



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS”**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN
DE LOS ACEITES ESENCIALES DE CLAVO DE OLOR
(*Syzygium aromaticum*) Y CANELA (*Cinnamomum verum*)**

Autor:

Bach. Juan Jhordy Saldaña Fernández

Asesor:

Ms. Segundo Grimaldo Chávez Quintana

Registro (...)

**CHACHAPOYAS – PERÚ
2019**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS”**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN
DE LOS ACEITES ESENCIALES DE CLAVO DE OLOR
(*Syzygium aromaticum*) Y CANELA (*Cinnamomum verum*)**

Autor:

Bach. Juan Jhordy Saldaña Fernández

Asesor:

Ms. Segundo Grimaldo Chávez Quintana

Registro (...)

**CHACHAPOYAS – PERÚ
2019**

DEDICATORIA

Con mucho amor y respeto a mis padres Héctor Saldaña Fuentes y Rosa Miriam Fernández Honores, y hermano Jhann Antoni Saldaña Fernández quienes siempre han sido parte fundamental de mis logros obtenidos, incondicional apoyo, en todo momento de mi vida, por sus consejos y valores enseñados, y por la motivación constante de superarme día a día.

A mis docentes de la Universidad por las enseñanzas, conocimientos y experiencias compartidas en las aulas con el fin de contribuir a través de sus experiencias y conocimientos en mi formación persona y profesional.

Juan Jhordy Saldaña Fernández

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado la vida, y brindarme siempre, salud, tenacidad y fe para la realización de mis metas.

A Sonia Chuquizuta Caruajulca, por haberme apoyado durante todo este tiempo y ser un pilar fundamental en mi vida.

Al asesor de tesis, el Ms. Segundo Grimaldo Chávez Quintana, por el apoyo incondicional en la elaboración, ejecución y culminación del presente trabajo de investigación a través de sus conocimientos y experiencias.

Al Proyecto SNIP N° 381743 – PROALIMENTOS, quién a través de su personal el Ing. César Rafael Balcázar Zumaeta, aportó al presente trabajo, agradeciendo por su tiempo, paciencia e interés para hacer posible la realización de esta tesis.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas y la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, cuna de conocimiento y por ser la Institución referente en la región que todo joven necesita para poder contribuir al desarrollo de nuestra población.

De igual forma a mis familiares y amigos quienes con su aprecio, cariño y apoyo que me brindan en mi formación.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dr. Policarpio Chauca Valqui

Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Vicerrector Académico

Dra. Flor de Teresa García Huamán

Vicerrectora de Investigación

Mg. Erick Aldo Auquiñivin Silva

Decano de la Facultad de

Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

El Docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada: **Comparación de dos métodos de extracción de los aceites esenciales de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y canela (*Cinnamomum verum*)**; del Bachiller de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, egresado de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial:

✓ **Bach. Juan Jhordy Saldaña Fernández**

El suscrito da el visto bueno al informe de la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, manifestando su voluntad de apoyar al tesista en el levantamiento de observaciones y en el Acto de sustentación de tesis.

Chachapoyas, 19 de noviembre de 2019



Ms. Segundo Grimaldo Chávez Quintana
Docente de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

JURADO EVALUADOR



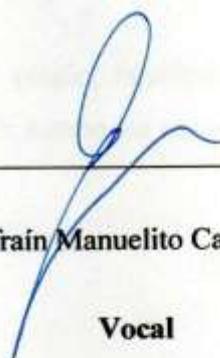
Mg. Erick Aldo Auquiñivin Silva

Presidente



Mg. Jannie Caroll Mendoza Zuta

Secretaria



Ms. Efraín Manuelito Castro Alayo

Vocal

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, Juan Jhordy Saldaña Fernández identificado con DNI N°73537537, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

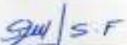
Declaro bajo juramento que:

- I. Soy autor de la tesis titulada: Comparación de dos métodos de extracción de los aceites esenciales de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y canela (*Cinnamomum verum*)
La misma que presento para optar: Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.
- II. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
- III. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
- IV. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- V. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 20 de Noviembre de 2019


Juan Jhordy Saldaña Fernández
DNI. 73537537



ANEXO 3-N

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 20 de noviembre del año 2019 siendo las 11:00 horas, el aspirante, Geon Jhordy Saldano Fernandez defiende en sesión pública la Tesis titulada: "Extracción de dos Matrices de Extracción de lo Aceite Esencial de Clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y Camela (*Centrosema venosum*)"

para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente Ingr. Eric Aldo Augustin Salas

Secretario Ingr. Ganna Conall Mendosa Tello

Vocal Ingr. Efraim Manuelito Castro Alayo

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas preguntas y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguientemente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determino la calificación global concedida la Tesis para obtener el Título Profesional, en terminos de:

Aprobada (/)

Desaprobada ()

Otorgada la calificación, el Secretario de Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 12:30 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

Mendosa
SECRETARIO

[Signature]
2019

[Signature]
PRESIDENTE

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS	vi
JURADO EVALUADOR	vii
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO	viii
ACTA DE EVALUACION DE SUSTENCION DE TESIS	ix
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	16
II. MATERIALES Y METODOS	19
2.1 Diseño de la Investigación	19
2.2 Variables de estudio	20
2.3 Muestra	20
2.4 Tecnicas	21
2.5 Procedimiento	24
2.6 Análisis de datos	25

III. RESULTADOS	26
VI. DISCUSIONES	33
VII. CONCLUSIONES	36
VIII. RECOMENDACIONES	37
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
ANEXOS	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos empleados	19
Tabla 2. Diseño de la investigación	19
Tabla 3. Operacionalización de variables	20
Tabla 4. Desviación estandar de los tratamientos en el tiempo de extracción.....	27
Tabla 5. Desviación estandar de los tratamientos en el rendimiento	28
Tabla 6. Desviación estandar de los trataminetos en la capacidad antioxidante	30
Tabla 7. Prueba multivariante para el tipo de extracción	30
Tabla 8. Prueba de efectos inter-sujetos según el tipo de extracción	31
Tabla 9. Prueba de efectos inter-sujetos: Tipo de extracción- tipo de muestra- fuente..	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo para la extracción del aceite esencial de jengibre	21
Figura 2. Equipo de extracción por arrastre a vapor	22
Figura 3. Equipo para la extracción por hidrodestilación	23
Figura 4. Tiempo de extracción en los tratamientos empleados	26
Figura 5. Rendimiento de los tratamientos en canela y clavo de olor	28
Figura 6. Capacidad antioxidante de los tratamientos evaluados	29

RESUMEN

En la presente investigación se comparó dos métodos de extracción (hidrodestilación y arrastre con vapor de agua) para la extracción de aceite esencial de las especies clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y canela (*Cinnamomum verum*) en función del rendimiento, tiempo de extracción y capacidad antioxidante. Se trabajaron con muestras recolectadas del distrito de Chachapoyas. Se obtuvo que el aceite esencial de canela posee un mayor rendimiento (6.7%) y una elevada capacidad antioxidante de 86.065% en comparación al aceite esencial de clavo de olor que obtuvo una capacidad antioxidante de 82.827%; mediante la técnica de captación de radicales libres (DPPH). Se evidenció que según el tipo de extracción, los tratamientos de la muestra indican diferencias significativas en el tiempo, rendimiento y capacidad antioxidante de los aceites esenciales de canela y clavo de olor. Se concluye que mediante la destilación de arrastre de vapor se obtienen un mayor rendimiento y una elevada capacidad antioxidante en los aceites esenciales de canela y clavo de olor.

Palabras clave: Aceite esencial, *Syzygium aromaticum*, *Cinnamomum verum*, capacidad antioxidante

ABSTRACT

In the present investigation, two extraction methods (hydrodistillation and steam trawling) were compared for the extraction of essential oil from the species clove (*Syzygium aromaticum*) and cinnamon (*Cinnamomum verum*) depending on the yield, extraction time and antioxidant capacity. We worked with samples collected from the Chachapoyas district. It was obtained that the essential oil of cinnamon has a higher yield (6.7%) and a high antioxidant capacity of 86.065% compared to the essential oil of cloves that obtained an antioxidant capacity of 82.827%; using the technique of free radical capture (DPPH). It was evidenced that the type of extraction, the treatment of the sample show significant differences in the time, yield and antioxidant capacity of the essential oils of cinnamon and cloves. It is concluded that steam distillation yields a higher yield and high antioxidant capacity in the essential oils of cinnamon and clove.

