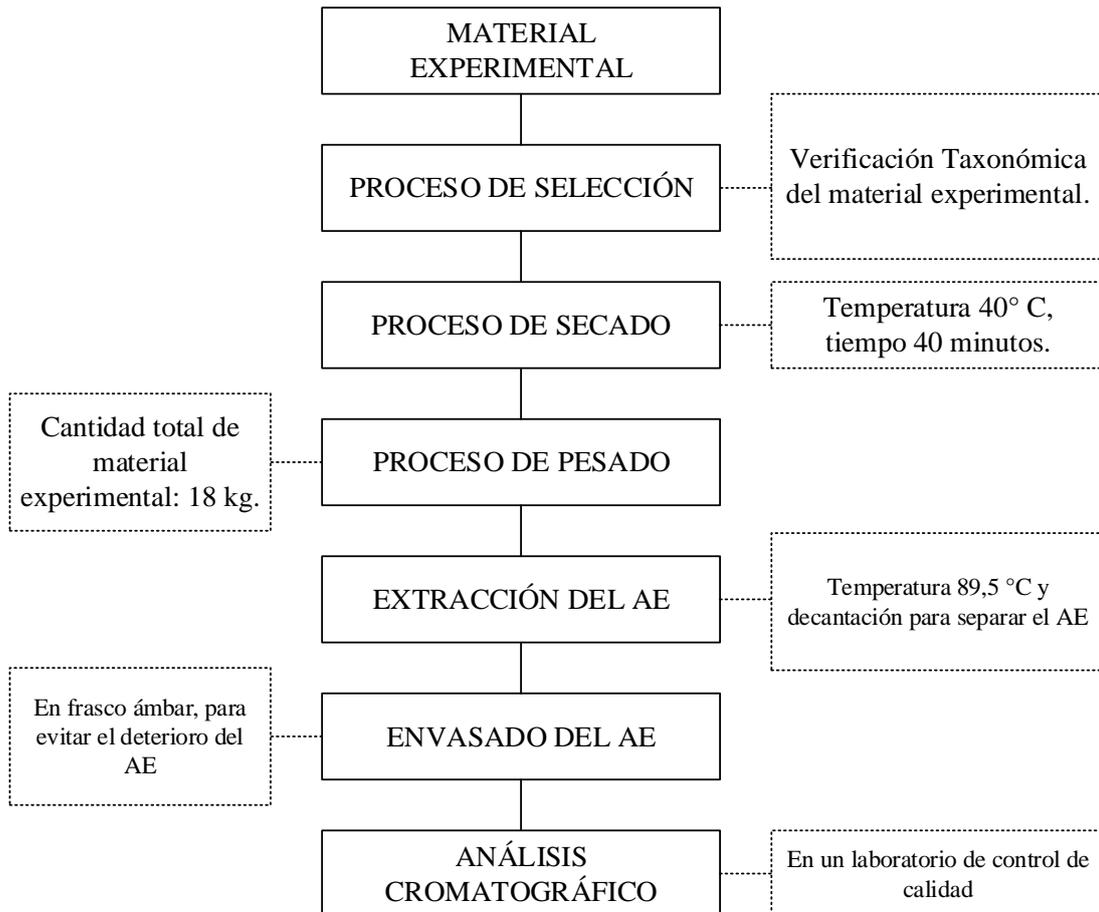


Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de extracción y análisis del AE.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

4.1.1. Resultado de las pruebas experimentales de extracción del aceite esencial

Tabla 9. Resultado de las pruebas experimentales de extracción del aceite esencial.

<i>N°</i>	<i>Matriz de Diseño</i>		<i>Repeticiones</i>		<i>Promedio</i>
	<i>X₁</i>	<i>X₂</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>ml</i>
1	-1	-1	3,2 ml	3 ml	3,1
2	+1	-1	2,6 ml	2,7 ml	2,65
3	-1	+1	4,1 ml	3,9 ml	4
4	+1	+1	3,7 ml	3,4 ml	3,55
5	0	0	3,6 ml	3,1 ml	3,35
6	0	0	3,6 ml	3,1 ml	3,35

Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVI – Versión 16.1.03 (32-bits)

De acuerdo a los resultados de las pruebas experimentales mostrado en la Tabla 9, la mayor cantidad de aceite esencial se obtuvo en el tiempo de 1 hora con 2 kilogramos de masa, obteniendo un promedio entre las dos repeticiones de 4 ml de aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta L.*).

4.1.2. Resultado del rendimiento de extracción obtenido del AE.

En la Tabla 10, se muestra los resultados generales del rendimiento del aceite esencial (%) de huacatay (*Tagetes minuta L.*).

