



## Rendimiento y caracterización fisicoquímica del aceite esencial de cilantro extraído por arrastre de vapor en un equipo modular

*Yield and physicochemical characterization of coriander essential oil extracted by steam entrainment in a modular equipment*

*模块化设备蒸汽牵引法提取芫荽精油的产率和理化特性*

Rendimento e caracterização físico-química do óleo essencial de coentro extraído por arraste a vapor em um equipamento modular

**Mercy Condori<sup>1</sup>**

Universidad Nacional del Altiplano, Puno – Puno, Perú  
mcondoriv@est.unap.edu.pe

**Gregorio Palomino**

Universidad Nacional del Altiplano, Puno – Puno, Perú  
 <https://orcid.org/0000-0002-0775-9787>  
gpalomino@unap.edu.pe (correspondencia)

DOI: <https://doi.org/10.35622/tijournal.science>

Recibido: 23/02/2022 Aceptado: 03/03/2022 Publicado: 31/03/2022

### PALABRAS CLAVE

*coriandrum sativum*,  
aceite esencial, arrastre  
de vapor, cromatografía  
de gases.

**RESUMEN.** Este trabajo presenta un estudio de la caracterización fisicoquímica, compuestos del aceite esencial de cilantro (*coriandrum sativum*) y el rendimiento extraído por arrastre de vapor. Para tal fin se optó por la cromatografía de gases, la determinación de las variables que influyen en la extracción y la evaluación del rendimiento del aceite esencial de cilantro. El proceso de extracción se realizó mediante arrastre de vapor, donde se analizó los siguientes parámetros: cantidad de materia prima, caudal de agua y tiempo. Con el fin de obtener el mejor rendimiento de la extracción del aceite esencial. Para los resultados se usó el diseño factorial 23 sin repeticiones así obteniendo el mejor resultado dándonos el rendimiento óptimo 0,07625 % (1.1 ml) de 4,0 kg de la muestra de cilantro en las siguientes condiciones: Caudal de agua 150 L/h y a un tiempo de 120 minutos, de acuerdo a la caracterización fisicoquímica la densidad 0,9400 g/mL, índice de refracción 1,513, índice de acidez 4,29% e índice de peróxidos 0,84 meq/kg, asimismo, se encontró que contiene compuestos aromáticos: Nonyl acetate (15,70%), n- decanal (15,13%), trans-2-octenal (13,23%), lauric aldehyde (5,08%), linalol (1,58%), trans-2-nonenal (1,12%), geraniol (0,08%). Se concluye que el tiempo influye en la extracción de la materia prima. En el caso de la cantidad y el caudal de agua existe influencia en la extracción de aceite, sin embargo, estos no son significativos, verificando que si contiene compuestos químicos aromáticos.

<sup>1</sup> Ingeniero Químico por la Universidad Nacional del Altiplano.



## KEYWORDS

*coriandrum sativum*, essential oil, steam entrainment, gas chromatography.

**ABSTRACT.** This work presents a study of the physicochemical characterization, compounds of the essential oil of coriander (*coriandrum sativum*) and the yield extracted by steam dragging. For this purpose, gas chromatography was chosen, the determination of the variables that influence the extraction and the evaluation of the yield of coriander essential oil. The extraction process was carried out by steam dragging, where the following parameters were analyzed: amount of raw material, water flow and time. In order to obtain the best yield of essential oil extraction. For the results, the 23 factorial design was used without repetitions, thus obtaining the best result, giving us the optimal yield 0.07625% (1.1 ml) of 4.0 kg of the coriander sample under the following conditions: Water flow 150 L/h and at a time of 120 minutes, according to the physicochemical characterization, density 0.9400 g/mL, refractive index 1.513, acidity index 4.29% and peroxide index 0.84 meq/kg, likewise, it was found to contain Aromatic compounds: Nonyl acetate (15.70%), n-decanal (15.13%), trans-2-octenal (13.23%), lauric aldehyde (5.08%), linalool (1.58%), trans-2-nonenal (1.12%), geraniol (0.08%). It is concluded that time influences the extraction of the raw material. In the case of the quantity and flow of water, there is an influence on the extraction of oil, however, these are not significant, verifying that it does contain aromatic chemical compounds.