Keywords: Essential oil, *Syzygium aromaticum*, *Cinnamomum verum*, antioxidant capacity

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente las especies más utilizadas para el uso alimentario, farmacéutico y cosmetológico, que tienen mayor demanda, son aquellas que presentan más propiedades: Antimicrobianas, aromáticas, saborizantes y medicinales; por tal motivo, en esta investigación se busca crear un componente innovador para potencializar las propiedades de conservación que ofrecen las plantas aromáticas mediante la extracción de aceites esenciales para el sector productivo local de Chachapoyas.

Los aceites esenciales son fracciones líquidas volátiles, destilables por arrastre con vapor de agua, hidrodestilación o con solventes según la especie y objetivo a tratar, la extracción del aceite esencial busca nuevas alternativas, tomando como base la gran necesidad de la carencia de estudios o investigaciones realizadas referentes a esta temática en nuestro medio local (Saavedra, 2016).

En la región Amazonas encontramos una gran variedad de especies aromáticas, entre ellas el clavo de Olor (*S. aromaticum*) y la canela (*C. verum*), por tratarse de especias altamente estudiadas a nivel mundial, pero con muy pocos estudios realizados en la región y en la provincia de Chachapoyas, es que el presente estudio pretende realizar un estudio comparativo de ambas especias mediante diferentes formas de extracción para buscar una oportunidad de aprovechamiento de éstas, para poder generar así tecnologías más apropiadas para su aprovechamiento y posterior tratamiento

La extracción de estos aceites esenciales se presenta como una alternativa para generar desarrollo del sector agroindustrial debido al gran potencial en diversidad en plantas con contenido de aceites, sobre todo en la industria de los alimentos. A través de la investigación se comparó dos métodos de extracción (hidrodestilación y arrastre a vapor) en dos especias (clavo de olor y canela) previo tratamiento de las muestras (pellets y harina) y que fueron evaluados en función a rendimiento (%), y su capacidad antioxidante de los aceites esenciales obtenidos.

En referencia al aceite esencial de clavo de olor; Aguilar-González (2013), indican que es un líquido de color amarillo intenso, especiado, conocido comúnmente como “olor a clavo” y que posee un amplio espectro de acción contra una gran variedad de microorganismos causantes de distintos padecimientos que afectan a humanos, animales

y plantas. En cuanto a la capacidad antioxidante mediante la técnica de DPPH, Silvestri et al. (2010) obtuvo que posee un 95,6% de actividad antioxidante para una concentración de 1000 $\mu\text{g.mL}^{-1}$, asimismo Radünz et al. (2019) indica que la capacidad de eliminación de DPPH del aceite esencial de clavo de olor a la concentración de 484.7 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ es de 94.86%. Esta alta capacidad antioxidante se puede deber a los componentes que posee, según indica Celis et al. (2010) dicho aceite posee entre 60 a 90% de eugenol, cariofileno y otros componentes; de esto se puede deducir que este aceite puede ser considerado como una alternativa antioxidante para la formulación de nuevos productos alimenticios.

El aceite de clavo de olor *S. aromaticum*, es considerado por sus propiedades medicinales, como estimulante contra trastornos digestivos y diarreas (Machado et al, 2011).

Para el aceite esencial de canela, Choi et al. (2016) indica la presencia de cinamaldehído (56,3%), acetato de cinamilo (7,1%) y β -felandreno (6,3%); la presencia de fenoles aromáticos o aldehídos en este aceite esencial tiene una actividad antimicrobiana considerable para la conservación. En cuanto a la actividad antioxidante, Pájaro et al. (2018) mediante la técnica de DPPH* pero a través del IC50 obtuvieron un $170,9 \pm 0,25$ $\mu\text{g.mL}^{-1}$ de concentración del aceite esencial necesario para reducir in vitro el crecimiento poblacional de organismos, incluidas las células eucariotas, en un 50 %; en cuanto a dicho resultado se concluye que está directamente relacionado con el contenido de monoterpenos oxigenados.

En base a estas referencias, la investigación tuvo un diseño experimental teniendo como fuentes (canela y clavo de olor), la presentación de la muestra (harina y pellets) y el método de extracción (arrastré de vapor e hidrodestilación), teniendo un total de 8 tratamientos en función de estos tres factores estudiados, considerando tres repeticiones por cada tratamiento en donde se evaluaron el tiempo de extracción (min), rendimiento (%) y capacidad antioxidante (%).

Para la extracción por arrastre de vapor se utilizó el método descrito por Vásquez (2001), en el cual el aceite esencial que se obtiene viene arrastrado por el vapor de agua, que al condensarse forma una mezcla de aceite esencial más agua. Para eliminar el agua se colocó esta mezcla en una pera de separación, donde debido a la diferencia de densidades, es posible separar la mayor parte del agua. En el caso de la hidrodestilación, se recurrió al método de Caballero et al. (2011) y Cerpa (2007), donde el material que se extrajo está

completamente sumergido en agua, la cual fue calentada hasta su ebullición, a través de fuego directo; la característica principal de este proceso es el contacto directo entre el agua en ebullición y el material.

Una vez obtenido las muestras de aceite esencial de clavo de olor y canela se evaluó la capacidad antioxidante, esto se determinó utilizando la metodología espectrofotométrica: eliminación del radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) de acuerdo con el método propuesto por Brand-Williams et al. (1995) con modificaciones (Oliveira et al., 2010; y Ventura, 2017). La actividad antioxidante se expresó como porcentaje de captación de DPPH.

En la investigación se obtiene que el aceite esencial de canela posee un mayor rendimiento (6.7%) y una elevada capacidad antioxidante de 86.065% en comparación al aceite esencial de clavo de olor que obtuvo una capacidad antioxidante de 82.827%; mediante la técnica de captación de radicales libres (DPPH).

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Diseño de la investigación

Se llevó por medio de un diseño simple; teniendo en consideración para los tratamientos a emplear los siguientes factores:

Factor A: Tipo de extracción (hidrodestilación y destilación por arrastre de vapor).

Factor B: Tipo de muestra (en harina y en pellets)

Factor C: Fuente (canela y clavo de olor)

Tabla 1. Tratamientos empleados

Tratamientos	Factor A	Factor B	Factor C
T1	Arrastre	harina	Canela
T2	Arrastre	harina	Clavo
T3	Arrastre	pellet	Canela
T4	Arrastre	pellet	Clavo
T5	Hidrodestilación	harina	Canela
T6	Hidrodestilación	harina	Clavo
T7	Hidrodestilación	pellet	Canela
T8	Hidrodestilación	pellet	Clavo

En el diseño de la investigación se consideró tres replicas para evaluar el tiempo de extracción, rendimiento y capacidad antioxidante para las muestras de aceite esencial de canela y clavo de olor.

Tabla 2. Diseño de la investigación

Variables respuesta	Tratamientos							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Tiempo de extracción	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1
Rendimiento	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2
Capacidad antioxidante	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3

2.2 Variables de estudio

Tabla 3. Operacionalización de variables

Variable	Descripción conceptual	Descripción operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente				
Métodos de extracción de aceite esencial de canela y clavo de olor	Extracción es la obtención de una sustancia que estaba contenido en un cuerpo.	La extracción es la separación de una sustancia que puede disolverse en dos disolventes no miscibles.	Hidrodestilación	MI
			Destilación por arrastre de vapor	MI
Variable dependiente				
Tiempo de extracción	Período en el que se realiza una acción.	Tiempo de extracción para obtener aceite esencial.	Tiempo	Min
Rendimiento	Rendimiento del material para obtener un producto.	Rendimiento obtenido de aceite esencial	Rendimiento	%
Capacidad antioxidante	Los radicales son moléculas que tienen uno o más electrones desapareados.	Valora la habilidad de los compuestos antioxidantes presentes.	Capacidad antioxidante	%

2.3 Muestra

Se trabajó con muestras de canela y clavo de olor (100 gr por cada una) para la extracción de aceites esenciales, provenientes de la provincia de Chachapoyas.

