

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN  
DEL ACEITE ESENCIAL DE ROMERO  
(*Rosmarinus Officinalis*) PROCEDENTE  
DEL DISTRITO DE MALA-LIMA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO QUÍMICO**

**CINTIA KARINA ESPINOZA ROJAS  
CYNTHIA MELISSA CUYA ARIAS**

**Callao, setiembre, 2017  
PERÚ**

Three handwritten signatures in black ink are located on the right side of the page. The top signature is the most prominent and appears to be 'C. Espinoza'. Below it are two smaller, less legible signatures.

## PRÓLOGO DEL JURADO

La presente Tesis fue Expuesto por las Bachilleres **CUYA ARIAS CYNTHIA MELISSA** y **ESPINOZA ROJAS CINTIA KARINA**, ante el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios:

Ing. Dr. ANCIETA DEXTRE CARLOS ALEJANDRO	PRESIDENTE
Ing. Dr. CALDERÓN CRUZ JULIO CÉSAR	SECRETARIO
Lic. Mg. REYNA SEGURA ANA MARÍA	VOCAL
Ing. RANGEL MORALES FABIO MANUEL	ASESOR

Tal como está asentado en el Libro N° 1 Folio N° 14 y Acta N° 013 de Sustentación por la Modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis, de fecha **09 DE SETIEMBRE 2017**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado por Resolución N° 082–2011–CU de fecha 29 de abril de 2011 y Resolución N° 221–2012–CU de fecha 19 de setiembre de 2012.

## **DEDICATORIA**

Nuestra tesis la dedicamos a nuestros padres y familiares que nos brindaron su apoyo desde el inicio de nuestras carreras, siendo este camino largo y de mucho esfuerzo, no dudaron en darnos sus respaldos y ser parte de nuestros éxitos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestros profesores de la Facultad de Ingeniería Química quienes nos brindaron sus conocimientos para ser profesionales competentes y con valores. En especial a los docentes que formaron parte del Curso Taller de Tesis, quienes nos guiaron en culminar esta investigación para obtener el título profesional.

A nuestros compañeros de trabajo que fueron pieza clave en este trayecto, ya que nos brindaron permisos laborales, conocimientos, asesorías y sobretodo entusiasmo por continuar y finalizar la tesis.

Agradecemos a nuestros amigos y compañeros con quienes intercambiamos ideas, compartimos anécdotas y vivencias. Ellos fueron nuestros principales críticos en mejorar esta indagación.

A nuestros familiares como: hermanos, tíos, primos y cuñadas por incentivar que el éxito se consigue con esfuerzo.

Agradecimiento especial a la Sra. Vanessa Cuya Huaranga, secretaria del Curso Taller de Tesis, por tenernos paciencia, ayudarnos en las diversas solicitudes, tener comunicación fluida para cumplir con lo exigido en el curso y mantener esa actitud exigente para dar lo mejor de nosotras.

## ÍNDICE

ÍNDICE	1
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE GRÁFICOS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	11
1.1. Identificación del problema	11
1.2. Formulación del problema	11
1.2.1. Problema general	11
1.2.2. Problemas específicos	11
1.3. Objetivos de la investigación (general y específicos)	12
1.3.1. Objetivos General	12
1.3.2. Objetivo específico	12
1.4. Justificación	12
1.4.1. Justificación económica	13
1.4.2. Justificación teórica	13
1.5. Importancia	13
II. MARCO TEÓRICO	15
2.1. Antecedentes del estudio	15
2.2. Marco teórico	16
2.2.1. Romero	16
2.2.2. Aceites esenciales	19
	1

2.2.3.	Clasificación de los aceites esenciales	20
2.2.4.	Características físicas y químicas del aceite esencial	21
2.2.5.	Rendimiento de los aceites esenciales	23
2.2.6.	Aceite esencial de romero	23
2.2.7.	Métodos de extracción de aceites esenciales	25
2.3.	Definiciones	31
2.3.1.	Aceite esencial	31
2.3.2.	Cromatografía de gases-masas	31
2.3.3.	Tiempo de cosecha	32
2.3.4.	Terpenos	32
2.3.5.	Monoterpenos	32
2.3.6.	Sesquiterpenos	32
III.	VARIABLES E HIPÓTESIS	33
3.1.	Variables de la investigación	33
3.1.1.	Variable dependiente	33
3.1.2.	Variables independientes	33
3.2.	Operacionalización de variables	34
3.3.	Hipótesis general e hipótesis específicas	35
3.3.1.	Hipótesis general	35
3.3.2.	Hipótesis específicas	35
IV.	METODOLOGÍA	36
4.1.	Tipo de investigación	36
4.1.1.	Por su finalidad	36
4.1.2.	Por su diseño interpretativo	36
4.1.3.	Por el énfasis en la naturaleza de los datos manejados	36

4.1.4.	Por el nivel de estudios	36
4.2.	Diseño de la Investigación	36
4.2.1.	Definir el escenario de la investigación	36
4.2.2.	Preparación de la materia vegetal	36
4.2.3.	Elegir el método de diseño	37
4.2.4.	Determinar las variables de diseño	37
4.2.5.	Materiales, equipos, insumos y reactivos usados	37
4.2.6.	Diseño experimental	38
4.2.7.	Desarrollo experimental	41
4.2.8.	Métodos de análisis para la identificación del producto	45
4.3.	Población y muestra	46
4.3.1.	Población	46
4.3.2.	Muestra	46
4.4.	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	46
4.4.1.	Determinación de las propiedades físicas de los aceites esenciales	46
4.4.2.	Determinación de las propiedades químicas de los aceites esenciales	46
4.5.	Procedimientos de recolección de datos	47
4.6.	Procesamiento estadístico y análisis de datos	48
V.	RESULTADOS	49
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	126
6.1	Contrastación de hipótesis con los resultados	136
6.2	Contrastación de resultados con otros estudios similares	137
VII.	CONCLUSIONES	138
VIII.	RECOMENDACIONES	129
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130

<b>ANEXOS</b>	<b>133</b>
<b>ANEXO 01 Matriz de consistencia</b>	<b>134</b>
<b>ANEXO 02 Analisis botánico</b>	<b>135</b>
<b>ANEXO 03 Analisis físicos, químicos y cromatográficos</b>	<b>136</b>
<b>ANEXO 04 Normas Técnicas Peruanas</b>	<b>140</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°2.1 Composición del aceite esencial de romero	18
TABLA N°3.1 Operacionalización de variables	34
TABLA N°4.1 Diseño experimental 2 <sup>3</sup> para determinar las condiciones de extracción	40
TABLA N°4.2 Balance de materia	41
TABLA N°4.3 Relación volumen - tiempo	43
TABLA N°5.1 Variables que influyen en la extracción de aceite esencial de romero por arrastre con vapor en el horario de cosecha 12:00 pm	50
TABLA N°5.2 Variables que influyen en la extracción de aceite esencial de romero por arrastre con vapor en horario de cosecha de 6.00 am	51
TABLA N°5.3 Variables que influyen en la extracción de aceite esencial de romero por arrastre con vapor en horario de cosecha de 6.00 pm	52
TABLA N°5.4 Clasificación botánica	53
TABLA N°5.5 Análisis fisicoquímicos del aceite esencial de romero	53
TABLA N°5.6 Componentes químicos del aceite esencial de romero proveniente del distrito de Mala	54
Tablas de cosecha 12:00 pm	
TABLA N°5.7 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°1	55
TABLA N°5.8 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°2	57
TABLA N°5.9 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°3	60
TABLA N°5.10 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°4	63
TABLA N°5.11 Datos de tiempo y volumen extracción experiencia N°5	66
TABLA N°5.12 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°6	69
TABLA N°5.13 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°7	72
TABLA N°5.14 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°8	75
Tablas de cosecha 06:00 am	
TABLA N°5.15 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°1	78
TABLA N°5.16 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°2	80
TABLA N°5.17 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°3	83
	5

TABLA N°5.18 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°4	86
TABLA N°5.19 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°5	89
TABLA N°5.20 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°6	92
TABLA N°5.21 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°7	95
TABLA N°5.22 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°8	98
Tablas de cosecha 06:00 pm	
TABLA N°5.23 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°1	101
TABLA N°5.24 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°2	104
TABLA N°5.25 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°3	107
TABLA N°5.26 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°4	110
TABLA N°5.27 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°5	113
TABLA N°5.28 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°6	116
TABLA N°5.29 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°7	119
TABLA N°5.30 Datos de tiempo y volumen de extracción experiencia N°8	122

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

GRÁFICO N°5.1 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°1	55
GRÁFICO N°5.2 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°2	58
GRÁFICO N°5.3 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°3	61
GRÁFICO N°5.4 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°4	64
GRÁFICO N°5.5 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°5	66
GRÁFICO N°5.6 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°6	69
GRÁFICO N°5.7 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°7	72
GRÁFICO N°5.8 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°8	75
GRÁFICO N°5.9 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°1	78
GRÁFICO N°5.10 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°2	81
GRÁFICO N°5.11 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°3	84
GRÁFICO N°5.12 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°4	87
GRÁFICO N°5.13 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°5	90
GRÁFICO N°5.14 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°6	93
GRÁFICO N°5.15 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°7	96
GRÁFICO N°5.16 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°8	99
GRÁFICO N°5.17 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°1	102
GRÁFICO N°5.18 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°2	105
GRÁFICO N°5.17 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°3	108
GRÁFICO N°5.20 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°4	111
GRÁFICO N°5.21 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°5	114
GRÁFICO N°5.22 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°6	117
GRÁFICO N°5.23 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°7	120
GRÁFICO N°5.24 Volumen vs tiempo de extracción experiencia N°8	123
GRÁFICO N°5.25 Comparativo de volumen vs rendimiento	125

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

FIGURA N°2.2 Planta de romero	16
FIGURA N°2.2 Extraccion por arrastre con vapor	30
FIGURA N°5.1 Aceite esencial de romero	54

## RESUMEN

Los aceites esenciales tienen múltiples beneficios en la industria y al ser obtenidos de forma natural pueden sustituir varios compuestos sintéticos.