## 关键词

香菜 · 精油 · 蒸气  
拖 · 气相色谱 ·

**抽象的。**这项工作介绍了香菜 (*coriandrum sativum*) 精油的物理化学表征、化合物和蒸汽牵引提取的产量。为此目的，选择了气相色谱法，确定影响提取的变量并评估芫荽精油的产量。提取过程采用蒸汽拖曳法，分析以下参数：原料量、水流量和时间。以获得最佳的精油提取率。对于结果，不重复使用 23 因子设计，从而获得最佳结果，在以下条件下，4.0 kg 芫荽样品的最佳产量为 0.07625% (1.1 ml)：水流量 150 L/h 和时间120分钟，根据理化特性，密度 0.9400 g/mL，折光率1.513，酸度指数4.29%，过氧化物指数0.84 meq/kg，同样发现含有芳香族化合物：乙酸壬酯 (15.70%)，正癸醛 (15.13%)，反式-2-辛烯醛 (13.23%)，月桂醛 (5.08%)，芳樟醇 (1.58%)，反式-2-壬烯醛 (1.12%)，香叶醇 (0.08%)。可以得出结论，时间会影响原材料的提取。在水的量和流量的情况下，对油的提取有影响，但是，这些影响并不显著，证明它确实含有芳香族化合物。

## PALAVRAS-CHAVE

*coriandrum sativum*, óleo essencial, arraste de vapor, cromatografia gasosa.

**RESUMO.** Este trabalho apresenta um estudo da caracterização físico-química, dos compostos do óleo essencial de coentro (*coriandrum sativum*) e do rendimento extraído por arraste a vapor. Para tanto, optou-se pela cromatografia gasosa, a determinação das variáveis que influenciam a extração e a avaliação do rendimento do óleo essencial de coentro. O processo de extração foi realizado por arraste a vapor, onde foram analisados os seguintes parâmetros: quantidade de matéria prima, vazão de água e tempo. A fim de obter o melhor rendimento de extração de óleo essencial. Para os resultados, utilizou-se o planejamento fatorial 23 sem repetições, obtendo assim o melhor resultado, dando-nos o rendimento ótimo 0,07625% (1,1 ml) de 4,0 kg da amostra de coentro nas seguintes condições: Vazão de água 150 L/h e em um tempo de 120 minutos, de acordo com a caracterização físico-química, densidade 0,9400 g/mL, índice de refração 1,513, índice de acidez 4,29% e índice de peróxido 0,84 meq/kg, da mesma forma, foi encontrado compostos aromáticos: acetato de nonila (15,70%), n-decanal (15,13%), trans-2-octenal (13,23%), aldeído láurico (5,08%), linalol (1,58%), trans-2-nonenal (1,12%), geraniol (0,08%). Conclui-se que o tempo influencia na extração da matéria-prima. No caso da quantidade e vazão da água, há influência na extração do óleo, porém, estas não são significativas, verificando-se que contém compostos químicos aromáticos.

## 1. INTRODUCCIÓN

El mercado mundial de los aceites esenciales, está en crecimiento constantemente, y está en numerosas industrias como: industrias cosméticas, farmacéuticas, industrias de plaguicidas, industrias de productos de limpieza, generando una continua renovación de la tecnología empleada para obtener estos productos (Morocco, 2017). Incentiva la optimización de los equipos empleados en la extracción de aceites esenciales con la finalidad de aumentar su rentabilidad y eficacia (Cardenas, 2014).

El (*coriandrum sativum* L.) cilantro llamado también coriandro es una hierba anual, perteneciente a la familia de las Apiáceas, antes llamadas Umbelíferas, ya que se cultiva desde 5000 años A.C. (Hernández, 2003). Suele alcanzar una altura variable entre 0,20 y 1,40 m, con los tallos numerosos, lisos, cilíndricos y ramificados en la parte superior, de corteza negruzca y con las ramitas jóvenes pubescentes. Originario del Sur de Europa, Norte de África y Cáucaso. Desde la antigüedad ha sido cultivada, fue una de las hierbas importadas y cultivadas en la colonia de la bahía de Massachusetts (Rogers & Fischetti, 1980). En la actualidad, su cultivo y uso comercial son casi mundiales.

La planta se cultiva ampliamente en todo el mundo para obtener, como especia o como producción de aceites esenciales. En una época, el cilantro fue una de las plantas de aceites esenciales más importantes del mundo (Lawrence, 1993). El cilantro es de importancia económica y es utilizado como agente saborizante en productos alimenticios, perfumes y cosméticos (Msaada, et al., 2009).

Además, se ha demostrado que los aceites esenciales de cilantro poseen propiedades antibacterianas (Burt, 2004), (Cantore et al., 2004), antioxidantes (Wangensteen et al., 2004), antidiabéticas. Actividades anticancerosas y antimutagénicas. En muchos estudios se han reportado evaluaciones de la composición del aceite esencial extraído de las hojas haciendo cada vez más importante su uso (Msaada et al., 2009).