2.4 Técnicas

a. Extracción por arrastre de vapor

Para la obtención de aceite esencial de las muestras estudiadas mediante arrastre a vapor, se siguió la técnica descrita por Vásquez *et al.* (2001), mediante el siguiente diagrama:

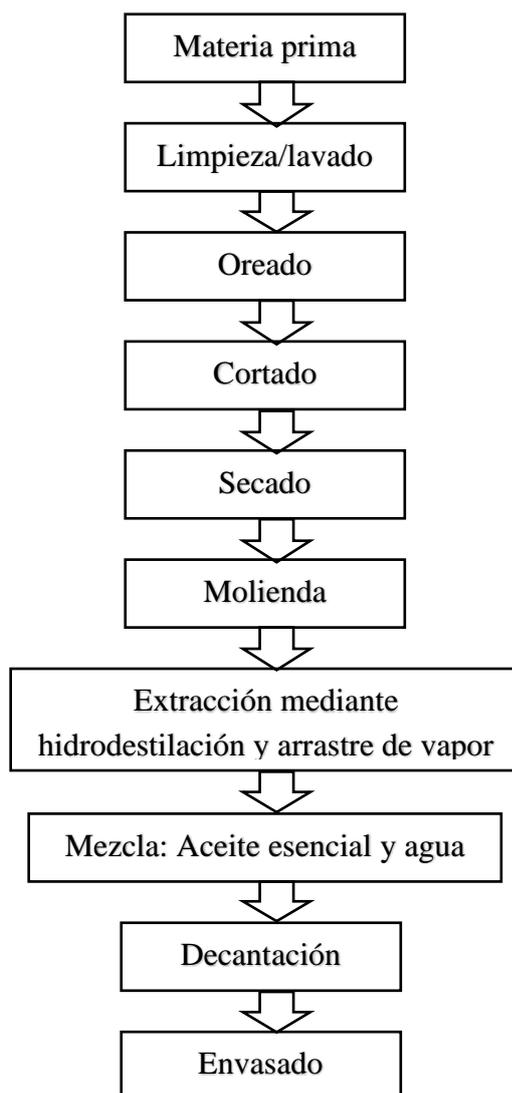


Figura 1. Diagrama de flujo para la extracción del aceite esencial de jengibre

El aceite esencial que se obtuvo mediante el arrastre de vapor de agua, que al condensarse formó una mezcla de aceite esencial más agua. Para eliminar el agua se colocó esta mezcla en una pera de separación, donde debido a la diferencia de densidades, se separó ambas fases.

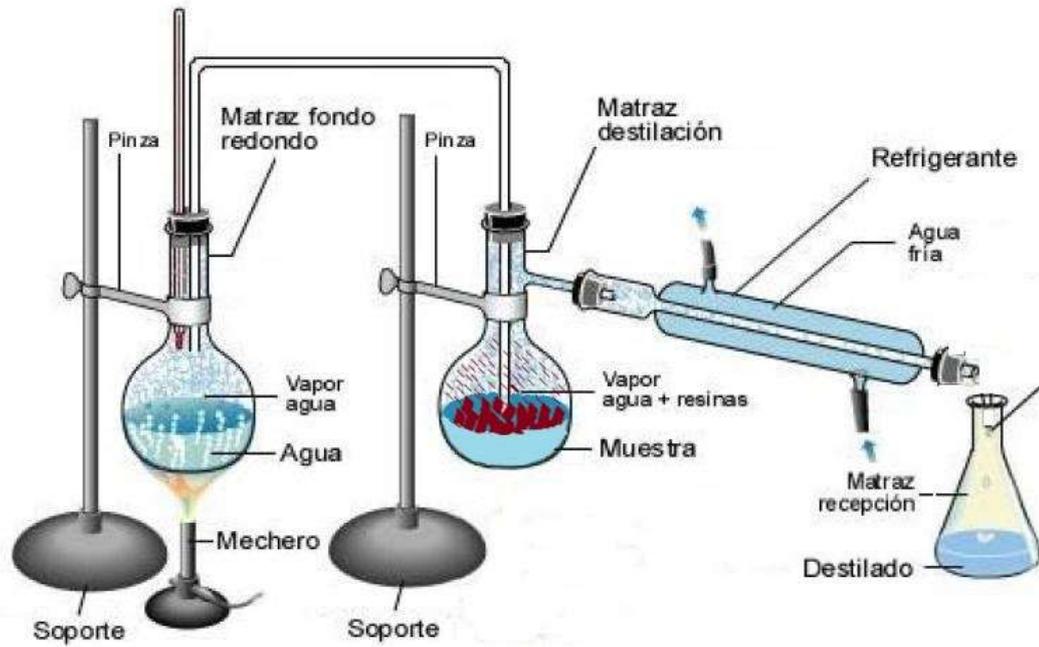


Figura 2. Equipo de extracción por arrastre a vapor

b. Extracción por hidrodestilación

Se utilizó el procedimiento descrito por Caballero et al. (2011) y Cerpa (2007), a través del cual se llenó el balón de destilación con el material a trabajar hasta la mitad de su altura midiendo la masa adicionada, posteriormente se llenó con agua hasta cubrir totalmente el material (el material quede suelto para evitar que se queme el material).

Se realizó el montaje mostrado en la figura 3 teniendo en cuenta lo siguiente: El balón de destilación debe de estar soportado sobre una malla de asbesto o refractaria sobre un aro con nuez, o un trípode.

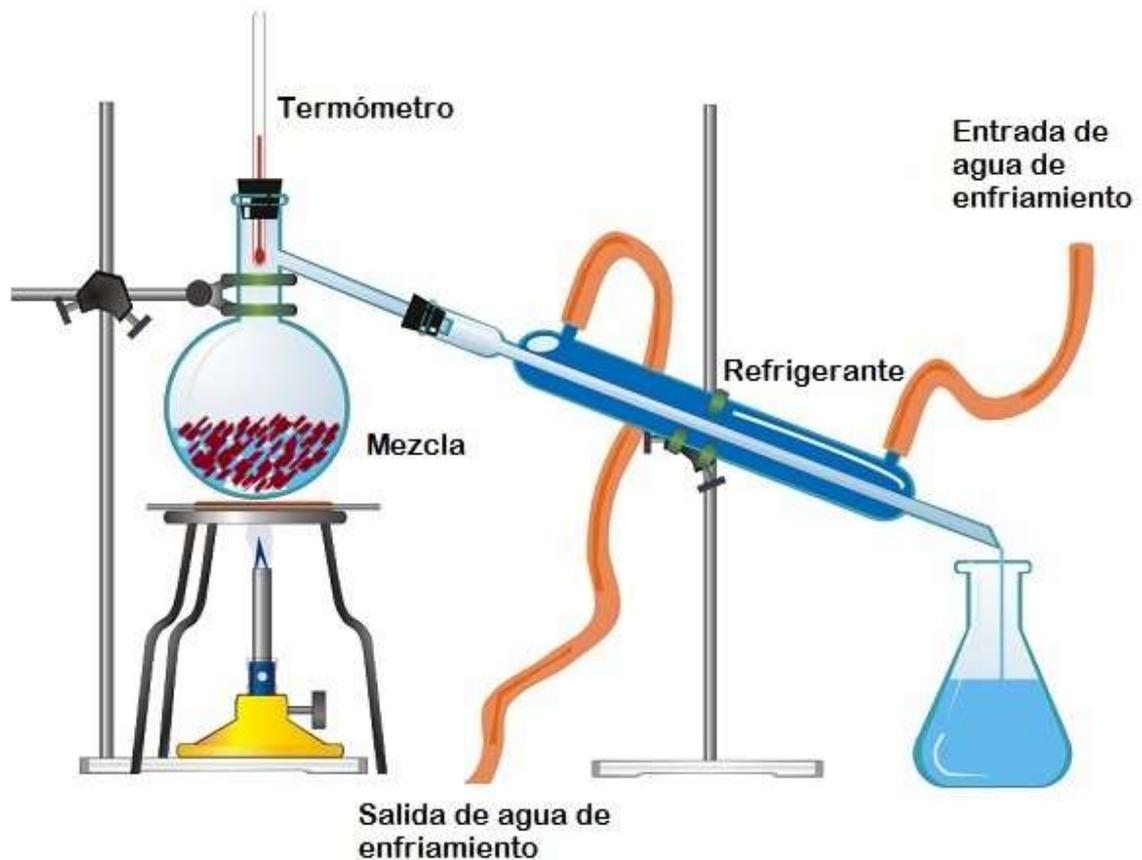


Figura 3. Equipo para la extracción por hidrodestilación

c. Rendimiento:

Para la determinación de rendimiento se utilizará lo siguiente (expresadas en gramos, kilogramos);

$$\%Rendimiento = \frac{Ac. esencial obtenido}{Carga vegetal} \times 100 \dots \dots \dots \text{Ecuación N}^\circ 1$$

d. Tiempo de extracción: Se controló el tiempo de extracción observando que la muestra proveniente de la destilación llegue a un punto donde solo se esté produciendo agua.

e. Capacidad Antioxidante:

Para la actividad antioxidante se utilizó la técnica del DPPH, descrito por Brand-Williams et al. (1995); en donde el radical libre tiene un electrón desapareado y es de color azul-violeta, y se decolora a un amarillo pálido por reacción de una sustancia (DPPH), la absorbancia es medida por espectrometría a 517nm, y la absorbancia se calcula el porcentaje de captación de radicales libres.