Tabla 10. Resultados de rendimiento (%) de AE en la especie *Tagetes minuta* L.

N°	<i>Matriz de Diseño</i>		<i>Repeticiones</i>		<i>Promedio</i>
	X_1	X_2	<i>1</i>	<i>2</i>	%
1	-1	-1	0,2870 %	0,2690 %	0,2780
2	+1	-1	0,2331 %	0,2421 %	0,2376
3	-1	+1	0,1838 %	0,1749 %	0,17935
4	+1	+1	0,1659 %	0,1524 %	0,15915
5	0	0	0,2152 %	0,1853 %	0,20025
6	0	0	0,2152 %	0,1853%	0,20025

Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVI – Versión 16.1.03 (32-bits)

En la Tabla 10 se observa que, de 1 kilogramo de la muestra experimental extraídas durante 60 minutos, se obtuvo 0,2780 % (P/P) como un valor máximo de rendimiento y de 2 kilogramos de la muestra experimental extraídas durante 120 minutos, se obtuvo un rendimiento del 0,15915% (P/P) como un valor mínimo de rendimiento en promedio.

En comparación con Mendoza & Ricardo (2019) los cuales determinaron un rendimiento de 0,57% siendo mayor a mis resultados obtenidos, sin embargo Araujo (2018) obtuvo de hojas de albahaca un rendimiento de (0,1622% - 0,1527%) siendo estos sus valores más altos, los cuales son inferiores a mis resultados obtenidos.

4.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO QUÍMICO EN EL ACEITE

ESENCIAL DE HUACATAY (*Tagetes minuta* L.)

Los resultados del análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas del aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta* L.), fue realizado en el Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría, Pabellón de Control de Calidad de la

Universidad Nacional de San Antonio Abad – Cusco. La composición química del aceite esencial de Huacatay (*Tagetes minuta* L.) fue caracterizado utilizando el cromatógrafo de gases Agilent 6890N, acoplado a un espectrómetro de masas, identificándose 45 compuestos, el resultado obtenido del aceite esencial fue por comparación de las señales de la muestra con la base de datos del National Institute of Standards and Technology versión 11 (NIST v11) expresa el contenido relativo de componentes volátiles en % presentes en el aceite.

Tabla 11. Resultados en orden de mayor contenido relativo (%).

<i>Pico</i>	<i>Tiempo de retención (RT)</i>	<i>Compuesto NIST v 11 (Library/ID)</i>	<i>CAS</i>	<i>Contenido Relativo % (Área%)</i>
21	12.4395	3,9-Epoxy-p-mentha-1,8(10)-diene	1000111-14-8	46,41
16	9.953	trans-Tagetone	006752-80-3	25,58
7	7.2763	2-Methoxy-2-methylbut-3-ene	040426-44-6	12,00
20	12.1096	Phenol, p-tert-butyl-	000098-54-4	4,23
5	6.8703	trans- β -Ocimene	003779-61-1	3,78
45	27.9417	Phthalic acid, butyl isohexyl ester	1000309-03-6	3,78
15	9.6866	cis-Tagetone	003588-18-9	1,59
44	22.9266	.tau.-Muurolol	019912-62-0	1,46
4	6.697	D-Limonene	005989-27-5	1,46

Fuente: Reporte del Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría – UNSAAC.

De la tabla 11, Castro-Alayo et al., (2019) encontró 1-Adamantanol (44,42%), trans-.beta.-Ocimene (9,47%) utilizando el método cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Según Baca (2018) encontró como componentes a 1-Adamantanol (66,43%) y trans-.beta.-Ocimene (2,06%) utilizando el método de cromatografía líquida en alta resolución. En comparación con mis resultados obtenidos los cuales fueron 3,9-Epoxy-p-mentha-1,8(10)-diene (46,41%) como componente

mayoritario y trans- β -Ocimene (3,78%), siendo este último menor a la de Castro-Alayo et al., (2019) y mayor a la de Baca (2018), podemos deducir que tanto las condiciones climáticas, las características del suelo y el método al cual fueron sometidos las muestras experimentales generan cambios en la composición química del aceite esencial.

4.1.1. Resultados de las pruebas fisicoquímicas.

Tabla 12. Caracterización organoléptica del aceite de huacatay (*Tagetes minuta L.*).

<i>Características</i>	<i>Descripción</i>
Aspecto	Oleosa
Color	Amarillo
Olor	Sui generis
Sabor	Astringente

En la tabla 12 se muestra los resultados de las características organolépticas del aceite esencial del huacatay (*Tagetes minuta L.*) obtenido por arrastre de vapor de agua, la caracterización fue realizada inmediatamente después (in situ) de ser extraído el AE. Con Mendoza & Ricardo (2019), encontramos similares resultados de la caracterización aceite las cuales son: color amarillo, olor sui génerois, sabor astringente y textura oleosa.