Punina et al. (2010) establecen que la extracción por arrastre de vapor de agua es uno de los principales procesos utilizados para la extracción de aceites esenciales. La muestra vegetal generalmente cortada en trozos pequeños y en buen estado, es encerrada en una cámara inerte y sometida a una corriente de vapor de agua sobrecalentada. La esencia así arrastrada es posteriormente condensada, recolectada y separada de la fracción acuosa. Esta técnica es muy utilizada especialmente para esencias fluidas, especialmente las utilizadas para perfumería. Se utiliza a nivel industrial debido a su alto rendimiento, la pureza del aceite obtenido y por qué no requiere tecnología sofisticada (Martínez, 2001).

Los aceites esenciales son mezclas de sustancias volátiles de origen natural caracterizado por poseer un fuerte olor, contenidas en plantas. La determinación sobre la caracterización tanto física como química nos permitirá diseñar la tecnología en la extracción y aprovechamiento del aceite esencial del cilantro que posteriormente puede ser utilizado con fines industriales. Se pretende dar un mayor valor agregado al cilantro, con el fin de alcanzar mayores beneficios en la industria alimentaria, poder potenciar la agricultura tanto regional – nacional y motivar a la comunidad científica, compañías farmacéuticas a realizar estudios básicos, caracterización, extracción y purificación de los componentes de los componentes químicos de aceites esenciales.

Varios estudios han demostrado que los aceites esenciales son antioxidantes naturales y pueden ser utilizados en la conservación de los alimentos (Sahib et al., 2013) finalizaron que las propiedades antimicrobianas, antioxidantes, antidiabéticas, ansiolíticas, antiepilépticas, antidepresivas, antimutagénicas, antiinflamatorias,

antidislipidemicas, antihipertensivas, neuroprotectoras y diuréticas del cilantro pueden notarse a los componentes bioactivos presentes aceite esencial. Del mismo modo Ramadan et al. (2008) demostraron que el aceite esencial de cilantro tiene propiedades hipocolesterolemicas en ratas alimentadas con una rica dieta en colesterol. González, (2017) ha determinado que el aceite esencial de cilantro contiene aproximadamente 30% de hidrocarburo terpenico y 70% de compuestos. Siendo el principal componente del aceite esencial de cilantro el linalol, también conocido como coriandrol. (Anitescu et al., 1997) En otros, estudios se ha probado que el aceite de cilantro contiene linalol, geraniol, terpinen-4-ol,  $\alpha$ -terpineol, c- terpinterpineno, limoneno,  $\alpha$ -pineno, canfeno, alcanfor de mirceno, acetato de geraniol y acetato de linalilo.

En el presente trabajo evaluamos o investigamos la composición química y análisis fisicoquímico del aceite esencial de cilantro (*coriandrum sativum*) extraído por arrastre de vapor, asimismo evaluamos el rendimiento de la extracción del aceite esencial extraído en ciertos parámetros.

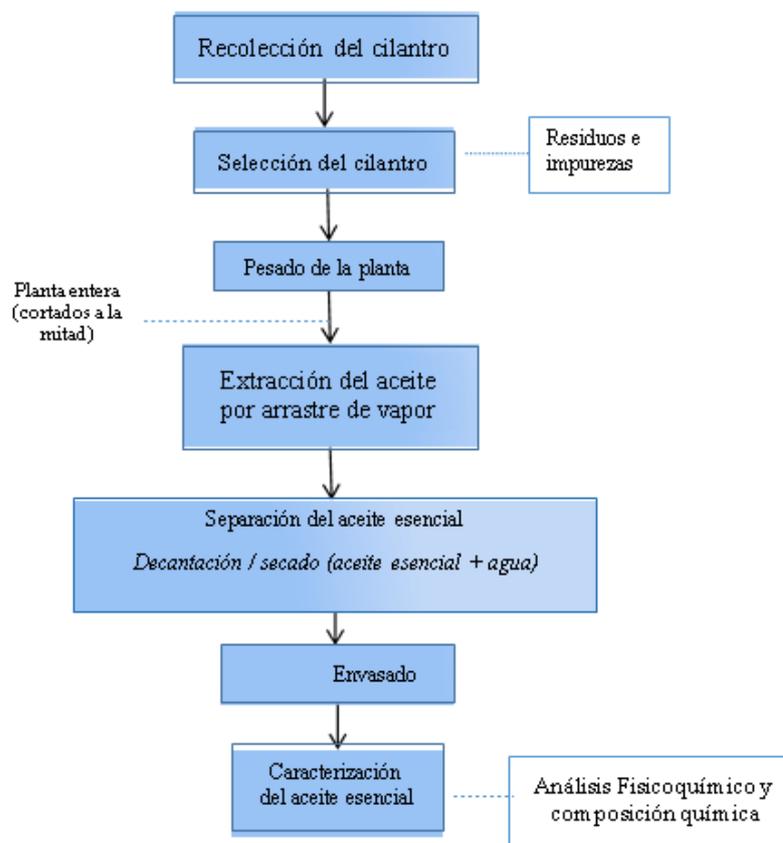
Para determinar la composición química del aceite esencial de cilandro (*coriandrum sativum*) nos basamos en la técnica de cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas (CG-MS).