Se recurrió al procedimiento modificado descrito por Oliveira et al. (2010); y Ventura (2017):

- Se preparó 100 ml de solución DPPH (2,2-difenil-1-picril hidrazilo) en metanol de 75 mg/ml.
- Se preparó una solución metabólica de muestra a analizar en una concentración de 300 ug/ml (solución A).
- Se preparó el blanco con metanol agua 2:1 para ajustar el espectrofotómetro a cero. En seguida el blanco de muestra con 0,75 ml de muestra (solución A) y 1,5 de metanol.
- El patrón de referencia fue preparado con 1,5 de solución DPPH y 0,75 ml de agua.
- Muestra con 0,75 de solución A y 1,5 ml de solución DPPH, se dejó en reposo por 30 minutos y se realizó la lectura a 517 nm en un espectrofotómetro.
- Se midió la absorbancia del patrón de referencia y del blanco de muestra.
- La actividad antioxidante se expresa como el porcentaje de inhibición lo cual corresponde a la cantidad de radical DPPH neutralizado por el extracto a una determinada concentración.
- Para ello se realiza el siguiente cálculo:
-

$$\%Inh = \left[1 - \frac{A - AB}{AR} \right] \times 100 \dots \dots \dots \text{Ecuación N}^\circ 2$$

Donde:

A: Absorbancia de la muestra

AB: Absorbancia del blanco

AR: Absorbancia de la referencia

2.5 Procedimiento

El procedimiento se describe a continuación:

- a) Se procedió a la recolección de las muestras de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y canela (*Cinnamomum verum*) del distrito de Chachapoyas mediante recolección directa.
- b) Luego se realizó los tratamientos previos, el primero que es triturar la muestra, para la obtención de los pellets; y segundo que corresponde a pulverizar la muestra (obtención de harina).
- c) Se realizó la extracción de los aceites esenciales de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y canela (*Cinnamomum verum*) por los métodos mencionados, cada uno de ellos con tres replicas para cada uno de los tratamientos.
- d) Determinación del rendimiento, tiempo y capacidad antioxidante de los aceites esenciales de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y canela (*Cinnamomum verum*).

2.6 Análisis de datos

Los datos fueron analizados mediante análisis multivariante de la varianza (MANOVA) para identificar si los cambios en las variables independientes (métodos de extracción) tuvieron efectos significativos en las variables dependientes (tiempo, rendimiento y capacidad antioxidante) (Avendaño et al., 2014), la técnica también identificó las interacciones entre las variables independientes a través de la prueba de efectos intersujetos.

III. RESULTADOS

En la figura 4 se observa que el clavo de olor en pellets mediante arrastre tiene un mayor tiempo de extracción (T4) en comparación al clavo de olor en harina obtenido mediante hidrodestilación (T6). En el caso de la canela, se tiene un mayor tiempo de extracción en pellets mediante destilación por arrastre de vapor (T3). Y menor tiempo de extracción en hidrodestilación en harina (T5).

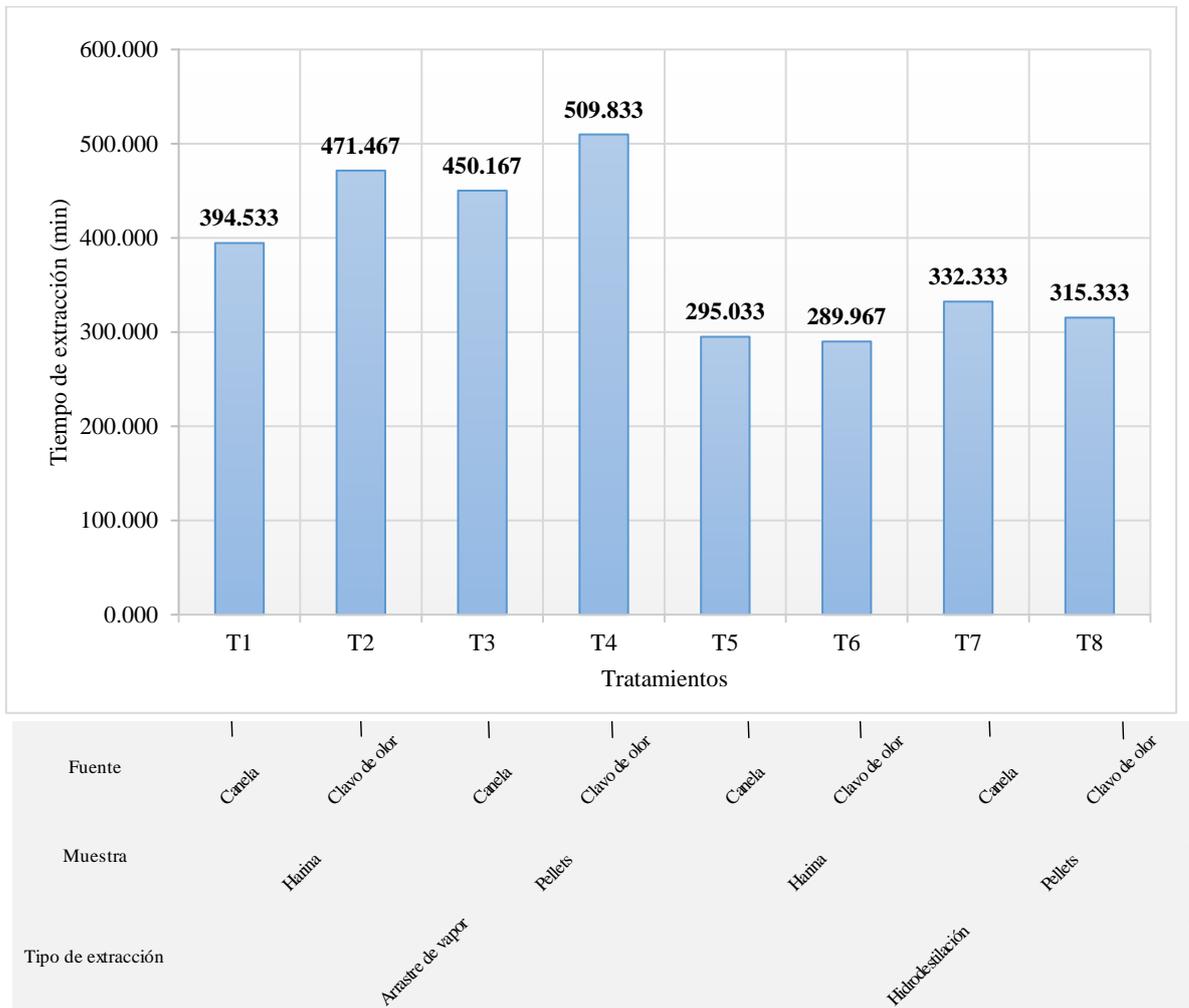


Figura 4. Tiempo de extracción de cada tratamiento

Tabla 4. Desviación estándar de los tratamientos en el tiempo de extracción

Tratamiento	Desviación Estándar
T1	13.062
T2	7.616
T3	0.764
T4	4.752
T5	8.741
T6	3.769
T7	9.074
T8	5.914

En la tabla 3, observamos la desviación estándar de los tratamientos empleados en el tiempo de extracción de los aceites esenciales, evidenciando que los valores de los resultados son regularmente confiables.

En la figura 5, en cuanto al rendimiento de extracción de aceite esencial, se obtuvo un mayor rendimiento en el tratamiento 3 (pellet de canela sometida a arrastre a vapor); de otro lado tenemos que el menor porcentaje de rendimiento obtenido es en el aceite esencial obtenido del clavo de olor en harina mediante hidrodestilación (tratamiento 6). Asimismo, se observa que el porcentaje de rendimiento estuvo en un rango de 4 a 6%.