4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL CON STATGRAPHICS CENTURION XVI

Los resultados de las pruebas experimentales fueron analizados en el software estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI – Versión 16.1.03 (32-bits).

4.3.1. Análisis de varianza para eficiencia de extracción.

Con los datos que se tiene en la tabla 9, se realizó un análisis de varianza para las variables independientes y la interacción entre ellos, los resultados se muestran a continuación.

Tabla 13. Análisis de varianza para eficiencia de extracción.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Tiempo de extracción	0,25	1	0,25	9,38	0,0922
B: Cantidad de masa de huacatay	1,0	1	1,0	37,50	0,0256
AB	0,01	1	0,01	0,38	0,6026
Error total	0,0533333	2	0,0266667		
Total (corr.)	1,31333	5			

Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVI – Versión 16.1.03 (32-bits)

R-cuadrada = 95,9391 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 89,8477 %

Error estándar del est. = 0,163299

Error absoluto medio = 0,0888889

Estadístico Durbin-Watson = 0,75 (P=0,1334)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,416667



La tabla ANOVA particiona la variabilidad de Eficiencia de extracción en piezas separadas para cada uno de los efectos, entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 1 efecto tiene un valor-P menor que 0,05 indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0 %.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 95,9391 % de la variabilidad en Eficiencia de extracción.

El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 89,8477 %.

El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,163299.

El error medio absoluto (MAE) de 0,0888889 es el valor promedio de los residuos.

El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5,0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

4.3.2. Coef. de regresión para eficiencia de extracción.

Tabla 14. Coeficiente de regresión para eficiencia de extracción.

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
Constante	3,16667
A: Tiempo de extracción	-0,8
B: Cantidad de masa de huacatay	0,7
AB	0,2

Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVI – Versión 16.1.03 (32-bits)

La ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos es:

Eficiencia de extracción

$$= 3,16667 - 0,8 * \text{Tiempo de extracción} + 0,7$$

$$* \text{Cantidad de masa de huacatay} + 0,2 * \text{Tiempo de extracción}$$

$$* \text{Cantidad de masa de huacatay}$$

En donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales. Mediante este modelo es posible realizar algunas estimaciones con un grado de acierto de un R-cuadrada de 95,9391 %.

4.3.3. Resultados estimados para eficiencia de extracción.

Tabla 15. Resultados estimados para eficiencia de extracción.

<i>Fila</i>	<i>Observados Valores</i>	<i>Ajustados Valores</i>	<i>Inferior 95,0% para Media</i>	<i>Superior 95,0% para Media</i>
1	3,2	3,26667	2,59396	3,93937
2	3,7	3,76667	3,09396	4,43937
3	4,1	4,16667	3,49396	4,83937
4	2,6	2,66667	1,99396	3,33937
5	3,6	3,46667	3,17982	3,75351
6	3,6	3,46667	3,17982	3,75351

Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVI – Versión 16.1.03 (32-bits)

Promedio de 2 puntos centrales = 3,6

Promedio de las predicciones del modelo al centro = 3,46667

La tabla 15 contiene información acerca de los valores de eficiencia de extracción generados usando el modelo ajustado. La tabla incluye:

- (1) Los valores observados de Eficiencia de extracción (si alguno).
- (2) El valor predicho de Eficiencia de extracción usando el modelo ajustado.

(3) Intervalos de confianza del 95,0% para la respuesta media.

4.3.4. Optimizar respuesta.

El objetivo es maximizar eficiencia de extracción, el valor óptimo = 4,16667

Tabla 16. Optimizar respuesta.

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Tiempo de extracción	1,0	2,0	1,0
Cantidad de masa de huacatay	1,0	2,0	2,0

Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVI – Versión 16.1.03 (32-bits)

Esta tabla 16 muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza la eficiencia de extracción sobre la región indicada.