## 2. MÉTODO Y MATERIALES

La investigación siguió un diseño experimental, determinado bajo el siguiente procedimiento:

Figura 1

Proceso de extracción de aceite esencial de cilantro



Para el desarrollo experimental de la caracterización fisicoquímica y análisis de los compuestos químicos aromáticos del aceite esencial de las plantas de cilantro (*coriandrum sativum*), se recolectó un total de 32 kg de la planta de cilantro, la planta fresca fue picada de tamaño más pequeño para un mejor rendimiento.

### Extracción por arrastre de vapor

Este sistema no alcanza grandes temperaturas, correspondiendo a la destilación con vapor de baja presión y a la vez se produce muy poca descomposición de la materia prima (*coriandrum sativum*).

El proceso de destilación por arrastre por vapor de agua favorece a los costos de operación que son relativamente bajo, presenta mayor capacidad de producción y alto rendimiento, siendo así el método más empleado en la industria de los aceites esenciales (Loaysa, 1998).

- **Cargado de la muestra:** La muestra se cargó al extractor con un peso de 4,0 y 5,0 Kg de cilantro por proceso, todo ello implicó el 50% - 55% de la capacidad del equipo.
- **Insuflado de vapor:** El agua calentó hasta su punto de ebullición en la cámara del generador de vapor, de modo para que se produzca vapor, este ingresa por la parte inferior del extractor difundándose entre las hojas.
- **Generador de vapor:** Cuenta con un ablandador de agua en la entrada cuya finalidad es ablandar el agua que ingresa a través de una bomba de activación automática. El generador de vapor opera a una presión máxima de 5 bares.
- **Condensado:** La mezcla de agua y aceite ingreso al condensador donde se obtuvo como producto una emulsión líquida compuesta por agua y aceite esencial. Considere el inicio de la extracción cuando se presenció con la primera gota del condensado.
- **Decantación:** Para la obtención del producto, se realizó la transferencia de la emulsión a una pera de decantación en donde por diferencia de densidad tanto el agua como el aceite se separan, formando dos fases.
- **Producto (aceite esencial):** Por cada muestra obtuvimos del resultado de una cantidad de aceite esencial obtenido fue envasado en frascos de vidrio color ámbar, posteriormente se almacena a temperatura bajas entre (4 - 5 °C), para así hacer el análisis de su composición química por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas y su análisis fisicoquímico del aceite esencial de cilantro.

### Determinación de la composición química por la cromatografía de gases, acoplado con espectro de masas (GC/MS)

El aceite esencial de cilantro (*coriandrum sativum*) obtenido, se sometió a un análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (agilent technologies 5975B inert XL EI/CI MSD). Se usó una columna capilar de sílice fundida HP-5MS de 30 metros x 0,25mm recubierto con una fase estacionaria de (5%-fenil)- metil-siloxano de 0,25µ de espesor. Como gas de arrastre se empleó helio a un flujo de 1ml/min. La temperatura del horno fue programada 5°C × min, hasta 240°C. La temperatura inicial fue de 60 °C, el modo de inyección fue "Split". Para determinar la composición química del aceite esencial. El análisis se realizó en el Laboratorio De Cromatografía Y Espectrometría. Pabellón De Control De Calidad De La Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco.

- **Densidad:** Para su determinación se utilizó el método gravimétrico (micro capilar) a una temperatura de 17,3 °C.
- **Índice de acidez:** El índice de acidez (IA) es el contenido en tanto por ciento de los ácidos libres en el aceite. Expresa el número de miligramos de hidróxido de potasio necesario para neutralizar los ácidos grasos libres en 1g de aceite o grasas (Dirección General De Normas De Mexico, 2012). Se utilizó por el método de volumetría.
- **El índice de peróxidos (IP):** Es el método clásico para medir la oxidación de las grasas y aceites. Mediante este método se mide la concentración de los intermedios inestables, formados en la primera fase del proceso de oxidación, posteriormente se descomponen para dar los compuestos secundarios de oxidación (Castillo, 2007). Se analizó por el método de volumetría según la normativa AOAC.
- **El índice de refracción:** Es la relación entre la velocidad de un rayo de luz en el vacío y la velocidad de la luz a través de la sustancia, es decir la relación aire-sustancia. Es igualmente la relación del seno del ángulo de incidencia al seno del ángulo de refracción (Organización Internacional De Normalización, 1998). Es el método óptico, que guarda relación directa con la pureza de un aceite esencial. Se utilizó un refractómetro ABBE. La medición se realizó a 20 °C. Es importante tomar en cuenta la temperatura. Según la normativa AOAC.