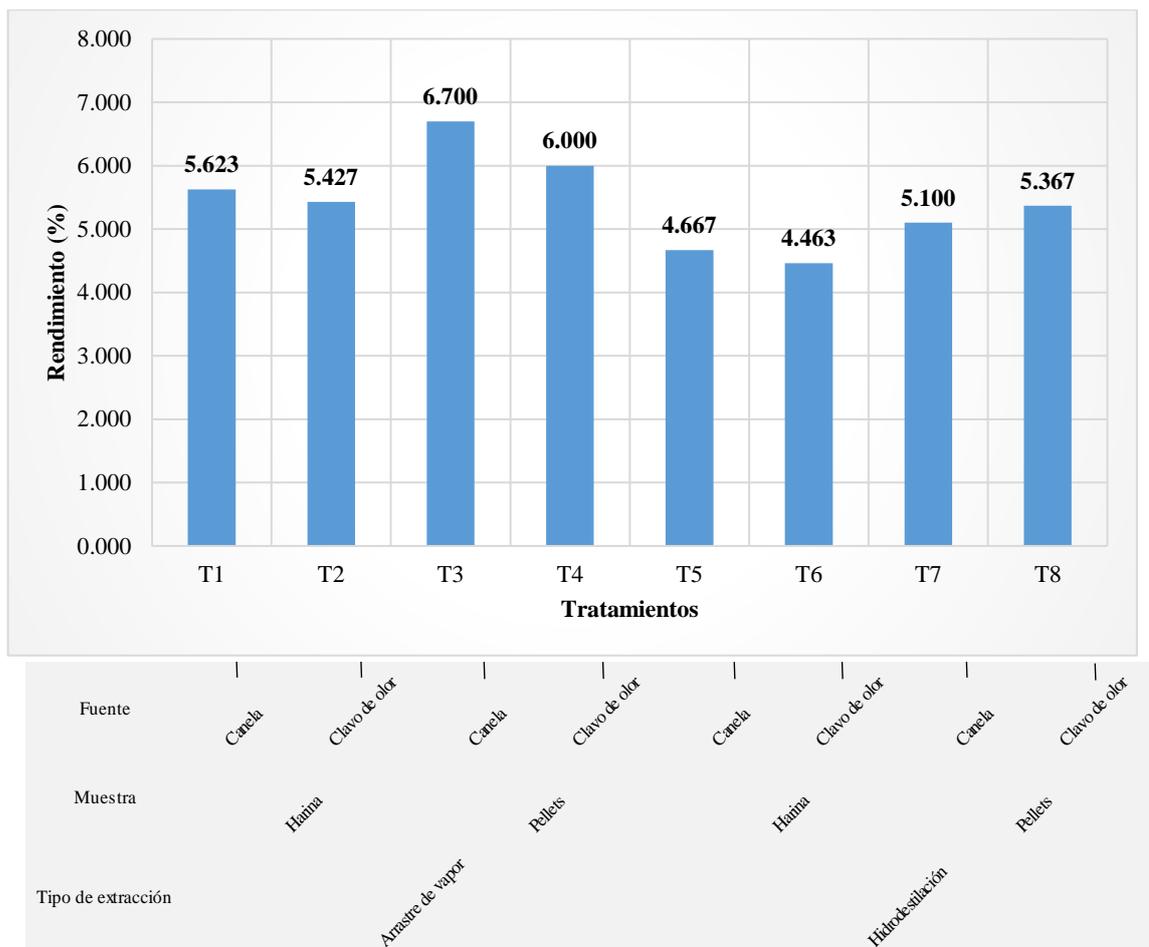


Figura 5. Rendimiento de los tratamientos en canela y clavo de olor

Tabla 5. Desviación estándar de los tratamientos en el rendimiento de los aceites esenciales

Tratamiento	Desviación Estándar
T1	0.204
T2	0.425
T3	0.361
T4	0.100
T5	0.321
T6	0.164
T7	0.200
T8	0.252

En la tabla 5 presentamos la desviación estándar en el rendimiento de los aceites esenciales obtenidos, evidenciando confiabilidad en los resultados puesto que los valores están cercanos a uno.

Para la en la figura 6 se observa que todos los valores superan el 80% de capacidad antioxidante, salvo el tratamiento 6; obteniendo en el aceite esencial de canela en pellets mediante arrastre de vapor la mayor capacidad antioxidante (86.065%) y en el tratamiento 6 la menor capacidad antioxidante.

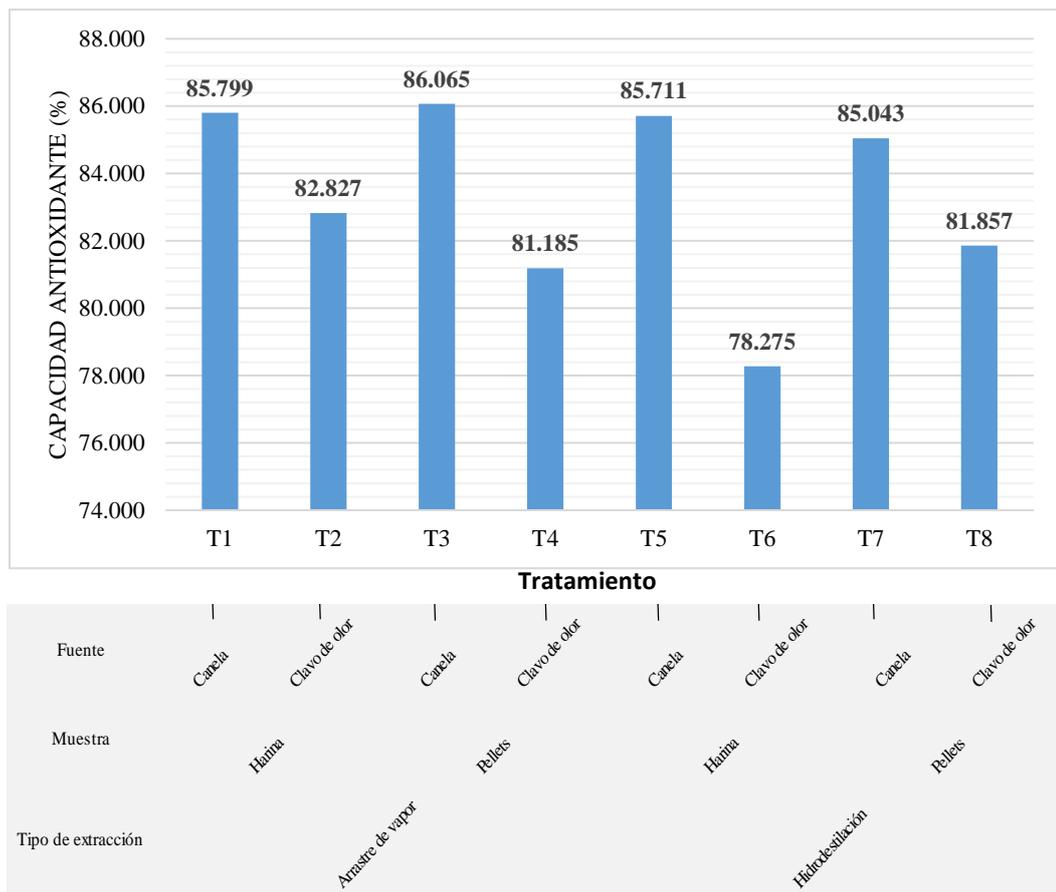


Figura 6. Capacidad antioxidante mediante la técnica de DPPH

Tabla 6. Desviación estándar de los tratamientos en la capacidad antioxidante

Tratamiento	Desviación Estándar
T1	0.272
T2	3.884
T3	0.043
T4	5.778
T5	0.770
T6	3.205
T7	1.033
T8	1.841

En la tabla 6, presentamos la desviación estándar de los tratamientos en la capacidad antioxidante mediante la técnica del DPPH observando que los valores en la mayoría de casos son confiables (T1, T3, T5, T7, T8) por estar cercanos a cero y regularmente confiables en (T2, T4, T6) por tener valores mayores a 3.

En tabla 7, en la prueba multivalente aplicada (Traza de Pillai) sobre los tratamientos evaluados en lo concerniente al tipo de extracción se observa que existe diferencia significativa en la extracción por arrastre de vapor e hidrodestilación.

Tabla 7. Prueba multivariante para el tipo de extracción, tipo de muestra y la fuente

	Tipo de extracción	Tipo de muestra	Fuente
Prueba multivariante	Sig.	Sig.	Sig.
Traza de Pillai	.000	.000	.000

La prueba se evidencia que existe diferencia según el tratamiento previo que se le dé a las muestras de canela y clavo de olor, es decir sea en harina o pellets varía en tiempo, rendimiento y capacidad antioxidante. Asimismo, se observa que hay diferencia de los aceites esenciales de canela y clavo de olor (fuente) extraídos en los tratamientos aplicados.

En los resultados anteriores si bien se observa diferencias en los valores obtenidos en el tiempo de extracción, rendimiento y la fuente (canela y clavo de olor), debido a la diferencia de las fuentes utilizadas; es necesario evidenciar la interacción que puede

existir en los tratamientos empleados por lo que se recurrió a la prueba de efectos inter-sujetos.

En la tabla 7, según el tipo de extracción utilizada se observa que existe interacción de este factor sobre el tiempo y el rendimiento, más no sobre la capacidad antioxidante en canela y clavo de olor.