4.3.5. Diagrama de Pareto estandarizada para eficiencia de extracción.

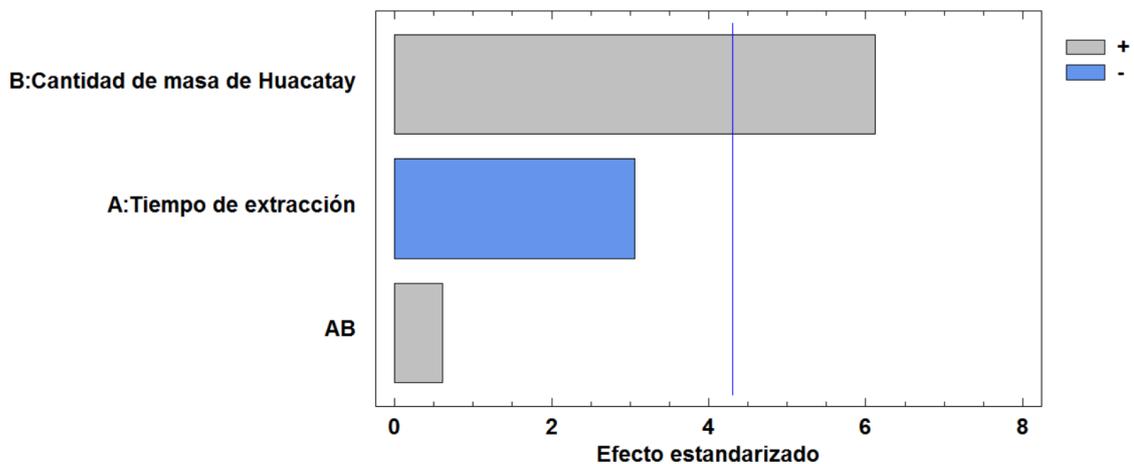


Figura 7. Diagrama de Pareto estandarizada para eficiencia de extracción

Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVI – Versión 16.1.03 (32-bits)

En la figura 7 se observa el Diagrama de Pareto, la influencia de los factores sobre el aceite extraído. En B el rendimiento es óptimo debido a que la cantidad de masa influye en la extracción con la materia prima. En el tiempo si bien es cierto existe influencia en la extracción de aceite sin embargo esto no es significativo.

4.3.6. Gráfica de efectos principales para eficiencia de extracción.

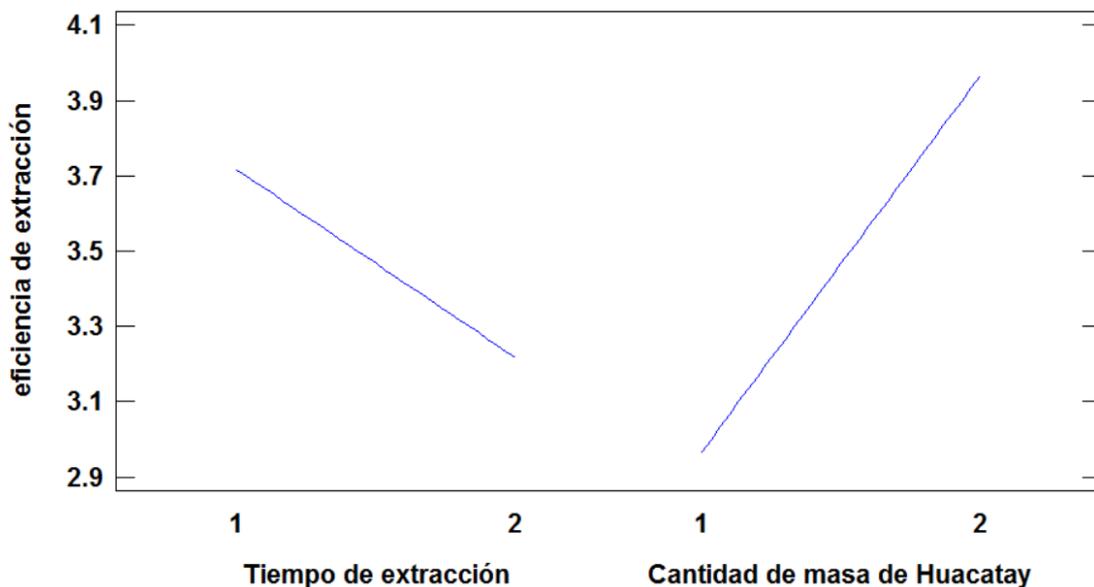


Figura 8. Gráfica de efectos principales para eficiencia de extracción

Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVI – Versión 16.1.03 (32-bits)

De la figura 8, el factor cantidad de masa al ser una línea ascendente nos indica que aún se debería en probar incrementar las unidades para llegar a un valor óptimo esto se logrará cuando la línea de tendencia se transforme en una línea descendente, pero al final se curve para descender, lo propio sería para el factor tiempo; sin embargo, como en la tabla de análisis de varianza nos indica que no es significativa este se omite.

De la figura 8 se deduce que con respecto al tiempo: a menor tiempo se incrementa más la eficiencia de extracción y a mayor cantidad de masa se incrementa más la eficiencia de extracción.