La extracción de arrastre con vapor es el método recomendado porque el aceite esencial obtenido está libre de solventes, el tiempo de extracción es corto y el equipo es fácil de construir.

El tiempo de cosecha del romero es importante porque a determinada hora del día los aceites esenciales se encuentran en mayor proporción en la planta y esto es aprovechado para obtener mayor rendimiento, al ser una variable poco estudiada se brinda un nuevo aporte para la obtención de estos aceites.

Al realizar corridas experimentales se obtuvo aceite esencial de romero, siendo el de mayor rendimiento el de la cosecha de medio día con 0.6473% de aceite esencial con respecto a la materia vegetal, usando 1.5 kg de romero, 3 cm de tamaño de partícula y 3000 ml de agua como solvente.

Los resultados de la caracterización fueron: densidad 0.873 g/ml, índice de acidez 3.917 mg KOH/ g de aceite, índice de éster 31.02 mg KOH/ g de aceite.

El resultado de la cromatografía de gases masas nos da 44 componentes volátiles, siendo el de mayor porcentaje el alfa pineno con 24.69%.

**Palabras-clave:** Aceite esencial, cromatografía de gases-masas, tiempo de cosecha, terpenos, sesquiterpenos.

## ABSTRACT

Essential oils have multiple benefits in the industry and being naturally obtained can replace several synthetic compounds that are harmful to health.

The extraction of steam trawl is the recommended method because the essential oil obtained is solvent-free, the extraction time is short, the equipment is easy to build and is a method that can be used at laboratory and industrial level.

The harvest time of the rosemary is important because at a certain time of day the essential oils are in greater proportion in the plant and this is used to obtain greater yield, being a little studied variable a new contribution is provided to obtain these oils.

When conducting experimental runs was obtained essential oil rosemary, being the highest yield of the harvest of half a day with 0.6473% essential oil with respect to plant material, using 1.5 kg of rosemary, 3 cm particle size and 3000 ml of water as solvent.

The results of the characterization were: density 0873 g/ml, acidity index 3,917 mg KOH/g of oil, ester 39.99 mg KOH/g of oil.

The result of mass gas chromatography gives us 44 volatile components, the highest percentage being alpha pinene with 24.69%.

**Keywords:** Essential oil, gas chromatography-masses, harvest time, terpenes, sesquiterpenos.

## **I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Identificación del problema**

Los aceites esenciales son mezclas de sustancias aromáticas que se obtienen de las hojas, raíces, flor y tallos de las plantas, además tienen componentes que contribuyen en la elaboración de productos de la industria cosmética, farmacológica y de alimentos, proporcionando numerosos beneficios por su origen natural

El romero es una planta que crece de manera silvestre en diferentes localidades del país y su aceite esencial está contenido en las flores, tallos, raíces y hojas

La materia de investigación será corroborar que el método de extracción de arrastre con vapor es el indicado para obtener el aceite esencial de romero, ya que es económico, se obtiene en menor tiempo y se invierte menos energía, también conocer los resultados de su caracterización y saber qué horario de cosecha de romero brinda un mayor rendimiento.

### **1.2. Formulación del problema**

#### **1.2.1. Problema general**

- ❖ ¿Cuál es el método de obtención y caracterización del aceite esencial de romero (*Rosmarinus Officinalis*) procedente del distrito de Mala-Lima?

#### **1.2.2. Problemas específicos**

- ❖ ¿Cuáles son las características botánicas del romero?
- ❖ ¿Cuáles son las características físicas y químicas del aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*)?

- ❖ ¿Cuáles son las condiciones de operación óptimas para la obtención del aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*)?

### **1.3. Objetivos de la investigación (general y específicos)**

#### **1.3.1. Objetivos General**

- ❖ Corroborar el método de obtención y caracterizar el aceite esencial de romero (*Rosmarinus Officinalis*) procedente del distrito de Mala-Lima.

#### **1.3.2. Objetivo específico**

- ❖ Determinar las características botánicas del romero.
- ❖ Determinar las características físicas y químicas del aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*).
- ❖ Determinar las condiciones de operación óptimas para la obtención del aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*).

### **1.4. Justificación**

El presente trabajo se justifica por la necesidad de saber cuál es el horario de cosecha óptimo para obtener aceite esencial de romero y realizar su respectiva caracterización, lo logramos aplicando el método de extracción de arrastre con vapor y encontrando las condiciones favorables de operación que ofrecen un mayor rendimiento.

El aceite esencial de romero tiene múltiples beneficios en la industria alimentaria como antioxidante, en la industria farmacéutica se aplica para aliviar dolores, favorece el buen funcionamiento del sistema digestivo, acelera la cicatrización de las heridas, fortalece y estimula el

crecimiento del cuero cabelludo, también tiene propiedades antifúngicas y antimicrobianas.

La materia vegetal, romero, crece de manera natural como mala hierba en la ciudad de Mala, al sur de Lima; de esta manera se colabora con el aprovechamiento de esta planta y el desarrollo en la industria peruana de los aceites esenciales.

#### **1.4.1. Justificación económica**

El romero que crece de forma natural en el distrito de Mala, al sur de Lima, cumple con las condiciones de suelo y clima para la obtención de un aceite esencial de buen rendimiento, adecuado para estudiar las condiciones de operaciones para la obtención del aceite esencial. Al desarrollar esta investigación se aportará con información para poder formar en un futuro pequeñas empresas dedicadas a la producción de este aceite esencial debido a sus múltiples usos. En la ciudad de Mala se cuenta con campos de cultivos adecuados y de esta forma los agricultores se verían beneficiados, ya que se generaría puestos de trabajo.

#### **1.4.2. Justificación teórica**

Para la obtención de aceite esencial de romero se empleó el método de arrastre con vapor para verificar que el rendimiento y el tiempo de extracción cumplen con el rango establecido según literaturas consultadas.

### **1.5. Importancia**

Diversos trabajos de investigación se han dedicado a estudiar los diversos métodos de extracción y acondicionamiento de la materia prima

para la obtención de aceite esencial; el presente trabajo contribuye en conocer que tiempo de cosecha de romero es conveniente para obtener un mayor rendimiento, así adicionamos nuevas variables de investigación.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio

(TORRENEGRA ALARCON, 2014) Se señala que un ensayo de cromatografía gaseosa (CG) nos permite analizar los componentes presentes en un aceite esencial, se utiliza como parámetro de comparación los tiempos de retención ( $t_r$ ) de cada analito con los patrones o estándares de referencia, estos índices de retención proporcionan información sobre la identidad de los componentes, pero no se puede basar solo en esta técnica, ya que hay muchos componentes con índices de retención similares, es por ello que se recomienda el uso de la cromatografía gaseosa acoplada a la espectrometría de masas (CG-EM).

La técnica CG-EM es muy eficiente ya que me permite registrar el espectro de cada componente, de esta forma los resultados obtenidos sobre los componentes presentes en el aceite esencial son seguros.

(LAX VIVANCOS, 2014) Realiza un estudio del perfil químico en plantas de romero de la especie *Rosmarinus Officinalis* procedentes de diferentes regiones de Murcia donde aborda que los factores ambientales influyen en los extractos y aceites obtenidos del romero.

(RODAS CEBALLOS, 2012) Se realiza el análisis de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del aceite esencial de romero obtenido por el método de arrastre de vapor, se destaca la importancia de este método porque el material que se destila es a una temperatura menor a 100 °C y se debe mantener presiones menores a la atmosférica, el aceite se separa del agua por medio de un florentino. Una de las ventajas que

más se destaca es que con este método se puede destilar compuestos con alto punto de ebullición que se descomponen en o cerca de sus puntos de ebullición, por ello se puede utilizar el arrastre de vapor a una temperatura lo suficientemente baja para evitar su descomposición.

## **2.2. Marco teórico**

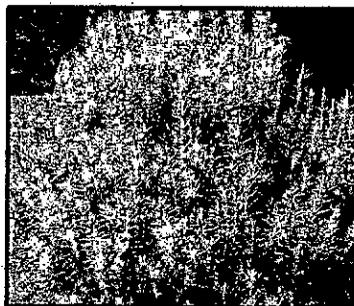
### **2.2.1. Romero**

#### **❖ Descripción botánica**

Es una planta que mide de 1 a 1.5 m de altura, de tallo leñoso, ramificado, poblado de multitud de hojas estrechas y largas (de unos 3cm por 3 mm, rígidas como agujas con los bordes enrollados hacia abajo en toda su longitud, de color verde oscuro en la cara superior y blanquecinas por la inferior. De las axilas de las hojas surgen flores, con pétalos de color azul violáceo. La floración tiene lugar constantemente, durante todo el año. En los climas fríos, las flores se desarrollan dos veces al año, en primavera y otoño. La planta huele como a incienso y tiene un sabor aromático.(INKAPLUS, 2017).

#### **FIGURA N°2.1**

#### **PLANTA DE ROMERO**



Fuente: (Aromaterapia , 2017)

❖ Componentes activos Contiene 2% de aceite esencial, formado principalmente por derivados terpénicos, carburos como dextro y levopireno, canfeno  $C_{10}H_{16}$ , dipeneno  $C_{10}H_{16}O$ , limoneno inactivo, cineol  $C_{10}H_{18}O$  también llamado eucaliptol.