### 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 et al. (2012) indican que rendimiento de la extracción del aceite del cilantro (*Coriandrum sativum*) se obtiene por el medio de la ecuación:

$$\text{Rendimiento} = \frac{P_p}{P_m} \times 100$$

Donde:

***P<sub>p</sub>*** : Peso del producto (g)

***P<sub>m</sub>***: Peso de la materia prima (g)

En el trabajo realizado el tiempo de extracción fue de 120 min para que no se degrade el aceite esencial por exceso de calentamiento y a 90 min para asegurar un rendimiento suficiente.

### Materiales

– *Coriandrum sativum* procedente de la ciudad de Puno – Perú

### Insumos

– Agua de la red pública

– Material de acero (regla, soporte universal, bandejas, tijeras)

– Balanza analítica

– Buretas

– Botellas de color ámbar

### Equipos

– Equipo modular de extracción de aceite esencial (MOD. UDCA-2/EV)

– Cromatografía de gas agilent technologies 5975 B inert XL EI/CI MSD

– Compresor (MOD. LVA-65)

– Generador de vapor. Generador de vapor eléctrico SC-5000

## 3. RESULTADOS

Tabla 1

*Parámetros controlados en la extracción por arrastre de vapor del cilantro 1º experimento*

<i>Peso de la muestra de cilantro (coriandrum sativum)</i>							
<i>4 kg</i>							
Caudal de agua (L/h)	Tiempo	T1	T2	T3	T4	Presión	Rendimiento
	(min)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(bar)	(%)
150	0	51,8	16,6	15,1	19,3	3,5	0,0775
	10	87,5	16,5	27,5	18	3,8	
	20	87,5	16,6	30,4	18,1	3,7	
	30	87,5	16,6	34,4	18,3	4,0	
	40	87,5	16,5	35,1	18,2	3,3	
	50	87,5	16,5	30,1	18	3,6	
	60	87,5	16,7	27,2	17,9	3,5	
	70	87,5	16,6	26,2	17,7	3,8	
	80	87,5	16,5	28,4	17,6	3,6	
	90	87,6	16,4	35,2	18,9	3,0	
	100	87,6	16,4	35,9	19,1	3,5	
	110	87,6	16,4	38,9	19,2	3,8	
120	87,6	16,4	38,5	19,5	4,1		

En la tabla 1 podemos identificar que, a 4 kg de la planta de cilantro, a 120 minutos y un caudal de agua de 150 L/h nos da como rendimiento 0,0775%.

**Tabla 2**

*Parámetros controlados en la extracción por arrastre de vapor del cilantro 2º experimento*

<i>Peso de la muestra de cilantro (coriandrum sativum)</i>							
<i>4 kg</i>							
<b>Caudal de agua (L/h)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>T1 (°C)</b>	<b>T2 (°C)</b>	<b>T3 (°C)</b>	<b>T4 (°C)</b>	<b>Presión (bar)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
200	0	18,8	18,5	17,4	20,3	3,5	0,0325
	10	87,5	16,4	27,3	18,4	3,4	
	20	87,6	16,5	31,8	18,1	3,45	
	30	87,6	16,5	32,2	19,1	3,8	
	40	87,6	16,5	32,6	18,9	3,6	
	50	87,6	16,5	31,8	19	4,0	
	60	87,6	16,6	31,4	18,9	3,2	
	70	87,6	16,6	30,3	19,2	3,4	
	80	87,6	16,6	31,1	19,5	3,0	
	90	87,6	16,6	29,8	19,7	3,5	
	100	87,6	16,6	31,1	20,4	3,8	
	110	87,6	16,7	32,4	20,2	4,0	
120	87,6	16,7	32,3	20,4	4,3		

En la tabla 2 podemos identificar que, a 4 kg de la planta de cilantro, a 120 minutos y un caudal de agua de 200 L/h nos da como rendimiento 0,0325%.