V. CONCLUSIONES

- El rendimiento de extracción del aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta L.*) que varía entre 0,15915% a 0,2780 %, siendo estos los valores mínimo y máximo respectivamente.
- La composición química del aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta L.*) determinada por cromatografía de gases acoplada a un espectrómetro de masas, es: 3,9-Epoxy-p-mentha-1,8(10)-diene (46,41%) y trans-Tagetone (25,58%) de contenido relativo mayoritario, en un total de 45 componentes.
- La mayor cantidad de aceite esencial se obtuvo en el tiempo de 1 hora con 2 kilogramos de masa, obteniendo un promedio entre las dos repeticiones de 4 ml de aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta L.*).



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda priorizar la investigación con especies de la Región de Puno, de acuerdo a su oferta y oportunidades de mercado a nivel regional, nacional e internacional. Este análisis permitirá identificar nuevas oportunidades en innovación y facilitar la toma de decisiones, acercándonos al desarrollo de proyectos estratégicos que impacten en el crecimiento de la Región.
- Realizar un estudio comparativo de diferentes lugares de procedencia de la materia experimental, condiciones climáticas y las propiedades del suelo, con el fin de verificar si ello afecta significativamente la composición química del aceite esencial.
- Realizar un estudio porcentaje de rendimiento considerando otras variables para así lograr optimizar el proceso.
- Seguir investigando las aplicaciones del aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta* L.)



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo, C. (2018). *Parámetros de extracción de aceite esencial de albahaca (Ocimum basilicum L.) por arrastre de vapor*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Baca, G. W. J. (2018). *Estudio comparativo del aceite esencial de huacatay (Tagetes minuta) de la región Amazonas por cromatografía Líquida de alta resolución* [Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas].
<http://repositorio.unrtm.edu.pe/handle/UNTRM/1376>
- Bermudo, C. G. S. (2019). *Parámetros óptimos de la operación en la extracción de aceite esencial de Eucalipto (Eucalyptus globulus) con el equipo modular de extracción de aceites esenciales*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Casado, V. I. (2018). Optimización de la extracción de Aceites Esenciales por destilación en Corriente de Vapor. In *Universidad Politécnica de Madrid* (Vol. 1).
- Castro-Alayo, E. M., Chávez-Quintana, S. G., Auquiñivín-Silva, E. A., Fernández-Jeri, A. B., Acha-De la Cruz, O., Rodríguez-Hamamura, N., Olivas-Orozco, G. I., & Sepúlveda-Ahumada, D. R. (2019). Essential oils of native plants from Peru: Effect of the place of cultivation on the physicochemical characteristics and antioxidant activity. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 479–487.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.04>
- Cerpa, C. M. G. (2007). Hidrodestilación de aceites esenciales. Modelado y caracterización [Universidad de Valladolid]. In *AIChE Journal*.
<https://www.anipam.es/downloads/43/hidrodestilacion-de-aceitesesenciales.pdf>
- Condori, V. M. D. (2019). *Rendimiento y caracterización fisicoquímica del aceite*



esencial de (coriandrum sativum) cilantro extraído por arrastre de vapor en un equipo modular.

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10861/Condori_Vera_Mercy_Dery.pdf

Culqui, A. C. A. (2018). *Determinacion de vida útil de carne de cuy empacado al vacio utilizando aceites esenciales de especies nativas de la region Amazonas.*

Flores, A. N. M. (2019). *Elaboración de una salsa a base de huacatay (Tagetes minuta L.) y rocoto (Capsicum pubescens) evaluando sus características fisicoquímicas y sensoriales.* Universidad Nacional de Cajamarca.

García, G. J. L. (2018). *Extracción de aceite esencial de cedrón [Aloysia triphylla (L'Her.) Britton] recolectado en Altotonga, ver., y evaluación de su actividad antioxidante.* 1–71. [file:///C:/Users/hp/Downloads/EXTRACION DE ACEITE DE CEDRON.pdf](file:///C:/Users/hp/Downloads/EXTRACION%20DE%20ACEITE%20DE%20CEDRON.pdf)

Granados Conde, C., Yáñez Rueda, X., & Santafé Patiño, G. 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*, 10(1), 12–23. <https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2012.45>

Guerra, L., Soto, L., Medina, Z., Ojeda de R, G., & Peña, Y. J. (2014). Antibacterial activity of the essential oil of orange barks (*Citrus sinensis*) var. Valencia against positive and negative gram microorganisms. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 31(2), 215–232.