Alcanfor de romero (12%), borneol  $C_{10}H_{18}O$  (antiséptico, antiespasmódico), 18%, acetato de bornilo  $C_{10}H_{17}OOC.CH_3$ , tanino (astringente), un principio amargo, saponina ácida, un glucósido, resina, ácidos orgánicos. Contiene también pigmentos flavónicos, flavonglucósido, como apigenina  $C_{15}H_{10}O_5$ , y luteolina  $C_{15}H_{10}O_6+2 H_2O$ ; ácidos fenólicos, caféico, clorogénico, neoclorogénico, rosmarínico, gálico, gentísico, siríngico; una lactona amarga diterpénica, el carnosol que el proceso de destilación se transforma en el ácido carnosólico que no es amargo. Tiene pequeñas cantidades del alcaloide rosmaricina. Del 2 al 4% del ácido ursólico y otros derivados triterpénicos. Además, contiene taninos, azúcares y elementos minerales: 1,11% de sodio, 1,06% de potasio, 0,63% de calcio, 0,23% de magnesio, 17 partes por millón (ppm) de hierro, 10 ppm de cobre, 26 ppm de zinc y 15 ppm de manganeso.(INKAPLUS, 2017)

❖ Los componentes mayoritarios en la composición del aceite esencial de romero (*R. officinalis*) según investigación realizada en Cuba fueron de: alfa pineno, canfeno, mirceno, limoneno, 1,8 cineol, alcanfor, borneol y cariofileno. (ROMEU, BOTTA FERRET, & DIAZ FINALE, 2007) .

**TABLA N°2.1**

**COMPOSICION DEL ACEITE ESENCIAL DE ROMERO (R. OFFICINALIS)**

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Alfa pineno</b>	<b>15,3</b>
<b>Camfeno</b>	<b>5,7</b>
<b>Mirceno</b>	<b>4,9</b>
<b>Limoneno</b>	<b>3,7</b>
<b>1,8 cineol</b>	<b>21,5</b>
<b>Alcanfor</b>	<b>18,0</b>
<b>Borneol</b>	<b>3,7</b>
<b>Cariofileno</b>	<b>3,4</b>

Fuente: (ROMEU, BOTTA FERRET, & DIAZ FINALE, 2007)

❖ Estos valores fueron comparados con estudios realizados en Argelia y Túnez donde se encontraron los mismos componentes químicos, pero con diferentes porcentajes en su composición concluyendo que es debido a las condiciones climáticas. Otros componentes con proporciones menores son: p-cimeno, borneol, acetato de bornil, alfa-humuleno, alfa-terpineol, b-cariofileno, etc. (ROMEU, BOTTA FERRET, & DIAZ FINALE, 2007)

❖ Propiedades de los principales componentes del aceite esencial de romero:

Alfa pineno: Con un 35 % del total del aceite esencial. El alfa-pineno es el componente principal del aceite esencial de romero. Entre sus principales propiedades tenemos las siguientes: expectorante, antiespasmódico, anti-gripal, antibacteriano, anti-acne, irritante, alergénico, insecticida, etc. Son plantas ricas en este aceite el apio, el limón, la cúrcuma, el romero o muchos tipos de pinos. (BOTANICAL ONLINE, 2017).

b) Por su origen

- ❖ Aceites Esenciales Naturales: Se obtienen directamente de la planta y no se someten posteriormente a ninguna modificación fisicoquímica o química, son costosos y de composición variada. (SENA, 2017)
- ❖ Artificiales: Se obtienen por enriquecimiento de esencias naturales con uno de sus componentes; también se preparan por mezclas de varias esencias naturales extraídas de distintas plantas. (SENA, 2017)
- ❖ Sintéticos: Son mezclas de diversos productos obtenidos por procesos químicos, son más económicos y por lo tanto se utilizan mucho en la preparación de sustancias aromatizantes y saborizantes. (SENA, 2017)

c) Por la naturaleza química

Según la estructura química de los componentes mayoritarios que determinan el olor particular de los aceites, estos se dividen en tres grupos principales:

- ❖ Monoterpenoides (linalool, nerol, 1-8 cineol, geraniol)
- ❖ Sesquiterpenoides (farnesol, nerolidol)
- ❖ Compuestos oxigenados (alcoholes, aldehidos, cetonas). (SENA, 2017)

#### **2.2.4. Características físicas y químicas del aceite esencial**

- ❖ Características organolépticas

Alcanfor: Posee un 15 %. Con propiedades analgésicas, antiespasmódicas, expectorantes, rubefacientes, eméticas, irritantes, antisépticas, antipruríticas, etc. El alcanforero (*Cinnamomum camphora*) es la planta con mayor cantidad. Muy abundante en otras plantas como la salvia, el romero o la lavanda. (BOTANICAL ONLINE, 2017).

1,8-cineol (eucaliptol): Posee un 12 %. Aunque su nombre común esta tomado del eucalipto cuyas hojas son muy ricas en este componente, abunda mucho más en el aceite esencial de limón y en las hojas del boldo. Otras plantas ricas son: el laurel, la menta, el romero, la salvia, etc. Posee propiedades expectorantes, antitusivas, antiulcéricas, antirreumáticas, antisenusíticas, antibacterianas, anestésicas, etc. (BOTANICAL ONLINE, 2017)

Canfeno: Posee un 11 %. Con propiedades expectorantes, antioxidantes, insectifugas y espasmogénicas. Abunda en plantas como la salvia, el jengibre, el romero, el comino o el láudano. (BOTANICAL ONLINE, 2017)

### **2.2.2. Aceites esenciales**

Los aceites esenciales son compuestos complejos, naturales y volátiles que se caracterizan por tener un fuerte olor, esto debido a que son obtenidos a partir de materias primas naturales aromáticas, está constituidos principalmente por terpenos, alcoholes, cetonas, fenoles, ácidos, aldehídos y esterés.

La mayoría de las moléculas aromáticas se basan en la estructura terpénica compuesta de cadenas de isopreno de 5 carbonos, hay

muy pocas moléculas aromáticas de más de 20 carbonos. A través del proceso de oxidación (agregado  $\text{-OH}$ ) y reducción (quitando  $\text{+H}$ ) se forma alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, lactona y ácidos; entre mayor sea el proceso de oxidación, la partícula se vuelve más soluble en agua y menos en grasa, esto significa que dentro de los aceites esenciales los terpenos poseen estas características. (ROJAS OLIVOS, 2009)

### **2.2.3. Clasificación de los aceites esenciales**

Los aceites esenciales se clasifican con base en los siguientes criterios: consistencia, origen, o naturaleza química de los componentes mayoritarios.

#### **a) Por su consistencia**

- ❖ Las Esencias Fluidas. Son líquidos muy volátiles a temperatura ambiente (esencias de albahaca, caléndula, citronela, pronto alivio, romero, tomillo, menta, salvia, limón). (SENA, 2017)
- ❖ Los Bálsamos. Son de consistencia más espesa, poco volátiles, contienen principalmente sesquiterpenoides y son propensos a polimerizarse (bálsamos de Copaiba, bálsamo de Perú, bálsamo de Tolú). (SENA, 2017)
- ❖ Las Oleorresinas. Tienen el aroma de las plantas en forma concentrada, son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas (caucho, gutapercha, chicle, oleorresinas de páprika, de pimienta negra, de clavel). Contienen los aceites esenciales, los aceites fijos, los colorantes y los principios activos de la planta. (SENA, 2017)

Se describe el olor, color, sabor y aspecto de los aceites obtenidos, puesto que estas características físicas contribuyen a la definición de la calidad y además orientan sobre las posibles aplicaciones industriales.(SENA, 2017)

#### ❖ Características físicas

Para definir la calidad de un aceite esencial se determinan las siguientes constantes físicas:

Densidad a 20 °C: Tiene interés por encontrarse siempre citada en literaturas afines, ayudando a definir calidades.

Índice de refracción [n] Se practica su determinación porque puede señalar adulteraciones y envejecimientos de los aceites.

Solubilidad en etanol: Todos los aceites esenciales son solubles en alcohol etílico absoluto y muchos son solubles en alcohol etílico diluido. Es, además, una técnica muy sencilla para detectar adulteraciones provocadas por la adición de aceites vegetales o minerales, que son insolubles en alcohol. (SENA, 2017)

#### ❖ Características químicas

Además del pH, algunas de las características químicas más importantes de los Aceites Esenciales son:

Índice de acidez: Indica el grado de acidez de un aceite esencial, y expresa el número de miligramos de hidróxido potásico necesarios para neutralizar los ácidos que contiene un gramo de aceite. (SENA, 2017)

Índice de éster: Se determina el contenido de ésteres de la muestra, y se expresa el número de miligramos de hidróxido potásico necesarios para saponificar los ésteres que contiene un gramo de aceite esencial.

Composición porcentual: La cual puede ser de interés para los casos en que la calidad del aceite esencial está definida por su contenido en determinados compuestos.

#### ❖ Características Cromatografías y Espectroscópicas

El uso de algunas técnicas modernas del análisis químico instrumental (CG/EM, RMN-H1, RMNC13, IR-TF, cromatografía multidimensional, análisis "headspace", otros) hace posible la cualificación y cuantificación de los aceites esenciales.(SENA, 2017)

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

La mayoría de plantas contienen de 0,01 a 10% de contenido de aceite esencial. La cantidad media que se encuentra en la mayoría de las plantas aromáticas es alrededor de 1 a 2%.