**Tabla 3**

*Parámetros controlados en la extracción por arrastre de vapor del cilantro 3° experimento*

<i>Peso de la muestra de cilantro (coriandrum sativum)</i>							
<i>5 kg</i>							
Caudal de agua (L/h)	Tiempo	T1	T2	T3	T4	Presión	Rendimiento
	(min)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(bar)	(%)
150	0	20,8	23,2	23,0	21,2	3,3	0,068
	10	87,5	16,6	25,3	28,0	3,8	
	20	87,5	16,4	25,2	21,9	3,9	
	30	87,5	16,4	24,1	19,3	3,4	
	40	87,5	16,9	24,1	18,9	3,9	
	50	87,6	16,7	24,6	18,5	3,5	
	60	87,6	16,6	24,4	17,8	4,0	
	70	87,6	16,5	26,7	17,6	3,8	
	80	87,6	16,5	27,9	17,4	3,7	
	90	87,6	16,5	27,9	17,5	4,0	
	100	87,5	16,4	26,9	17,7	3,7	
	110	87,5	16,4	26,1	17,3	3,8	
120	87,6	16,4	28,1	17,3	3,9		

En la tabla 3 podemos identificar que, a 5 kg de la planta de cilantro, a 120 minutos y un caudal de agua de 150 L/h nos da como rendimiento 0,068%.

**Tabla 4**

*Parámetros controlados en la extracción por arrastre de vapor del cilantro 4º experimento*

<i>Peso de la muestra de cilantro (coriandrum sativum)</i>							
<i>5 kg</i>							
<b>Caudal de agua (L/h)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>T1 (°C)</b>	<b>T2 (°C)</b>	<b>T3 (°C)</b>	<b>T4 (°C)</b>	<b>Presión (bar)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
200	0	20,6	16,2	14,7	18,8	3,9	0,052
	10	82,1	16,3	15	19,8	3,7	
	20	88,4	16,5	39,3	18,3	3,7	
	30	88,4	16,4	39,7	18,3	3,6	
	40	88,9	16,4	27,6	17,9	3,0	
	50	88,1	16,5	39,3	18,6	3,0	
	60	88,3	16,5	39,6	18,8	3,2	
	70	87,4	16,5	39,7	18,6	3,7	
	80	89,5	16,5	41,9	18,6	3,9	
	90	88,5	16,5	41,5	19,1	3,8	
	100	88,1	16,5	41,3	18,6	4,0	
	110	88,9	16,5	41,9	18,4	3,8	
120	89,4	16,5	42,9	18,5	3,7		

En la tabla 4 podemos identificar que, a 5 kg de la planta de cilantro, a 120 minutos y un caudal de agua de 200 L/h nos da como rendimiento 0,052%.

**Tabla 5**

*Resultado del análisis fisicoquímico del aceite esencial de cilantro*

<b>PARÁMETROS</b>	<b>VALORES</b>
Densidad 17.3 °C	0,9400 g/mL
Índice de acidez	4,29
Índice de peróxidos	0,84 meq/kg
Índice de refracción 20°C	1,513

*Nota.* Resultados del Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría – Pabellón de Control de Calidad de la Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco.

La densidad 0,9400 g/mL a una temperatura de 17,3 °C. Según el análisis realizado se comprobó que la densidad del aceite esencial de cilantro (coriandrum sativum) es inferior a la del agua (<1g/ml), lo que significa que es insoluble en agua. Yáñez, et al. (2014) nos dice que la densidad del aceite esencial es de 0,87 g/ml, habiendo una diferencia. El índice de refracción 1,513 a una temperatura de 20 °C.

**Tabla 6**

*Resultados de análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas del aceite esencial de cilantro*

N°	COMPUESTO (ID)	TIEMPO DE RETENCIÓN (RT)	CONTENIDO RELATIVO % (ÁREA %)	% COINCIDENCIA BIBLIOTECA (QUAL)
1	n-Nonane	6,312	0,68	97
2	n-Decane	8,968	0,17	95
3	Octanal	9,078	0,11	91
4	5-Methyl-2,3-Hexanedione	10,553	0,18	4
5	Linaloxide (trans, isomer A)	11,255	0,08	90
6	Linaloxide (trans, isomer A)	11,725	0,09	91
7	Linalol	11,974	1,58	91
8	Nonanal	12,093	0,25	91
9	Nonanol	14,063	0,16	91
10	cis-4-Decenal	14,913	0,19	50
11	n-decanal	14,913	15,13	91
12	trans-2,cis-6-Nonadienal	16,444	0,50	25
13	Nonyl acetate	16,943	15,70	47
14	2-Hexen-1-ol (trans)	17,044	1,81	35
15	1-Decanol	17,121	3,36	91
16	Nonyl acetate	17,890	0,19	83

*Nota.* Resultados del Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría – Pabellón de Control de Calidad de la Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco.