Tabla 8. Prueba de efectos inter-sujetos según el tipo de extracción, tipo de muestra y la fuente

	Tipo de extracción	Tipo de muestra	Fuente
Factores respuesta	Sig.	Sig.	Sig.
Tiempo (min)	.000	.000	.000
Rendimiento (%)	.000	.080	.000
Cap. antioxidante (%)	.295	.001	.743

Se demuestra la interacción del tratamiento previo (harina y pellets) que se le da a la canela y el clavo de olor sobre el tiempo de extracción y capacidad antioxidante, sin embargo, no existe interacción del factor sobre el rendimiento. En cuanto a las fuentes empleadas (canela y clavo de olor) se observa las interacciones de este factor sobre el tiempo y rendimiento del aceite esencial extraído en ambas fuentes, sin embargo, no sucede lo mismo en la capacidad antioxidante

En la tabla 9, se observa que se da la interacción en el rendimiento en la obtención del aceite esencial de canela y clavo de olor, descartando una posible interacción sobre el tiempo de extracción y la capacidad antioxidante.

Tabla 9. Prueba de efectos inter-sujetos: Tipo de extracción- tipo de muestra - fuente

Origen		Sig.
Tipo extracción *	Tiempo (min)	.672
Tipo de muestra *	Rendimiento (%)	.044
Fuente	Cap. antioxidante (%)	.201

IV. DISCUSIONES

En lo que respecta al tiempo de extracción, mediante la destilación por hidrodestilación se obtuvo un menor tiempo de extracción en T5 (ver figura 4); en esta variable de estudio resultó ser más significativa en función del tamaño de partícula, en las muestras de harina se obtuvo un menor tiempo de extracción en comparación a las muestras en pellets (hidrodestilación y arrastre de vapor); además este mayor tiempo de extracción (509.8 min) concuerda con lo descrito por Peredo-Luna et al. (2009) que indican que la extracción por arrastre de vapor emplea un mayor tiempo para el proceso; asimismo, esto se debe a que la difusión del aceite al exterior está determinado por la apertura que tenga las células del aceite lo cual se dan al reducir el tamaño.

En la figura 5, sobre el rendimiento, se observa que mediante la destilación por arrastre de vapor se obtuvo un mayor rendimiento utilizando la técnica mencionada (>5% en dichos tratamientos: T1, T2, T3, T4). Este mayor rendimiento (6.7%), se debe según Geankoplis (1998) y McCabe et al. (2007), a que mediante la destilación por arrastre de vapor el fenómeno de la transferencia de masa se presenta con mayor eficiencia por solubilización de los componentes más polares por el medio acuoso en forma corriente, finalmente ambos coinciden que este método presenta un mayor rendimiento en comparación a otros concordando lo obtenido en la presente investigación.

De lo anteriormente mencionado, con la canela se obtuvo un mayor rendimiento (6.7%), Wang (2009), al hacer un estudio sobre el género de *Cinnamomum* (sin considerar *C. verum*), obtuvo que el rendimiento mediante hidrodestilación fue de 1.5% en promedio. Se vuelve a concordar que en el caso de la canela la extracción por arrastre de vapor tiene un mayor rendimiento en la obtención de aceite esencial, así como que esta especie de dicho género presenta tal característica. En el caso del clavo de olor, el arrastre de vapor logra dar un mayor rendimiento (6%), en contradicción a lo obtenido por González y Pereira (2007) que obtuvieron un mayor rendimiento (5.16%) mediante hidrodestilación a comparación de arrastre de vapor en muestras en forma de harina. Este caso se puede deber a las condiciones de la zona de producción del clavo de olor, así como que en el caso de la harina esta fue tamizada previamente a la extracción.

En el aceite esencial de clavo de olor, la mayor capacidad antioxidante obtenida fue de 82.827% correspondiente al segundo tratamiento por arrastre de vapor en la muestra de harina, y el menor valor fue de 78.275% proveniente del aceite obtenido por hidrodestilación en harina (T6). La alta capacidad antioxidante que se da en este aceite esencial (T2, T4, T6, T8) se puede deber al efecto sinérgico entre los compuestos fenólicos existentes (Radünz et al., 2019). Si bien la capacidad antioxidante tienen un valor por encima del 80%, lo cual demuestra una actividad de captación de DPPH fuerte, en comparación con los resultados reportados por Silvestri et al. (2010) 45.27% de la eliminación de radicales libres, mientras que Sebaaly (2016) que reporta 92.82% de capacidad antioxidante por encima de los valores determinados en la investigación. Esta capacidad antioxidante obtenida se da en las muestras de clavo de olor en harina, esto se debe como menciona McCabe et al. (2007) que se tiene una mayor apertura de células y el método arrastre una mayor cantidad de compuestos antioxidantes.

La canela, según Mathew y Abraham (2006) contiene una serie de compuestos antioxidantes que pueden eliminar eficazmente especies reactivas de oxígeno, así como otros radicales libres en condiciones in vitro. En la investigación el aceite esencial de canela obtenido en los tratamientos aplicados (T1, T3, T5, T7), la capacidad antioxidante resulto ser mayor en comparación a la de clavo de olor (86.065, ver fig. 6) mediante la destilación por arrastre de vapor.

Las pruebas multivariante en el tipo de extracción, tipo de muestra y fuente presentan diferencias significativas (ver tabla 4) debido a que el arrastre de vapor presenta una mayor transferencia de masa en comparación con la hidrodestilación (Geankoplis, 1998); asimismo el tiempo de extracción es menor mientras el tamaño de la partícula sea más pequeña, esto se debe a que las fuentes (canela y clavo de olor) son de distintos géneros (cinnamomum y syzygium) respectivamente; existe diferencia en cuanto al tiempo, rendimiento y capacidad antioxidante estudiados. Asimismo, el tipo de extracción, sumado al tratamiento previo de la muestra (harina y pellets) y las fuentes utilizadas no presentan diferencias significativas en conjunto sobre los valores recolectados en las variables estudiadas.

En lo que respecta a la interacción que presenta los métodos de extracción utilizados (ver tabla 5), esta interacción se da sobre el tiempo de extracción y el rendimiento, pero no sobre la capacidad antioxidante en canela y clavo de olor. Lo mismo sucede entre el tratamiento previo que se dio a las muestras de canela y clavo de olor, es decir, existe interacción sobre las dos primeras variables más no sobre la capacidad antioxidante. El arrastre a vapor como se mencionó anteriormente demanda un elevado tiempo para su proceso de extracción, por tanto como menciona Peredo-Luna et al. (2009) al suceder esto se genera una gran cantidad de energía en el proceso de calentamiento generando así una mayor producción de aceite esencial a partir de las muestras.

En la investigación las muestras de clavo de olor y canela, al ser ambas diferentes especies existe interacción de la fuente sobre el tiempo de extracción y la capacidad antioxidante (ver tabla 9) esta interacción se ve reflejada en la figura 6, donde el aceite esencial de canela posee una mayor capacidad antioxidante (86.065%) en comparación al aceite esencial de clavo de olor (82.827%). Esos datos concuerdan con lo mencionado por Aguilar-González (2013) y Pájaro et al. (2018), que indican que en ambas especies la capacidad antioxidante es superior al 80% y debido a ello tienen un potencial importante para inhibir el crecimiento de microorganismos en alimentos.

Si bien ha existido interacción de los factores por separado sobre el tiempo de extracción, rendimiento y capacidad antioxidante del aceite esencial de canela y clavo de olor; en la tabla 9 se observa que los factores en conjunto presentan interacción solo sobre el rendimiento; es decir no existe efecto de estos tres factores combinados sobre las variables de estudio.