Regularmente el contenido de aceites esenciales aumenta después de la lluvia y alrededor del mediodía, cuando se ha eliminado el agua de rocío depositada sobre la planta, y ha comenzado una deshidratación antes de la humedad relativa alta de la noche; la excepción a este comportamiento se presenta en la manzanilla que alcanza una mayor concentración de aceite esencial durante la noche.(SENA, 2017)

#### **2.2.6. Aceite esencial de romero**

a. Propiedades medicinales

El aceite esencial de romero puede ser de gran utilidad en multitud de ocasiones, ya que, posee acción: antiespasmódica, estimulante, antioxidante, cicatrizante, diurética, antiinflamatoria, tónica, analgésica, carminativa y antiséptica.

b. Usos del aceite esencial de romero

- Este aceite esencial es útil para aliviar los dolores musculares y dolores de las articulaciones
- Retrasa el envejecimiento de la piel
- Favorece la memoria y la concentración
- Estimula el funcionamiento de la vesícula biliar
- Utilízalo para combatir la retención de líquidos
- Ayuda a expulsar la mucosidad acumulada de las vías respiratorias
- El aceite esencial de romero estimula la circulación de la sangre
- Contribuye a regular la menstruación
- Favorece el buen funcionamiento del sistema digestivo
- Combate la somnolencia debido a su efecto estimulante
- Ayuda a mitigar el acné y regular la grasa
- Acelera la cicatrización de las heridas.
- Mejora la piel irritada y sensible, con eczema y dermatitis
- Fortifica el cuero cabelludo y estimula el crecimiento del cabello
- Es un remedio natural para combatir la caspa
- Alivia la tos, los resfriados y gripes.

- El aceite esencial de romero está contraindicado durante el embarazo y lactancia.(ECO agricultor, 2017)

### **2.2.7. Métodos de extracción de aceites esenciales**

#### ❖ Hidrodestilación

Consiste en poner a hervir agua, bien sea por fuego directo, camisa de vapor o camisa de aceite, en la cual se ha sumergido previamente el material vegetal, preferiblemente en polvo, con el objeto de que el vapor de agua ejerza su acción en el mayor número posible de partículas vegetales

Similar al arrastre con vapor, el vapor producido arrastra los aceites esenciales hasta otro recipiente donde se condensan y se separan. Éste sistema de extracción tiene el inconveniente de que la temperatura que se emplea provoca que algunos compuestos presentes en las plantas se degraden y se pierdan.

El material vegetal aromático siempre debe encontrarse en contacto con el agua, para así evitar el sobrecalentamiento y la carbonización del mismo. Debe mantenerse en constante agitación para evitar que se aglomere o sedimente al adherirse a las paredes del recipiente, lo cual puede provocar también su degradación térmica.

Dado que generalmente no es posible colocar suficiente agua para sostener todo el ciclo de destilación, se han diseñado equipos que presentan un tubo de cohobación lateral que permite el retorno de agua hacia el recipiente de destilación

Ventajas: Involucran un bajo costo de fabricación del equipo y su operación no requiere de servicios de energía eléctrica, instalaciones auxiliares para la generación de vapor, aire u otros.

Desventajas:

- La extracción del aceite volátil es incompleta, ofrece una menor eficiencia energética con respecto a la destilación con vapor o vapor/agua y es aplicable sólo cuando las cargas son relativamente pequeñas.
- Por ser un sistema particularmente empleado en zonas rurales, se realiza como un arte y normalmente no se opera bajo condiciones óptimas de tiempo y temperatura.(SENA, 2017)

❖ Extracción por fluidos supercríticos

La extracción por fluidos supercríticos es una operación unitaria que explota el poder disolvente de fluidos supercríticos en condiciones encima de su temperatura y presión críticas. Es posible obtener extractos libres de disolvente usando fluidos supercríticos y la extracción es más rápida que con la utilización de disolventes orgánicos convencionales. Estas ventajas son debidas a la alta volatilidad de los fluidos supercríticos (gases en condiciones ambientales normales) y a las propiedades de transporte mejoradas (alta difusividad y baja viscosidad). Usando dióxido de carbono, en particular, el tratamiento es a temperatura moderada y es posible lograr una alta selectividad de micro-componente valioso en productos naturales. La selectividad del CO<sub>2</sub> también es apropiada para la extracción de aceites esenciales, pigmentos,

carotenoides antioxidantes, antimicrobianos y sustancias relacionadas, que son usadas como ingredientes para alimentos, medicinas y productos de perfumería.

Entre las ventajas de la extracción por fluidos supercríticos se encuentran: que los tiempos de extracción se reducen, se obtienen rendimientos mayores, es posible seleccionar sustancias y la composición de los extractos y requiere menos energía. La principal desventaja es que ceras cuticulares y compuestos de alto peso molecular son extraídos junto con el aceite esencial.

❖ Extracción por arrastre con vapor

Este método de extracción de aceites esenciales es uno de los más sencillos y económicos de realizar, es por esta razón que también se considera uno de los más utilizados a nivel de laboratorios y pequeñas empresas que no cuentan con tecnología y equipos avanzados. Usualmente este método es utilizado para extraer el aceite de componentes orgánicos de tipo planta, por ejemplo: el boldo, el romero, el eucalipto, entre otros. Para la realización de este método de extracción se utiliza el vapor de agua, por lo tanto, es necesario tener en cuenta que los aceites esenciales y el agua son líquidos inmiscibles, lo cual quiere decir que se trata de dos líquidos que no pueden mezclarse formando una mezcla homogénea. Para realizar la operación de destilación se inducen dos cambios de fase en la materia que se pretende extraer: la vaporización y la condensación, es decir, la transición de un líquido

a un gas, y luego de un gas a un líquido. En esta unidad se exponen tres variaciones del método de extracción por destilación, estos son: La destilación por arrastre de vapor, la destilación directa y la Hidrodestilación.

Este método, con todas sus variaciones se basa en el principio físico establecido por la ley de las presiones parciales, también conocida como la ley de Dalton.

#### Ley de Dalton

La ley de las presiones parciales fue establecida en el año de 1803 por el reconocido científico británico John Dalton. Esta plantea que, si dos o más gases que no reaccionan químicamente entre sí, están contenidos en un recipiente cerrado y a temperatura constante, cada uno de estos gases ejercerá la misma presión que tendría si ocupara todo el volumen del recipiente, es decir, si estuviera solo. La suma de todas las presiones de los gases equivale a la presión total del sistema. La expresión matemática que define esta ley es la siguiente:

$$P_{TOTAL} = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

El interés de la aplicación de esta ley a la metodología de extracción de aceites esenciales radica en la siguiente implicación física: en un sistema con dos o más líquidos inmiscibles donde se cumple la ley de Dalton, la temperatura de ebullición del líquido más volátil será igual a la temperatura a la cual la suma de las presiones es igual a la temperatura atmosférica.

Lo anterior puede aplicarse al contexto del método de extracción de aceites esenciales por destilación de vapor de agua de la siguiente manera: los aceites esenciales son líquidos que tienen una temperatura de ebullición que varía dependiendo del tipo de aceite, pero usualmente en la mayoría de los casos es mayor a la temperatura de ebullición del agua, es decir a los 100°C a presión ambiente. Sin embargo, en un sistema cerrado donde se involucran el vapor de agua y el aceite esencial, bajo la ley de Dalton la temperatura de ebullición del aceite se reducirá considerablemente por debajo de los 100°C, lo que facilita el proceso de destilación necesario para efectuar la extracción.

#### Destilación por arrastre de vapor de agua

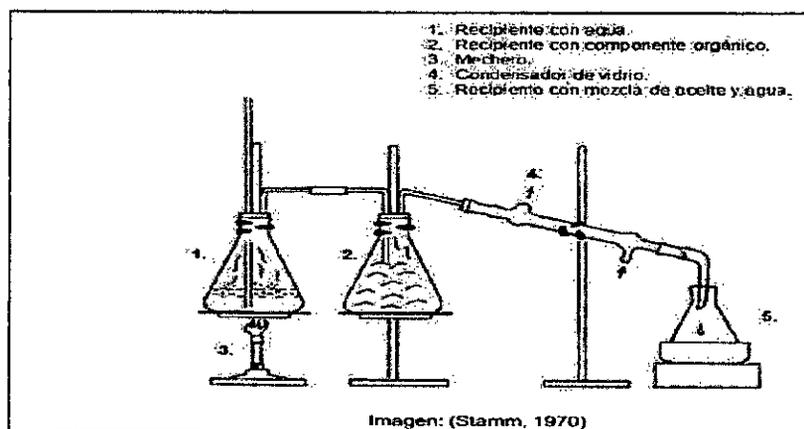
Esta es la primera forma de extracción que se va a estudiar, para ello se requiere de dos recipientes, uno con agua y otro para el componente orgánico del cual queremos extraer el aceite esencial, si se desea se puede introducir un termómetro en cada recipiente. Es conveniente que dicho componente orgánico sea molido o cortado en trozos antes de introducirlo en el recipiente, debido a que los aceites esenciales están contenidos en glándulas o conductos dentro del vegetal, y al cortarlo en trozos se facilita su extracción.

Además, es necesario que los dos recipientes estén conectados entre sí por un tubo de vidrio y sus bocas estén selladas, con el propósito de que el proceso se desarrolle correctamente. Adicionalmente se requiere de un condensador conectado al

recipiente del componente orgánico por un extremo, y por el otro extremo conectado con un tercer recipiente en donde se recolectará el aceite mezclado con el agua. A continuación, se muestra una figura en donde se expone el sistema descrito.