En la Tabla 6 se observó que los componentes mayoritarios del aceite esencial de cilantro (*coriandrum sativum*) son: nonyl acetate (15,70 %), n – decanal (15,13 %), trans-2-octenal (13,23 %), lauric aldehyde (5,08 %), linalol (1,58 %), trans-2-nonenal (1,12 %), geraniol (0,08 %).

Tabla 7

Factores para la maximización del rendimiento del aceite esencial de cilantro

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Peso	4,0	5,0	4,0
Caudal de enfriamiento	150,0	200,0	150,0
Tiempo	90,0	120,0	120,0

La Tabla 7 muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza el rendimiento sobre la región indicada. Use el cuadro de diálogo de opciones de ventana para indicar la región sobre la cual se llevará a cabo la optimización. Puede establecer el valor de uno o más factores a una constante, estableciendo los límites alto y bajo en ese valor.

#### 4. DISCUSIÓN

Se hallaron diferencias respecto al estudio de Yáñez et al. (2014) que indica que la densidad del aceite esencial es de 0,87 g/ml, lo que representa una diferencia notable. Además, el índice de refracción 1,513 a una temperatura de 20 °C. Se comprobó que no presenta adulteraciones en su contenido y se encuentra dentro de los rasgos normales (1,40–1,61) según (Murillo et al., 2004).

En cuanto a la caracterización organolépticas del aceite esencial de cilantro extraído por destilación de arrastre de vapor de agua, la caracterización fue realizada después de la extracción. En Yáñez et al. (2014) encontramos similares resultados sobre la caracterización organoléptica donde el color y el sabor no difieren. En cambio, el sabor y aspecto no tenemos datos de otros autores.

En el cilantro (*coriandrum sativum*), no se encontró el D-limoneno pese a que según Escobar et al. (2012) si aparece dicho componente, tampoco se hallaron componentes importantes como cineol, borneol, coriandrol que su principal función es antimicrobiana según (Q & G, 2009).

Según Leal et al. (2013) la composición de la hoja de cilantro (*coriandrum sativum*) muestra la presencia de D-linalol en una proporción del 16,33 %, por lo cual difiere en cuanto la semilla fresca que es  $\alpha$ -pineno en 8,97 % y semilla almacenada que tendrá  $\beta$ -pineno al 2,06 %. Mostrando algunas diferencias de composición en especial al comparar el aceite esencial de la hoja con el de las semillas.

#### 5. CONCLUSIONES

El mejor rendimiento es 0,07625%, asimismo la caracterización de sus compuestos químicos es: nonyl acetate (15,70 %), n – decanal (15,13 %), trans-2-octenal (13,23 %), lauric aldehyde (5,08 %), linalol (1,58 %), trans-2- nonenal (1,12 %), geraniol (0,08 %), concluyendo que si hay la existencia de compuesto aromáticos.

Además, el aceite esencial de cilantro tiene las siguientes características fisicoquímicas: densidad 0,9400 g/mL (17,3°C), índice de refracción 1,513 (20°C), índice de acidez 4,29 % e índice de peróxidos 0,84meq/kg. Al obtener el aceite esencial de cilantro (*coriandrum sativum*) se analizó los siguientes parámetros (cantidad de materia prima, caudal de agua y tiempo) dando, el parámetro más importante el tiempo, haciendo una diferencia



entre dos valores. Que a más tiempo mayor aceite extraemos. Pero solo llega hasta cierto tiempo ya que pasara lo contrario.

El porcentaje de rendimiento del aceite esencial (*Coriandrum sativum*) 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*), que son los valores óptimos. Es recomendable el uso de otras técnicas de extracción del aceite esencial de cilantro (*Coriandrum sativum*) para la verificación del rendimiento de la extracción del aceite esencial de la planta. También por la facilidad de volatilidad que tiene, haciendo que el rendimiento baje en altas proporciones.

#### **Conflicto de intereses / Competing interests:**

Los autores declaran que no incurren en conflictos de intereses.

#### **Rol de los autores / Authors Roles:**

Mercy Condori: Conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, recursos, software, supervisión, validación, visualización, escritura -preparación del borrador original, escritura -revisar & edición.

Gregorio Palomino: Conceptualización, metodología, administración del proyecto, software, escritura -preparación del borrador original, escritura -revisar & edición.

#### **Fuentes de financiamiento / Funding:**

Los autores declaran que no recibieron un fondo específico para esta investigación.

#### **Aspectos éticos / legales; Ethics / legals:**

Los autores declaran no haber incurrido en aspectos antiéticos, ni haber omitido aspectos legales en la realización de la investigación.