V. CONCLUSIONES

- Se concluye que mediante el método de arrastre de vapor se obtiene un mayor rendimiento de aceite esencial y una mayor capacidad antioxidante de los aceites esenciales de canela y clavo de olor. El tiempo de extracción se ve influenciado por el tamaño de la partícula, que en la investigación se vio en el tratamiento previo que se dio a las muestras trabajadas; relacionándose inversamente el tamaño de muestras y el tiempo, pero no presentó interacción sobre la capacidad antioxidante.
- Se evidenció que el tipo de extracción, influye en el tiempo de extracción, rendimiento de los aceites esenciales de canela y clavo de olor, concluyendo que existe interacción del tipo de extracción utilizados y el tipo de muestra sobre el tiempo y rendimiento, esto se debe que en el arrastre de vapor presenta una mayor transferencia de masa debido a la corriente de vapor de agua que se aplica sobre las muestras.
- Se concluye que el aceite esencial de canela posee un mayor rendimiento (6.7%) y una elevada capacidad antioxidante de 86.065% en comparación al aceite esencial de clavo de olor que obtuvo una capacidad antioxidante de 82.827; mediante la técnica de captación de radicales libres (DPPH)
- En el caso de la canela analizando tiempo de extracción, rendimiento y capacidad antioxidante se obtiene mejor resultado por arrastre a vapor en pellet (T3); en el clavo se obtiene mejor resultado por arrastre de vapor en harina (T2)

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda estudiar el balance de materia en el proceso de extracción de aceite esencial mediante hidrodestilación y destilación por arrastre de vapor. Asimismo, se recomienda estudiar el efecto del tamaño de las partículas en las muestras sobre el rendimiento y la calidad del aceite esencial extraído.
- Se recomienda estudiar las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de canela y clavo de olor, en función de otros métodos de extracción (por solvente, fluidos supercríticos, hidrodestilación asistida por radiación).
- Se recomienda aplicar el aceite esencial de canela y clavo de olor sobre productos alimentarios para evaluar su actividad antimicrobiana, con la cual se puede dar una aplicación útil para la agroindustria.
- Se recomienda estudiar los factores tiempo y temperatura para optimizar el proceso de extracción de aceite esencial en los métodos empleados, así como determinar las mejores condiciones de extracción para obtener aceites esenciales de canela y clavo de olor con una importante capacidad antioxidante.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-González, A. E. (2013). Extractos y aceite esencial del clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y su potencial aplicación como agentes antimicrobianos en alimentos.
- Avendaño, B. L., Avendaño, G., Cruz, W., & Cárdenas-Avendaño, A. (2014). Guía de referencia para investigadores no expertos en el uso de estadística multivariada. *Diversitas*, 10(1), 13. <https://doi.org/10.15332/s1794-9998.2014.0001.01>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Caballero, C. A., Villacorta, L. M., & Vásquez, C. P. (2011). Efecto del aceite esencial de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y su combinación sobre la acción antifúngica en *Aspergillus flavus* en agar chicha de maíz (*Zea mays* L.), variedad morado. *Pueblo cont.*, 123-132.
- Celis, L. Y., Rojas, M., & Márquez, C. (2010). Usos medicinales del clavo de olor (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. et Perry). *Medicina tradicional mexicana*, 1-9.
- Cerpa, M. (2007). Hidrodestilación de aceites esenciales: Modelado y caracterización (Tesis de Doctorado, Universidad de Valladolid). Recuperado de <http://www.anipam.es/downloads/43/hidrodestilacion-de-aceites-esenciales.pdf>
- Choi, O., Cho, S. K., Kim, J., Park, C. G., & Kim, J. (2016). In vitro antibacterial activity and major bioactive components of *Cinnamomum verum* essential oils against cariogenic bacteria, *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sobrinus*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(4), 308-314. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2016.01.007>
- Geankoplis, C. J. (1998). *Procesos de transporte de operaciones unitarias* (Tercera). México: Continental.

- González, C., & Pereira, G. (2007). Evaluación de la actividad insecticida del aceite de *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L. M. Perry en el control de adultos de *Anastrepha obliqua* (Macquart) (Díptera: Tephritidae) (Tesis de Grado, Universidad de Carabobo). Recuperado de <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/5711/cgonzalez.pdf?sequence=1>
- Mathew, S., & Abraham, T. E. (2006). Studies on the antioxidant activities of cinnamon (*Cinnamomum verum*) bark extracts, through various in vitro models. Food Chemistry, 94(4), 520-528. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.11.043>
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriot, P. (2007). Operaciones Unitarias en Ingeniería Química (Séptima). México: McGraw Hill.
- Oliveira, A. P., Silva, L. R., Ferreres, F., Guedes de Pinho, P., Valentão, P., Silva, B. M., ... Andrade, P. B. (2010). Chemical Assessment and in Vitro Antioxidant Capacity of *Ficus carica* Latex. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(6), 3393-3398. <https://doi.org/10.1021/jf9039759>
- Pajaro, N. P., Méndez, G., Osorio, M. del R., Torrenegra, M. E., & Roperio, J. M. (2018). Microencapsulación del aceite esencial de *Cinnamomum verum* J. mediante secado por aspersion y su potencial actividad antioxidante. Revista Cubana de Farmacia, 51. Recuperado de <http://www.revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/227/133>
- Peredo-Luna, H. A., Palou-García, E., & López-Malo, A. (2009). Aceites esenciales: Métodos de extracción.pdf. Temas Selectos de Ingeniería de los Alimentos, 3(1), 24-32.
- Radünz, M., Martins, M. L., Mota, T., Radünz, A. L., Dellinghausen, C., Ávila, E., & Helbig, E. (2019). Antimicrobial and antioxidant activity of unencapsulated and encapsulated clove (*Syzygium aromaticum*, L.) essential oil. Food Chemistry, 276, 180-186. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.173>
- Saavedra, M. L. (2016). Extracción y caracterización del aceite esencial de las semillas de Tamarindo (*Tamarindus indica*), Lambayeque – 2014 (Tesis de Grado,

Universidad Señor de Sipán). Recuperado de <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/845/SAAVEDRA%20MONTENEGRO%20MARIO%20LUIS%20MART%20CDN.pdf;jsessionid=0567090D2E413E53B7A381E18592768F?sequence=1>

Sebaaly, C., Charcosset, C., Stainmesse, S., Fessi, H., & Greige-Gerges, H. (2016). Clove essential oil-in-cyclodextrin-in-liposomes in the aqueous and lyophilized states: From laboratory to large scale using a membrane contactor. *Carbohydrate Polymers*, 138, 75-85. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.11.053>

Silvestri, J. D. F., Paroul, N., Czyewski, E., Lerin, L., Rotava, I., Cansian, R. L., ... Treichel, H. (2010). Perfil da composição química e atividades antibacteriana e antioxidante do óleo essencial do cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata* Thunb.). *Revista Ceres*, 57(5), 589-594. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2010000500004>

Vásquez, O., Alva, A., & Marreros, J. (2001). Extracción y caracterización del aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*). *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, 1(1), 38-42.

Ventura, A. (2017). Comparación de tres métodos en la extracción de aceite esencial de orégano silvestre (*Lippia* ssp.) (Tesis de Grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas). Recuperado de <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1192/informe%20de%20tesis-Eisten%20Ventura%20Grandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Wang, R., Wang, R., & Yang, B. (2009). Extraction of essential oils from five *cinnamon* leaves and identification of their volatile compound compositions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(2), 289-292. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2008.12.002>

ANEXOS

Anexo A. Análisis de varianza

ANOVA: Tiempo de extracción (min) vs. Tipo de extracción, Muestra, Fuente

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	107274	15324.8	4.91	0.004
Lineal	3	97196	32398.7	10.38	0.000
Tipo de extracción	1	83073	83072.7	26.62	0.000
Muestra	1	9204	9204.2	2.95	0.105
Fuente	1	4919	4919.2	1.58	0.227
Interacciones de 2 términos	3	3934	1311.3	0.42	0.741
Tipo de extracción*Muestra	1	3128	3128.2	1.00	0.332
Tipo de extracción*Fuente	1	486	486.0	0.16	0.698
Muestra*Fuente	1	320	319.7	0.10	0.753
Interacciones de 3 términos	1	6144	6144.0	1.97	0.180
Tipo de extracción*Muestra*Fuente	1	6144	6144.0	1.97	0.180
Error	16	49925	3120.3		
Total	23	157199			

ANOVA: Rendimiento (%) vs. Tipo de extracción, Muestra, Fuente

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	10.2124	1.45891	13.03	0.000
Lineal	3	8.3403	2.78010	24.82	0.000
Tipo de extracción	1	4.7348	4.73482	42.28	0.000
Muestra	1	3.3451	3.34507	29.87	0.000
Fuente	1	0.2604	0.26042	2.33	0.147
Interacciones de 2 términos	3	0.9438	0.31461	2.81	0.073
Tipo de extracción*Muestra	1	0.0308	0.03082	0.28	0.607
Tipo de extracción*Fuente	1	0.9126	0.91260	8.15	0.011
Muestra*Fuente	1	0.0004	0.00042	0.00	0.952
Interacciones de 3 términos	1	0.9283	0.92827	8.29	0.011
Tipo de extracción*Muestra*Fuente	1	0.9283	0.92827	8.29	0.011
Error	16	1.7919	0.11200		
Total	23	12.0043			