**FIGURA N°2.2**

**EXTRACCION POR ARRASTRE CON VAPOR**



Fuente: (Aceites esenciales: extracción, usos y aplicaciones, 2017)

El procedimiento consiste en inducir el proceso de ebullición del agua en el primer recipiente, mediante la adición de calor con un mechero convencional, con el fin de que esta se vaporice cambiando de fase líquida a gaseosa. El vapor de agua generado se movilizará hacia el segundo recipiente en donde por efecto de la ley de Dalton el aceite esencial alcanza la temperatura de ebullición y se evapora. A continuación, el vapor de agua y el aceite evaporado se trasladan hacia el condensador, en donde por efecto de la circulación de los gases y el intercambio de calor con agua circulante, regresan a su estado líquido. Finalmente, el agua y el

aceite son vertidos en un último recipiente, en donde forman una mezcla

heterogénea. Al finalizar este proceso de extracción se debe separar el aceite del agua. Para esto se puede recurrir al método de separación que resulte más conveniente. El que se utiliza con mayor frecuencia debido a su funcionalidad y economía es el método de decantación, que consiste en separar los dos líquidos mediante la utilización de un embudo de decantación en donde por efecto de la gravedad se extrae el líquido de menor densidad, en este caso el agua, separándolo del aceite. (Aceites esenciales: extracción, usos y aplicaciones, 2017)

## **2.3. Definiciones**

### **2.3.1. Aceite esencial**

Los aceites esenciales son sustancias volátiles y olorosas de naturaleza química muy variable, sólidos y líquidos que generalmente se encuentran en el reino vegetal, capaces de producir una sensación generalmente agradable al olfato. Los aceites volátiles difieren, en su composición y en propiedades de los aceites grasos o fijos, que se componen de glicéridos y de los aceites minerales que se componen de hidrocarburos.

### **2.3.2. Cromatografía de gases-masas**

La cromatografía de gases- Masas es una técnica que combina la capacidad de separación que presenta la cromatografía de gases con la sensibilidad y capacidad selectiva del detector de masa.

Esta combinación permite analizar y cuantificar compuestos trazas en mezclas complejas con un alto grado de efectividad.

### **2.3.3. Tiempo de cosecha**

La cosecha se basa en la recolección de frutos, semillas o plantas silvestres de los campos en cierta época del año.

### **2.3.4. Terpenos**

Son compuestos orgánicos, aromáticos y volátiles que están constituidos por la unión de unidades de un hidrocarburo de cinco átomos de carbono, llamado isopreno. Estas son las características organolépticas de las plantas y constituyen la mayor parte del aceite esencial producido.

### **2.3.5. Monoterpenos**

Es la unión de dos moléculas de isopreno, son los compuestos más pequeños y más volátiles.

### **2.3.6. Sesquiterpenos**

Están formados por la unión tres moléculas de isopreno, son compuestos más grandes y menos volátiles.

### **III. VARIABLES E HIPÓTESIS**

#### **3.1. Variables de la investigación**

Las variables son:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3)$$

##### **3.1.1. Variable dependiente**

Y = Obtención y caracterización del aceite esencial de romero.

##### **3.1.2. Variables independientes**

X<sub>1</sub> = Características botánicas del romero.

X<sub>2</sub> = Características físicas y químicas del aceite esencial de romero.

X<sub>3</sub> = Condiciones de operación óptimas para obtener el aceite esencial de romero (*Rosmarinus Officinalis*).

### 3.2. Operacionalización de variables

TABLA N°3.1

#### OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
Y= Obtención y caracterización del aceite esencial de romero	%  min  g	Rendimiento obtenido de aceite esencial de romero ( <i>Rosmarinus Officinalis</i> )  Tiempo de obtención  Peso del aceite esencial de romero	Experimental (Extracción por arrastre con vapor)
VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
X <sub>1</sub> =características botánicas del romero.	Especie Horas del día	Taxonomía. Horario de cosecha	Sistema de clasificación de Cronquist (1981)
X <sub>2</sub> =características físicas y químicas del aceite esencial de romero	mg de KOH/g de aceite  mg de KOH/g de aceite  ml  g/ml  Ensayo de perfil cromatográfico	1. Índice de acidez  2. Índice de éster  3. Solubilidad en etanol 4. Densidad relativa a 20 °C  5. Componentes activos	1. NTP 319.085:1974 (Rev. 2016) 2. NTP 319.088:1974 (Rev. 2016) 3. NTP 319.084:1974 4. NTP-ISO 279:2011 (Rev. 2016) 5. Cromatografía de gases – espectrometría de masas (CG-EM)
X <sub>3</sub> =Condiciones de operación óptimas para obtener el Aceite Esencial de Romero ( <i>Rosmarinus Officinalis</i> )	1. Kg  2. L  3. cm	1. Cantidad de materia prima 2. Cantidad de solvente. 3. Tamaño de partícula	Experimental

Fuente: Elaboración propia

### **3.3. Hipótesis general e hipótesis específicas**

#### **3.3.1. Hipótesis general**

El método de obtención del aceite esencial de romero (*Rosmarinus Officinalis*) procedente del distrito de Mala-Lima es el de arrastre con vapor y el método para la caracterización es la cromatografía de gases-masa.

#### **3.3.2. Hipótesis específicas**

- ❖ Las características botánicas del romero son que pertenece al género *Rosmarinus*, especie *Rosmarinus Officinalis* y su horario de cosecha indicado es al medio día.
- ❖ La característica física del aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*) es la densidad relativa y las características químicas del aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*) son índice de acidez, índice de éster, solubilidad en etanol y ensayo de perfil cromatográfico.
- ❖ Las condiciones de operación óptimas para la obtención del aceite esencial de romero (*Rosmarinus Officinalis*) son cantidad de materia prima, cantidad de solvente y tamaño de partícula.

## **IV. METODOLOGÍA**

Para cumplir con los objetivos trazados en la obtención y caracterización del aceite esencial de romero utilizaremos la siguiente metodología.

### **4.1. Tipo de investigación**

#### **4.1.1. Por su finalidad**

Nuestra investigación es aplicada ya que los resultados sirven para aplicarlos en la práctica.

#### **4.1.2. Por su diseño interpretativo**

Nuestra investigación es experimental debido a que nuestros estudios se desarrollaran por medio de observaciones, registros y análisis de variables que influyen en nuestro tema a investigar.

#### **4.1.3. Por el énfasis en la naturaleza de los datos manejados**

Nuestro tema de investigación es de tipo cualitativo y cuantitativo.

#### **4.1.4. Por el nivel de estudios**

Nuestro tema de investigación es de tipo predictivo.

### **4.2. Diseño de la Investigación**

#### **4.2.1. Definir el escenario de la investigación**

Nuestra investigación se ha desarrollado en Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao.

#### **4.2.2. Preparación de la materia vegetal**

Se ha seleccionado la muestra de romero, separando suciedad, flor y polvillo, dejando solamente las hojas y tallos en buen estado. Luego se han cortado 2 tamaños de muestra, la primera de 3 cm y la segunda de 5 cm.

#### **4.2.3. Elegir el método de diseño**

Debido a los fundamentos de proceso de obtención de aceite esencial de romero se ha investigado que el mejor método a utilizar el de arrastre con vapor.

#### **4.2.4. Determinar las variables de diseño**

Según investigación bibliográfica nuestras principales variables son: cantidad de materia prima, tamaño de partícula y cantidad de agua (solvente) con la finalidad de obtener el tiempo de extracción y el rendimiento de nuestro aceite esencial.

#### **4.2.5. Materiales, equipos, insumos y reactivos usados**

✓ Materia prima

Materia: romero (hojas y tallos)

✓ Insumo

Agua destilada

✓ Equipos y accesorios

Se usó el equipo de extracción por arrastre con vapor que consta de:

Equipos:

- Generador de vapor
- Extractor
- Condensador

Accesorios

- Termómetro
- Mangueras
- Florentino

- Vaso de precipitado
- Probeta
- Balanza
- Abrazaderas

#### **4.2.6. Diseño experimental**

##### **A) Base de diseño**

Se ha analizado experimentalmente la extracción del aceite esencial de romero y se ha considerado las siguientes variables cualitativas a controlar:

- Material vegetal
- Tamaño de muestra
- Cantidad de solvente
- % de rendimiento de extracción
- Tiempo de extracción

Los experimentos han sido realizados a nivel laboratorio para determinar las condiciones de operación óptimas y la performance de los equipos e instrumentos de medición. Para este caso se ha usado el diseño factorial de  $2^n$ , donde este último indica el número de experiencias que deben efectuarse según  $n$ , que indica el número de variables independientes.

$2^3 = 8$  corridas experimentales

Que nos permite obtener al máximo de su información con el mínimo de experiencias que se han realizado para las 3 variables con una tecnología adecuada.

**A: Cantidad de material (Kg): 1 – 1.5**

**B: Tamaño de partículas (cm): 3 - 5**

**C: Cantidad de agua (mL): 3000– 5000**

**TABLA N°4.1**

**DISEÑO EXPERIMENTAL 2<sup>3</sup> PARA DETERMINAR LAS CONDICIONES DE EXTRACCIÓN**

N° de Experiencias	Variables			Vector respuesta			
	A	B	C	Volumen extraído (mL)	Peso del aceite esencial de romero (g)	Tiempo de extracción (min)	Rendimiento de extracción (%)
1	1	3	5000				
2	1	3	3000				
3	1	5	5000				
4	1	5	3000				
5	1.5	3	5000				
6	1.5	3	3000				
7	1.5	5	5000				
8	1.5	5	3000				

Fuente: Elaboración Propia

**B) Balance de materia**

**Materia prima e insumos**

El material vegetal usado en la obtención y caracterización del aceite esencial de romero por el método de arrastre con vapor es material fresco proveniente de chacras del distrito de Mala, Provincia Cañete, departamento Lima.