Hernández, P. M. M. (2021). *Análisis y perspectivas desde el enfoque de cadena de valor y del Biocomercio de aceites esenciales de especies nativas en el distrito de Pisac, Cusco.* <https://n9.cl/7qa28>



- Illa, C. M. Y. (2019). *Cinética y caracterización fisicoquímica de la extracción de aceite de la copra de coco (Cocos nucifera L.) con dos solventes orgánicos* [Universidad Nacional del Altiplano].
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12768/Illa_Cutipa_Monica_Yeni.pdf
- INDECOPI, C. N. contra la biopiratería. (2019). *Huacatay*.
<https://www.indecopi.gob.pe/documents/20791/3180041/huacatay.pdf>
- Mendoza, F. J. N., & Ricardo, F. E. M. (2019). *Características fisicoquímicas del aceite esencial y determinación del porcentaje relativo de sus componentes hidrocarbonados y oxigenados de la hoja de Tagetes*.
<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12605/Mendoza Flores Jorge Neil.pdf>
- Montellanos, C. H. (2019). Evaluación de la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de *Eucalyptus globulus*, *Rosmarinus officinalis* y *Cymbopogon citratus* frente a cepas ATCC. *Scientia Agropecuaria*, 1(Figura 1), 2–3.
<https://doi.org/http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/23566>
- Montoya, C. G. de J. (2010). Aceites Esenciales Una Alternativa de Diversificación para el Eje Cafetero. In *Universidad Nacional de Colombia* (Vol. 1).
<http://bdigital.unal.edu.co/50956/7/9588280264.pdf>
- Morocco, Q. S. K. (2017). Caracterización micro-histológico, físico y químico del aceite esencial de las hojas de matico (*Piper aduncum*), extraído por arrastre de vapor en un equipo modular. *Universidad Nacional Del Altiplano*.
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5334/Morocco_Quispe_Sively_Karen.pdf



- Orellana, S. A. C. (2017). *Caracterización del aceite esencial de hierbabuena (Mentha Spicata L.) obtenido por el método de arrastre con vapor*" (Issue 8.5.2017)
[Universidad Nacional del Callao].
http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/3612/Orellana_Salazar__titulo_quimica_2017.pdf
- Puma, M. R. Y. (2019). *Extracción y Caracterización de Aceite Esencial de Paico (Chenopodium ambrosioides) Mediante Arrastre de Vapor* [Universidad Nacional del Altiplano].
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/11304/Puma_Mamani_Rider_Yampolh.pdf
- Quispe, F. R. J. (2017). *Modelado Matemático de la extracción de aceite esencial de Eucalipto "Eucalyptus Globulus s.p." por destilación con vapor de agua*
[Universidad Nacional del Altiplano].
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8345/Rene_Justo_Quispe_Flores.pdf
- Silva, M. M. I. (2017). *Plan de negocios para la producción y comercialización de aceites esenciales naturales en base a plantas nativas de la Región del Cusco-Perú*
[Universidad de Chile].
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/149015/Plan-de-negocios-para-la-produccion-y-comercializacion-de-aceites-esenciales-naturales-en-base-a-plantas.pdf>
- Tuyo Llipita, L. A. (2015). *"Efecto de la actividad antimicótica 'in vitro' del aceite esencial de Tagetes minuta L. 'huacatay' frente a Candida albicans"* [Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna].



http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/1933/738_2015_tuyo_llip_ita_la_faci_biologia_microbiologia.pdf



ANEXOS

ANEXO A

A 1: Perfil cromatógrafo de Aceite esencial (01/03)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