## **REFERENCIAS**

- Anitescu, G., Doneanu, C., & Radulescu, V. (1997). Isolation of coriander oil: Comparison between steam distillation and supercritical CO<sub>2</sub> extraction. *Flavour Fragr. J.*, 12(6), 173.
- Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. *Food Microbiol.*, 94, 223-253.
- Cantore, P. L., Iacobellis, N. S., De Marco, A., & Capasso, F. (2004). Antibacterial activity of *Coriandrum sativum* L. and *Foeniculum vulgare* Miller Var. *vulgare* (Miller) Essential Oils. *Food Chem.*, 52, 7862-7866.
- Cardenas, E. (2014). Determinación de parámetros de operación para la destilación por arrastre con vapor de agua del aceite esencial de molle (*Schinus molle* Linneo) en el equipo modular de extracción .de aceites esenciales de la fiqm • UNSCH (Universidad Nacional San Cristobal De Huamanga).
- Escobar, A. N., Molina, C. E., & Zapata, G. A. (2012). Comparación de la actividad acaricida entre *Ocimum basilicum*, *Coriandrum sativum* y *Thymus vulgaris* contra el ácaro *Tetranychus urticae*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Fernandez, O. (1989). Prueba de adaptacion, estimacion de parámetros geneticos y correlacion en 12 genotipos de cilantro (*Coriandrum sativum* L.). UAAAN.
- González, E. (2017). cilantro (*Coriandrum sativum* L.) un cultivo ancestral con potencial sub-utilizado. México.

- Granados, C., Yáñez, X., & 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*, 10(1), 12-23.
- Hernández, J. (2003). Crecimiento y desarrollo del cilantro *Conandrum sativum* L. Por efecto del fotoperiodo y la temperatura y su control con fitoreguladores (Universidad Autónoma de Nuevo León). Recuperado de <http://eprints.uanl.mx/5784/1/1020148421.PDF>
- Lawrence, B. M. (1993). A planning scheme to evaluate new aromatic plants for the flavor and fragrance industries in new Crops (J. Janick & J. E. Simon, Eds.). New York.
- Leal, E., López-Malo, A., & Sosa-Morales, M. E. (2013). Extracción, composición y caracterización de los aceites esenciales de hoja y semilla de cilantro (*Coriandrum sativum*). *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(1), 97-103
- Loaysa, N. (1998). Extracción de aceite esencial de eucalipto con fines farmacéuticos. Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco.
- Martínez, A. (2001). Aceites esenciales (Universidad De Antioquia). Recuperado de [http://www.med-informatica.com/OBSERVAMED/Descripciones/AceitesEsencialesUdeA\\_esencias 2001b.pdf](http://www.med-informatica.com/OBSERVAMED/Descripciones/AceitesEsencialesUdeA_esencias 2001b.pdf)
- Morocco, S. (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). Recuperado de <http://www.repositorio.unap.edu.pe>
- Msaada, K., Hosni, K., Taarit, M. B. E. N., & Ouchikh, O. (2009). Variations in essential oil composition during maturation of coriander. 33, 603-612. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2009.00240.x>
- Murillo, E., Fernández, K., & Sierra. (2004). Caracterización Físico-Química Del Esencial De Albahaca. II. *Revista Colombiana de Química*, 33(2), 139-148.
- Organización Internacional de Normalización. (1998). Aceites esenciales-determinación del índice de refracción.
- Punina, P., Danilo, F., & Chicaiza, Q. (2010). Desarrollo de un sistema de extracción de aceites esenciales. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.
- Q & G (2009). Ensayo preliminar de la actividad antibacteriana de extractos de *Allium sativum*, *Coriandrum sativum*, *Eugenia vulgaris* frente a *Clostridium perfringens*. *Biosalud*, 8(1), 47-57.
- Ramadan, M.F., Amer, M.A.A., and Awad, A. E. (2008). Coriander (*Coriandrum sativum* L.) seed oil improves plasma lipid profile in rats fed a diet containing cholesterol. *Food Res*, (227), 1173-1182.
- Wangensteen, H. Samuelsen, A.B. Malterud, K. E. (2004). Antioxidant activity in extracts from coriander. *Food Chem*, 88, 293-297.
- Yáñez M, P., Escoba, A., Molina, C., & Zapata, G. (2014). Comparación de la actividad acaricida de los aceites esenciales de *Ocimum basilicum*, *Coriandrum sativum* Y *Thymus vulgaris* contra *Tetranychus urticae*. *La Granja*, 19(1), 21. <https://doi.org/10.17163/lgr.n19.2014.01>