De acuerdo al número de corridas experimentales el balance será:

**TABLA N°4.2**  
**BALANCE DE MATERIA**

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P<sub>volumetrica</sub> Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Volumen m<sup>3</sup></b>
<b>Romero</b>	30 Kg	600	0.05
<b>Agua</b>	96 L		0.096

Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.7. Desarrollo experimental**

Se ha utilizado cuatro muestras de 1kg y cuatro muestras de 1.5 kg variando los tamaños de partícula en 3 y 5 cm también se usó volúmenes de agua de 3L y 5L, según nuestra tabla IV-1 para cada horario de cosecha y así obtener aceite esencial por el método de arrastre con vapor, empleando como solvente el agua destilada. Los parámetros de extracción son cantidad de materia prima, tamaño de partícula y cantidad de solvente. El aceite obtenido se guardó en frascos de vidrio ámbar.

##### **a) Preparación y acondicionamiento de la materia prima**

Para la preparación de la materia prima seleccionamos las hojas y tallo limpios ya que según literatura es donde se encuentra la mayor cantidad de aceite.

Recolección de la materia prima: Nos trasladamos a la ciudad de Mala para recolectar el Romero en distintos horarios de cosecha como en la mañana (6:00 am), medio día (12:00 pm) y en la noche (6:00 pm) para luego someterlo a tratamientos previos a la extracción.

✓ Pretratamiento de la materia prima:

**Limpieza:** Se procedió a la separación de material inorgánico y orgánico de nuestra materia prima, como polvo. Seguidamente se procederá a lavarlo y secarlo de forma natural por 1 día.

**Reducción de tamaño:** Se ha cortado el Romero en pequeñas partes, se trabajó con dos tamaños de partícula, 3cm y 5cm.

**Determinación de la densidad aparente:** Se ha tomado una muestra de Romero, se pesó en una balanza de precisión de 4 cifras y se ha calculado el volumen por desplazamiento, sumergiendo la muestra de Romero en una muestra de volumen de agua conocido y se ha determinado por diferencia. Este procedimiento se realiza por triplicado y se reporta el promedio como la densidad aparente de la materia prima.

1. **Carga e inicio de la extracción:** Se ha pesado 1 Kg de Romero de tamaño de partícula 3 cm, se tapó el recipiente de extracción y se selló de forma hermética. Paralelamente se llenó el recipiente generador de vapor con 3L de agua y se sometió a calentamiento. Repetir para cada experiencia según tabla IV-1.
2. **Toma de datos:** Se inició una vez que se generó la primera gota de aceite esencial (tiempo cero). Los datos anotados para la velocidad de extracción son el volumen de aceite esencial extraído y el tiempo. Los datos serán tomados cada 2 minutos aproximadamente hasta que el volumen sea constante.
3. **Recojo del producto:** Una vez que el volumen de aceite esencial sea constante se suspende el calentamiento y se recoge el aceite esencial del florentino en un envase de vidrio ámbar.

4. Control de Calidad: Se procede a caracterizar el aceite esencial con los análisis físico-químicos y cromatográfico de gases-masas.

b) Parámetros a evaluar

- Velocidad de extracción

**TABLA N°4.3**  
**RELACIÓN VOLUMEN - TIEMPO**

V (ml)	t (min)
0	0
0.5	2
1.8	T

Fuente: Elaboración propia

- Rendimiento de extracción

$$\% R = \frac{V_f}{V_i} * 100$$

$$\% R = \frac{\text{Cantidad extraída}}{\text{cantidad inicial}}$$

- Tipo de extracción

Extracción por arrastre de vapor

La muestra a utilizar es material generalmente fresco, además se corta en pequeños trozos, para mejorar la extracción y el contacto con el aceite esencial, este material vegetal es guardado en un recipiente y sometido a una corriente de vapor de agua, así el aceite esencial es arrastrado para luego ser condensado y separado de la fracción acuosa.

**CINETICA DE LA EXTRACCION DE ACEITE ESENCIAL**

Balance de materia

$$\left[ \begin{array}{c} \text{cantidad de masa} \\ \text{de aceite esencial} \\ \text{extraída} \\ \text{g/min} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \text{cantidad de masa} \\ \text{difundida de} \\ \text{aceite esencial} \\ \text{g/min} \end{array} \right] \dots (1)$$

$$mm = \rho v$$

$$\dot{m}_{\text{aceite extraído}} = \left( \begin{array}{c} \text{volumen de} \\ \text{hojas de romero} \end{array} \right) \left( \begin{array}{c} \rho_{\text{aparente de las}} \\ \text{hojas de romero} \end{array} \right) \left( \begin{array}{c} \epsilon_{\text{rendimiento}} \\ \text{de} \\ \text{extracción} \end{array} \right) \dots (2)$$

$$\dot{m}_{\text{aceite extraído}} = v(\rho_{\text{aparente}})\epsilon \dots (3)$$

Derivando:

$$\frac{d\dot{m}_{\text{aceite}}}{dt} = (\rho_{\text{aparente}})(\epsilon) \frac{dV}{dt} \dots (4)$$

$$\tilde{N}_A = \tilde{N}_{ae}(A_{ST}) = K_m \left( m_{\text{aceite } 1} - m_{\text{aceite } 2} \right) A_{ST} \dots (5)$$

$$N_{ae} = K_m (v_{\text{aceite } 1} \rho_{\text{aceite } 1} - v_{\text{aceite } 2} \rho_{\text{aceite } 2}) \dots (6)$$

Pero:

$$\rho_{\text{aceite } 1} \cong \rho_{\text{aceite } 2}$$

Igualando la ecuación (6) y (4):

$$(\rho_{\text{aparente}})(\epsilon) \frac{dV}{dt} = K_m \rho_{\text{aceite}} (v_{\text{aceite } 1} - v_{\text{aceite } 2}) \dots (7)$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{K_m \rho_{\text{aceite}} A_{ST}}{(\rho_{\text{aparente}})\epsilon} (v_1 - v_2) \dots (8)$$

$$K_V = \frac{K_m \rho_{\text{aceite}} A_{ST}}{(\rho_{\text{aparente}})\epsilon}$$

Donde  $K_V$  es el coeficiente de transferencia de masa observada para la extracción de aceite esencial.

$$\frac{dV}{dt} = K_V (V_1 - V_2) \dots (9)$$

Haciendo que para:

$$t = \infty, V = V_{\infty}$$

$$\frac{V_2}{V_{\infty}} = K_{\text{reparto}} = 1$$

$$V_1 = V_{\infty}$$

$$\frac{dV}{dt} = K_v(V_{\infty} - V) \dots (10)$$

$$\int_{V_0=0}^{V=V} \frac{dV}{V_{\infty} - V} = \int_{t=0}^t K_v dt$$

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_v)t \dots (11)$$

$$V = V_{\infty}(1 - e^{-(K_v)t}) \dots (12)$$

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\varepsilon} = \text{dato}$$

#### 4.2.8. Métodos de análisis para la identificación del producto

Para la caracterización del aceite esencial de romero se realizaron diversos ensayos y se enviaron muestras al laboratorio LABICER (Laboratorio N° 12) de la Facultad de Ciencias en la Universidad Nacional de Ingeniería. Para el envío de las muestras se tuvo que cumplir con las siguientes condiciones: el aceite esencial de romero debe estar en un recipiente ámbar de vidrio que debe estar casi al tope, de esta forma se evita la oxidación.

Para el análisis cromatográfico se utilizó el Cromatógrafo de gases SHIMADZU, GC-2010 Plus y el Detector de espectrometría de masas: SHIMADZU, CGMS.QP 210 ultra.

Para los ensayos químicos se utilizaron lo establecido según la NTP (Normas Técnicas Peruanas).

### **4.3. Población y muestra**

#### **4.3.1. Población**

Nuestra población consiste en 30 kg de Romero proveniente del distrito de Mala, provincia de Cañete, departamento de Lima, cosechadas en el mes de junio, previa limpieza de la materia vegetal y transportadas a la facultad de ingeniería Química de la UNAC.

#### **4.3.2. Muestra**

Los tamaños de nuestras muestras han sido de 1 y 1,5 kg de romero para la extracción por el método de arrastre con vapor.

### **4.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

#### **4.4.1. Determinación de las propiedades físicas de los aceites esenciales**

- ❖ Determinación de densidad relativa

NTP-ISO 279:2011 (Rev. 2016)

Principio del método: volúmenes iguales de aceite esencial y agua a 20 °C, son pesados sucesivamente en un picnómetro.

#### **4.4.2. Determinación de las propiedades químicas de los aceites esenciales**

- ❖ Determinación de Índice de acidez

NTP 319.085:1974 (Rev. 2016)

Principio del método: se basa en la neutralización de los ácidos libres por solución alcohólica de hidróxido de potasio.

- ❖ Solubilidad del etanol

NTP 319.084:1974

Principio del método: a la temperatura de 20°C se adiciona progresivamente, al aceite esencial, una solución acuosa de etanol de concentración adecuada y conocida y se observa el grado de solubilidad.

❖ **Determinación de índice de éster**

NTP 319.088:1974 (Rev. 2016)

Principio del método: se basa en la hidrólisis de los esteres bajo determinadas condiciones, por una solución de título conocido y valoración del exceso de álcali.

❖ **Identificación y cuantificación de los componentes activos del aceite esencial de romero por cromatografía de gases.**

Este método nos ayuda a identificar los componentes del aceite esencial mediante espectros, en los cuales se tendrá en cuenta el área y la altura de cada uno de ellos. También se identifica estos componentes mediante el peso molecular, así mismo se tienen en cuenta los tiempos de retención de cada componente.

#### **4.5. Procedimientos de recolección de datos**

Se hicieron 24 corridas experimentales y se obtuvieron datos de volumen y tiempo de obtención de aceite esencial para calcular el rendimiento. Al aceite esencial obtenido se le realizaron pruebas fisicoquímicas y un análisis cromatográfico para conocer los principales componentes activos.

#### **4.6. Procesamiento estadístico y análisis de datos**

Los datos obtenidos de volumen y tiempo se trasladaron a una tabla excel para determinar que corrida experimental tuvo mayor rendimiento. Posteriormente se realizaron graficas comparativas.