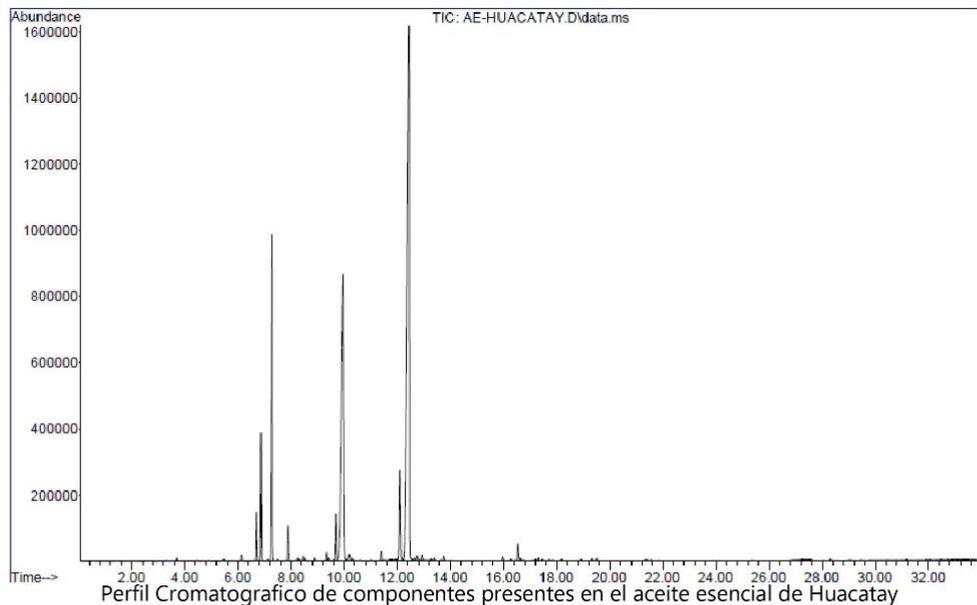
FACULTAD DE CIENCIAS

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

RESULTADOS

Cusco, 10 de Agosto del 2021 C-12

Solicitantes : Abdias Lipa Sosa
Tipo de Análisis : Perfil Cromatografico de Aceite esencial
Método : Cromatografía de Gases acoplado a espectrómetro de masas
Muestras : Frasco ámbar "Aceite esencial de Huacatay"
Cantidad de Muestra : 1, aproximadamente 2 mL
Almacenamiento : 4 °C.



Nota: El resultado obtenido del aceite esencial fue por comparación de las señales (espectro de masas) de la muestra con la base de datos del National Institute of Standards and Technology versión 11 (NIST v11) expresa el contenido relativo de componentes volátiles en % presentes en el aceite esencial.

Referencia

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



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



A 2: Perfil cromatógrafo de Aceite esencial (02/03)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS

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

RESULTADOS

Pico	Tiempo de Retención (RT)	Compuesto NIST v 11 (Library/ID)	CAS	Coincidencia % Qual	Contenido Relativo % (Area %)
1	3.7073	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	000624-41-9	80	0.06
2	5.4664	β -Thujene	003387-41-5	91	0.06
3	6.1345	.alpha.-Phellandrene	000099-83-2	90	0.19
4	6.697	D-Limonene	005989-27-5	99	1.46
5	6.8703	trans- β -Ocimene	003779-61-1	97	3.78
6	7.1283	α -Ocimene	000502-99-8	97	0.04
7	7.2763	2-Methoxy-2-methylbut-3-ene	040426-44-6	47	12.00
8	7.4793	3-Hexene, 3-ethyl-2,5-dimethyl-	062338-08-3	50	0.04
9	7.881	3-Oxatricyclo[4.1.1.0(2,4)]octane, 2,7,7-trimethyl-	001686-14-2	38	1.05
10	8.2446	1-Methoxy-1,4-cyclohexadiene	002886-59-1	43	0.06
11	8.4645	Linolool	000078-70-6	96	0.09
12	8.8663	1-Imidazol-1-yl-3-methylbut-2-en-1-one	061985-22-6	59	0.09
13	9.3314	Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane	000279-19-6	64	0.25
14	9.416	3,7-Dimethyl-2,3,3a,4,5,6-hexahydro-1-benzofuran	1000099-60-6	72	0.08
15	9.6866	cis-Tagetone	003588-18-9	90	1.59
16	9.953	trans-Tagetone	006752-80-3	72	25.58
17	10.1898	Sorbic acid vinyl ester	042739-26-4	72	0.33
18	10.2955	Citronellal	000106-23-0	45	0.05
19	11.395	Benzene, 2-methoxy-1,3,4-trimethyl-	021573-36-4	52	0.32
20	12.1096	Phenol, p-tert-butyl-	000098-54-4	70	4.23
21	12.4395	3,9-Epoxy-p-mentha-1,8(10)-diene	1000111-14-8	70	46.41
22	12.7439	Cyclohexene, 2-ethenyl-1,3,3-trimethyl-	005293-90-3	83	0.16
23	12.93	5-Acetyl-4-hydroxy-2-methyl-cyclohex-2-enone	1000185-75-5	38	0.20
24	13.2894	2-Cyclohexen-1-one, 3,5-dimethyl-	001123-09-7	52	0.07
25	13.4036	2(1H)-Pyridinone	000142-08-5	38	0.08
26	13.7546	Thymol	000089-83-8	95	0.18
27	15.9577	2-Cyclopenten-1-one, 2-(2-butenyl)-4-hydroxy-3-methyl-, (Z)-	017190-74-8	58	0.15
28	16.2621	6S-2,3,8,8-Tetramethyltricyclo[5.2.2.0(1,6)]undec-2-ene	137235-48-4	41	0.04
29	16.5328	2-Hydroxy-1-isoindolinone	1000289-12-0	50	0.61
30	16.6173	1,4-Benzenediamine, N,N,N',N'-tetramethyl-	000100-22-1	49	0.06
31	17.3066	Caryophyllene	000087-44-5	99	0.11
32	17.4588	Ethanone, 1-(2,6-dihydroxy-4-methoxyphenyl)-	007507-89-3	42	0.04
33	17.7083	Cyclopentene, 1,4-dimethyl-5-(1-methylethyl)-	061142-33-4	53	0.05
34	18.1693	cis-.beta.-Farnesene	028973-97-9	64	0.07
35	18.9177	.beta.-copaene	1000374-18-9	87	0.07
36	19.3194	.gamma.-Elemene	029873-99-2	81	0.09
37	19.5013	.alpha.-Farnesene	000502-61-4	90	0.10
38	27.2312	9-(2',2'-Dimethylpropanoilhidrazono)-3,6-dichloro-2,7-bis-[2-(diethylamino)-ethoxy]fluorene	1000111-04-6	38	0.05
39	28.2842	1,6-Dioxaspiro[4.4]non-3-ene, 2-(2,4-hexadienylidene)-	016863-61-9	93	0.08
40	32.4705	Benzyl alcohol, p-hydroxy-.alpha.-[(methylamino)methyl]-	000094-07-5	27	0.05
41	21.5734	γ -Gurjunene	022567-17-5	95	0.06
42	21.7595	γ -Selinene	000515-17-3	97	0.06
43	21.992	Rosifoliol	063891-61-2	87	0.19
44	22.9266	.tau.-Muurolol	019912-62-0	93	1.46
45	27.9417	Phthalic acid, butyl isohexyl ester	1000309-03-6	90	3.78