ANOVA: Capacidad antioxidante (%) vs. Tipo de extracción, Muestra, Fuente

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	174.624	24.946	3.40	0.020
Lineal	3	155.163	51.721	7.05	0.003
Tipo de extracción	1	26.292	26.292	3.58	0.077
Muestra	1	0.887	0.887	0.12	0.733
Fuente	1	127.983	127.983	17.44	0.001
Interacciones de 2 términos	3	16.569	5.523	0.75	0.537
Tipo de extracción*Muestra	1	0.309	0.309	0.04	0.840
Tipo de extracción*Fuente	1	14.202	14.202	1.94	0.183
Muestra*Fuente	1	2.058	2.058	0.28	0.604
Interacciones de 3 términos	1	2.893	2.893	0.39	0.539
Tipo de extracción*Muestra*Fuente	1	2.893	2.893	0.39	0.539
Error	16	117.392	7.337		
Total	23	292.016			

Anexo B. Pruebas multivariantes en SPSS

Efecto		Valor	F	gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Intersección	Traza de Pillai	1.000	20665,380 ^b	3.000	14.000	0.000
	Lambda de Wilks	0.000	20665,380 ^b	3.000	14.000	0.000
	Traza de Hotelling	4428.296	20665,380 ^b	3.000	14.000	0.000
	Raíz mayor de Roy	4428.296	20665,380 ^b	3.000	14.000	0.000
T.Extracción	Traza de Pillai	0.994	764,276 ^b	3.000	14.000	0.000
	Lambda de Wilks	0.006	764,276 ^b	3.000	14.000	0.000
	Traza de Hotelling	163.773	764,276 ^b	3.000	14.000	0.000
	Raíz mayor de Roy	163.773	764,276 ^b	3.000	14.000	0.000
Fuente	Traza de Pillai	0.934	66,495 ^b	3.000	14.000	0.000
	Lambda de Wilks	0.066	66,495 ^b	3.000	14.000	0.000
	Traza de Hotelling	14.249	66,495 ^b	3.000	14.000	0.000
	Raíz mayor de Roy	14.249	66,495 ^b	3.000	14.000	0.000
TipodeMuestra	Traza de Pillai	0.895	39,810 ^b	3.000	14.000	0.000
	Lambda de Wilks	0.105	39,810 ^b	3.000	14.000	0.000
	Traza de Hotelling	8.531	39,810 ^b	3.000	14.000	0.000
	Raíz mayor de Roy	8.531	39,810 ^b	3.000	14.000	0.000
T.Extracción * Fuente	Traza de Pillai	0.403	3,153 ^b	3.000	14.000	0.058
	Lambda de Wilks	0.597	3,153 ^b	3.000	14.000	0.058
	Traza de Hotelling	0.676	3,153 ^b	3.000	14.000	0.058
	Raíz mayor de Roy	0.676	3,153 ^b	3.000	14.000	0.058
T.Extracción * TipodeMuestra	Traza de Pillai	0.918	52,434 ^b	3.000	14.000	0.000
	Lambda de Wilks	0.082	52,434 ^b	3.000	14.000	0.000
	Traza de Hotelling	11.236	52,434 ^b	3.000	14.000	0.000
	Raíz mayor de Roy	11.236	52,434 ^b	3.000	14.000	0.000
Fuente * TipodeMuestra	Traza de Pillai	0.313	2,131 ^b	3.000	14.000	0.142
	Lambda de Wilks	0.687	2,131 ^b	3.000	14.000	0.142
	Traza de Hotelling	0.457	2,131 ^b	3.000	14.000	0.142
	Raíz mayor de Roy	0.457	2,131 ^b	3.000	14.000	0.142
T.Extracción * Fuente * TipodeMuestra	Traza de Pillai	0.250	1,555 ^b	3.000	14.000	0.244
	Lambda de Wilks	0.750	1,555 ^b	3.000	14.000	0.244
	Traza de Hotelling	0.333	1,555 ^b	3.000	14.000	0.244
	Raíz mayor de Roy	0.333	1,555 ^b	3.000	14.000	0.244

a. Diseño : Intersección + T.Extracción + Fuente + TipodeMuestra + T.Extracción * Fuente + T.Extracción * TipodeMuestra + Fuente * TipodeMuestra + T.Extracción * Fuente * TipodeMuestra

b. Estadístico exacto

Anexo C. Prueba de efectos inter-sujetos del aceite esencial de canela y clavo de olor

Origen		Tipo I de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	TE	156279,280 ^a	7	22325.611	388.536	0.000
	R	10,812 ^b	7	1.545	20.734	0.000
	CA	164,278 ^c	7	23.468	2.940	0.035
Intersección	TE	3508290.667	1	3508290.667	61055.339	0.000
	R	704.600	1	704.600	9458.248	0.000
	CA	166714.003	1	166714.003	20881.997	0.000
T.Extracción	TE	132016.667	1	132016.667	2297.507	0.000
	R	6.469	1	6.469	86.835	0.000
	CA	9.343	1	9.343	1.170	0.295
Fuente	TE	9204.167	1	9204.167	160.182	0.000
	R	3.345	1	3.345	44.903	0.000
	CA	0.887	1	0.887	0.111	0.743
TipodeMuestra	TE	4919.207	1	4919.207	85.610	0.000
	R	0.260	1	0.260	3.496	0.080
	CA	127.983	1	127.983	16.031	0.001
T.Extracción * Fuente	TE	368.167	1	368.167	6.407	0.022
	R	0.037	1	0.037	0.494	0.492
	CA	6.899	1	6.899	0.864	0.366
T.Extracción * TipodeMuestra	TE	9440.667	1	9440.667	164.297	0.000
	R	0.346	1	0.346	4.639	0.047
	CA	2.881	1	2.881	0.361	0.556
Fuente * TipodeMuestra	TE	319.740	1	319.740	5.564	0.031
	R	0.000	1	0.000	0.006	0.941
	CA	2.058	1	2.058	0.258	0.619
T.Extracción * Fuente * TipodeMuestra	TE	10.667	1	10.667	0.186	0.672
	R	0.355	1	0.355	4.769	0.044
	CA	14.227	1	14.227	1.782	0.201
Error	TE	919.373	16	57.461		
	R	1.192	16	0.074		
	CA	127.738	16	7.984		
Total	TE	3665489.320	24			
	R	716.604	24			
	CA	167006.020	24			
Total corregido	TE	157198.653	23			
	R	12.004	23			
	CA	292.016	23			

Anexo D. Galería de fotos



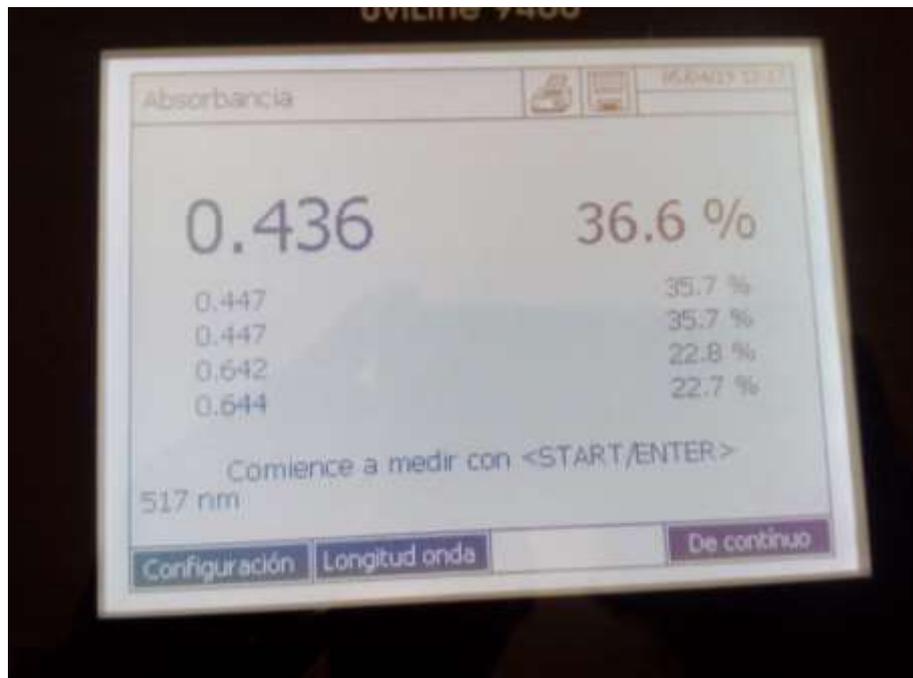
Fotografía 1. Pesado de muestras para los tratamientos



Fotografía 2. Extracción de aceite esencial



Fotografía 3. Preparación de la curva de calibración



Fotografía 4. Medición en el espectrofotómetro UV