Qual = Porcentaje de coincidencia con la base de datos Nist 11

CAS = Numero para identificar la molécula

TR = Tiempo de Retención, tiempo al cual son detectados





A 3: Perfil cromatógrafo de Aceite esencial (03/03)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS

LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad

AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973868855

RESULTADOS

Condiciones de Análisis de Aceites Esenciales

Condiciones de Análisis

Cromatógrafo	: Agilent 6890N
Detector Espectrómetro de Masas	: Agilent 5975B.
Línea de transferencia	: 280°C
Impacto Electrónico	: 70 eV
Modo	: escaneo de masas 40-500 uma
Inyector Automático	: Agilent 7683B
Software de Control	: Chemstation B.030

Columna: Agilent HP-5MS 5% Fenil Metil Siloxano 30m x 0.25id x 0.5um film

Temperatura del Horno	: inicial 60 °C, incremento de 5 °C/minuto hasta 230 °C
Tiempo de Análisis	: 34.0 min

Puerto de Inyección

Modo	: Split (con división)
Relación de Split	: 200:1
Temp. Inicial	: 200 °C
Tipo de Gas	: Helio
Flujo	: 1 mL/min
Volumen de Inyección	: 0.1 uL
Muestra inyecta	: puro



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

ANEXO B. Figuras.



B 1. Equipo de extracción de aceites esenciales “Por arrastre de vapor de agua”.



B 2. Pesado de la materia prima.



B 3. Secado de la materia prima en un secador por convección forzada.



B 4. Cargado de la muestra al equipo de extracción de aceites esenciales.



B 5. Aceite esencial de huacatay (in situ).



B 6. Medición de la cantidad aceite esencial de huacatay.



ANEXO C. Constancia de la especie muestra experimental.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE TAXONOMÍA VEGETAL



CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE TAXONOMÍA VEGETAL DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS DE LA U. N. A. PUNO, HACE CONSTAR QUE EL ESPÉCIMEN BOTÁNICO PUESTO A DISPOSICIÓN PERTENECE A LA ESPECIE *Tagetes minuta* "Huacatay" que, según el Sistema de Clasificación Filogenético de Adolph Engler posee la siguiente Posición Taxonómica.

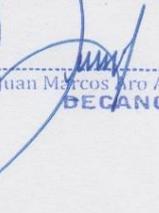
REINO	Vegetal
SUB REINO	Phanerogamae
DIVISIÓN	Angiospermae
CLASE	Dicotyledoneae
SUB CLASE	Methachlamydeae
ORDEN	Asterales
FAMILIA	Asteraceae
GÉNERO	Tagetes
ESPECIE	<i>Tagetes minuta</i> L.

SE EXPIDE LA PRESENTE CONSTANCIA A PETICIÓN ESCRITA DEL INTERESADO: **ABDÍAS LIPA SOSA**, BACHILLER EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA QUÍMICA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO, PARA LOS FINES QUE VIERE POR CONVENIENTE.

PUNO, C. U. 05 de julio del 2022



.....
ING. Edgar Pelinco Ruelas
 INGENIERO AGRÓNOMO
 CIP. N° 88134
 JEFE LABORATORIO TAXONOMIA VEGETAL



.....
Juan Marcos Aro Aro, Ph.D.
 DECANO




C c. Arch.