## V. RESULTADOS

Con la finalidad de obtener las condiciones de operación favorables en el proceso de extracción del aceite esencial de romero al modificar las variables independientes tales como cantidad de material vegetal, cantidad de solvente y tamaño de romero usando agua como solvente extractor. Se ha elaborado el programa experimental diseñado (véase la Tabla N°4.1, en la página 47) usando el equipo de arrastre con vapor.

La investigación se realizó en base al diseño factorial  $2^3$  donde se hicieron 8 corridas experimentales para 3 horarios de cosecha diferente: 6:00 am, 12:00 pm y 6:00 pm, la planta de romero fue recolectada en el mes de junio, (véanse las Tablas N° 5.1, N° 5.2 y N° 5.3, en las páginas 58,59 y 60).

Además, los resultados de la identificación y caracterización del aceite esencial extraído de las partículas de las hojas y tallos del romero a condiciones favorables (masa de 1.5 kg, tamaño de 3 cm y 3000 ml de agua en un horario de cosecha de 12:00 pm) con vapor de agua (véase la Tabla N°5.4, en la página 61) y las propiedades químicas (véase la Tabla N°5.5, en la página 61).

**TABLA N°5.1**

**VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA EXTRACCION DE ACEITE  
ESENCIAL DE ROMERO POR ARRASTRE CON VAPOR EN EL  
HORARIO DE COSECHA 12:00 PM**

N° de corridas	Masa Inicial Kg	Tamaño de partículas cm	Volumen del Solvente MI	Vector respuesta			
				Volumen extraído (ml)	Peso de aceite esencial de romero (g)	Tiempo de extracción (min)	Rendimiento de extracción (%)
1	1	3	5000	6.6	5.1535	14	0,5154
2	1	3	3000	6	4.6850	10	0,4685
3	1	5	5000	6.5	5.0754	16	0,5075
4	1	5	3000	7	5.8724	13	0,5872
5	1.5	3	5000	7.9	6.1533	16	0,4102
6	1.5	3	3000	11.8	9.7091	17	0,6473
7	1.5	5	5000	11	9.2608	17	0,6174
8	1.5	5	3000	9	7.6546	15	0,5103

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N°5.2**

**VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA EXTRACCION DE ACEITE  
ESENCIAL DE ROMERO POR ARRASTRE CON VAPOR EN  
HORARIO DE COSECHA DE 6.00 AM**

N° de corridas	Masa Inicial kg	Tamaño de partículas cm	Volumen del Solvente mL	Vector respuesta			
				Volumen extraído (ml)	Peso de aceite esencial de romero (g)	Tiempo de extracción (min)	Rendimiento de extracción (%)
1	1	3	5000	6.2	4.8412	14	0.4841
2	1	3	3000	5.7	4.4508	10	0,4451
3	1	5	5000	6.3	4.9192	14	0.4919
4	1	5	3000	6.4	5.3691	12	0.5369
5	1.5	3	5000	7.2	5.6081	15	0.3739
6	1.5	3	3000	10.2	8.3925	17	0.5595
7	1.5	5	5000	9.8	8.2500	15	0.5500
8	1.5	5	3000	8.2	7.1910	16	0,4794

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N°5.3**

**VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA EXTRACCION DE ACEITE ESENCIAL  
DE ROMERO POR ARRASTRE CON VAPOR EN HORARIO DE COSECHA  
DE 6.00 PM**

N° de corridas	Masa inicial Kg	Tamaño de partículas cm	Volumen del Solvente mL	Vector respuesta			
				Volumen extraído (ml)	Peso de aceite esencial de romero (g)	Tiempo de extracción (min)	Rendimiento de extracción (%)
1	1	3	5000	4.7	4.8412	10	0.4230
2	1	3	3000	4.3	4.4508	9	0.3870
3	1	5	5000	4.8	4.9192	10	0.4320
4	1	5	3000	5	4.4996	11	0,4500
5	1.5	3	5000	6.5	5.6081	13	0.3384
6	1.5	3	3000	8.4	7.3995	17	0.4933
7	1.5	5	5000	7.3	8.2500	15	0.4083
8	1.5	5	3000	7	7.1910	14	0.3915

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N°5.4**

**CLASIFICACIÓN BOTÁNICA**

<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Sub clase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Lamiales
<b>Familia</b>	Lamiaceae
<b>Género</b>	Rosmarinus
<b>Especie</b>	Rosmarinus Oficialis L

Fuente. Museo de Historia Natural (Constancia N° 34-USM-2016)

**TABLA N° 5.5**

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL ACEITE ESENCIAL DE ROMERO**

<b>ANÁLISIS</b>	<b>RESULTADOS</b>
Densidad , g/mL	0.873
Densidad Relativa, g/mL	0.875
Índice de Acidez, mgKOH / g aceite	3.917
Número de éster, mgKOH / g aceite	31.02
Solubilidad en etanol	Concentración de etanol 80 % soluble a 12.5 mL Opalescente a 17 mL

Fuente. Labicer (Informe Técnico N° 1085-17-LAB. 12)

**TABLA N° 5.6**

**COMPONENTES QUIMICOS DEL ACEITE ESENCIAL DE ROMERO  
PROVENIENTE DEL DISTRITO DE MALA**

<b>COMPONENTES PRINCIPALES</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
ALFA PINENO	24,69
BETA MIRCENO	21,90
CAMFENO	14,37
EUCALIPTOL	8,89
BORNANONA	8,40
D LIMONENO	1,52
OTROS (VER ANEXO)	20,23

Fuente. Labicer (Informe Técnico N° 1085-17-LAB. 12)

**FIGURA N° 5.1**

**ACEITE ESENCIAL DE ROMERO**



Fuente: Elaboración propia

Horario de cosecha 12:00 pm - Experiencia 1:

**TABLA N° 5.7**

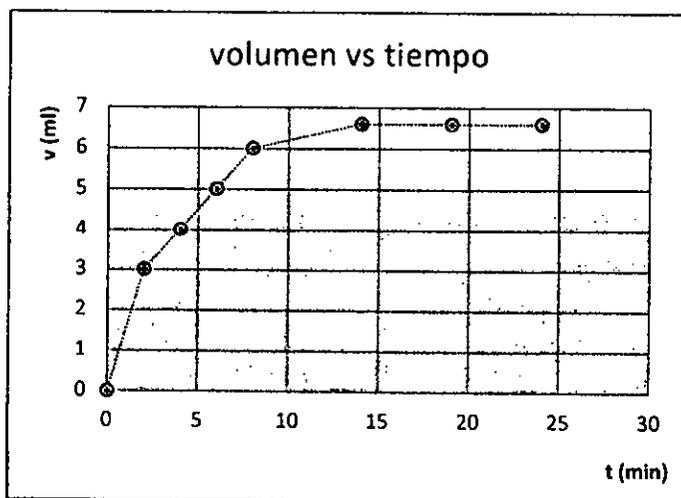
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°1**

$V$ (ml)	$t$ (min)
0	0
3	2
4	4
5	6
6	8
6.6	14
6.6	19
6.6	24

Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO N° 5.1**

**VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°1**



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_v)t$$

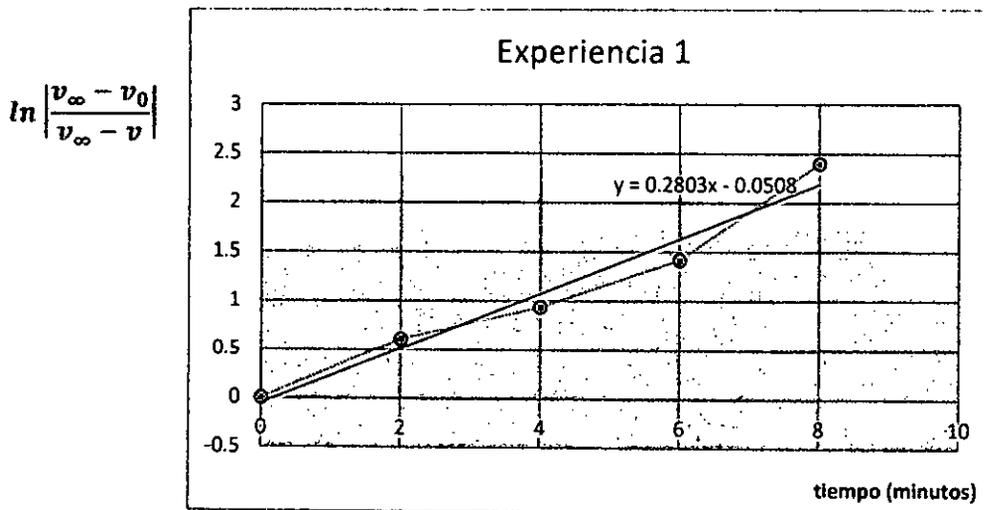
$$y = mx$$

Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_{\infty} = 6.6 \text{ ml}$$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_\infty - V_0}{V_\infty - V} \right $
0	0
2	0.6061358
4	0.9315582
6	1.41706602
8	2.39789527

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.2803x - 0.0508$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.2803 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{acetate}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\epsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{acetate}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{acetate}}/\text{ml}_{\text{acetate}}$$

$$\rho_{\text{apa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441m^2$$

$$\varepsilon = \frac{5.1535 g_{aceite\ de\ romero}}{1000g_{romero}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.5154\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{apa})\varepsilon}{(\rho_{aceite})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.2803\ min^{-1})(0.6g_{romero}/ml_{romero})0.5154}{(0.9170g_{aceite}/ml_{aceite})0.0441m^2}$$

$$K_m = 2.$$

Horario de cosecha 12:00 pm - Experiencia 2:

**TABLA N° 5.8**

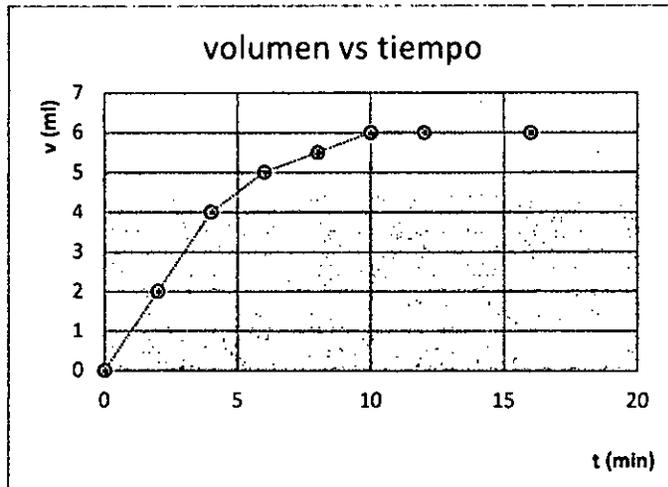
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°2**

<b>V(ml)</b>	<b>t(min)</b>
0	0
2	2
4	4
5	6
5.5	8
6	10
6	12
6	16

Fuente: Elaboración propia

### GRÁFICO N° 5.2

#### VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°2



Fuente: elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_V)t$$

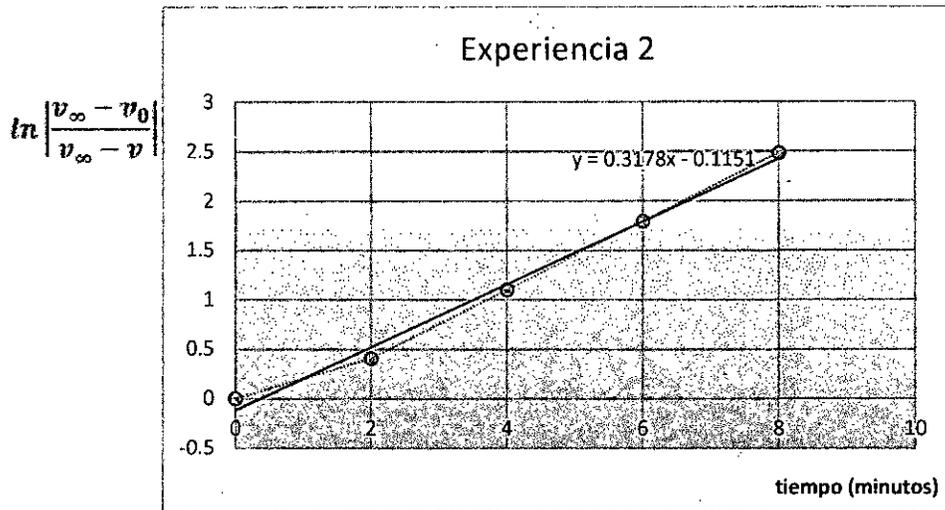
$$y = mx$$

Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_{\infty} = 6 \text{ ml}$$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
2	0.40546511
4	0.09861229
6	1.79175947
8	2.48490665

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.3178x - 0.1151$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.3178 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{papa}})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{papa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{4.6850 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1000 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.4685\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{\text{papa}})\varepsilon}{(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.3178 \text{ min}^{-1})(0.6 g_{\text{romero}}/ml_{\text{romero}})0.4685}{(0.9170 g_{\text{aceite}}/ml_{\text{aceite}})0.0441 m^2}$$

$$K_m = 2.2091 \frac{g_{\text{romero}} * ml_{\text{aceite}}}{\text{min} * m^2 * g_{\text{aceite}} * ml_{\text{romero}}}$$

Horario de cosecha 12:00 pm - Experiencia 3:

**TABLA N° 5.9**

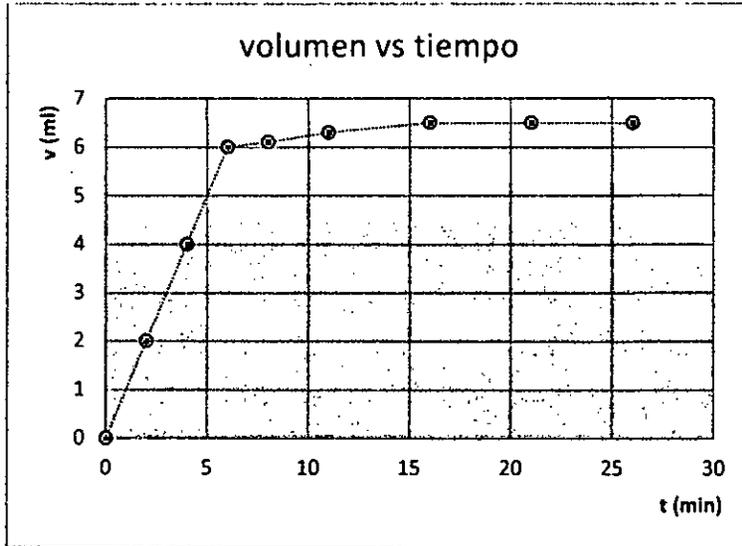
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°3**

<b>V(ml)</b>	<b>t(min)</b>
0	0
2	2
4	4
6	6
6.1	8
6.3	11
6.5	16
6.5	21
6.5	26

Fuente: Elaboración propia

### GRÁFICO N° 5.3

#### VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°3



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_V)t$$

$$y = mx$$

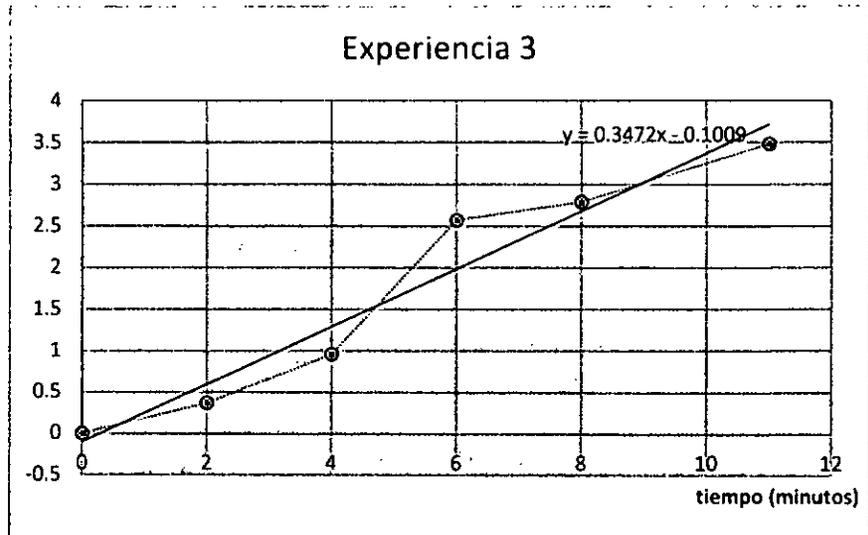
Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_{\infty} = 6.5 \text{ ml}$$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
2	0.36772478
4	0.95551145
6	2.56494936
8	2.78809291
11	3.48124009

Graficamos y hallamos la pendiente:

$$\ln \left| \frac{v_{\infty} - v_0}{v_{\infty} - v} \right|$$



De la ecuación:

$$y = 0.3472x - 0.1009$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.3472 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{apa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{5.0754 g_{\text{aceite de romero}}}{1000 g_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.5075\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{\text{apa}})\varepsilon}{(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.3472 \text{ min}^{-1})(0.6 g_{\text{romero}}/ml_{\text{romero}})0.5075}{(0.9170 g_{\text{aceite}}/ml_{\text{aceite}})0.0441 m^2}$$

$$K_m = 2.6143 \frac{g_{\text{romero}} * ml_{\text{aceite}}}{\text{min} * m^2 * g_{\text{aceite}} * ml_{\text{romero}}}$$

Horario de cosecha 12:00 pm - Experiencia 4:

**TABLA N° 5.10**

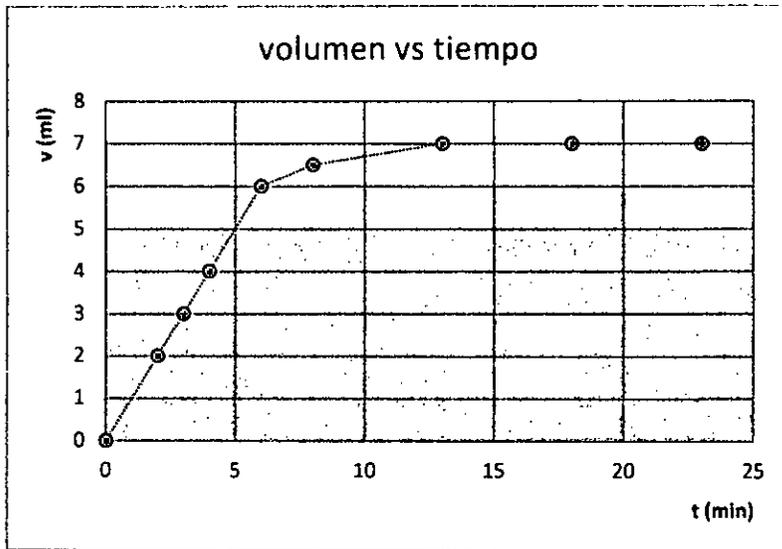
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°4**

<b>V(ml)</b>	<b>t(min)</b>
0	0
2	2
3	3
4	4
6	6
6.5	8
7	13
7	18
7	23

Fuente: Elaboración propia

### GRÁFICO 5.4

#### VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°4



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_V)t$$

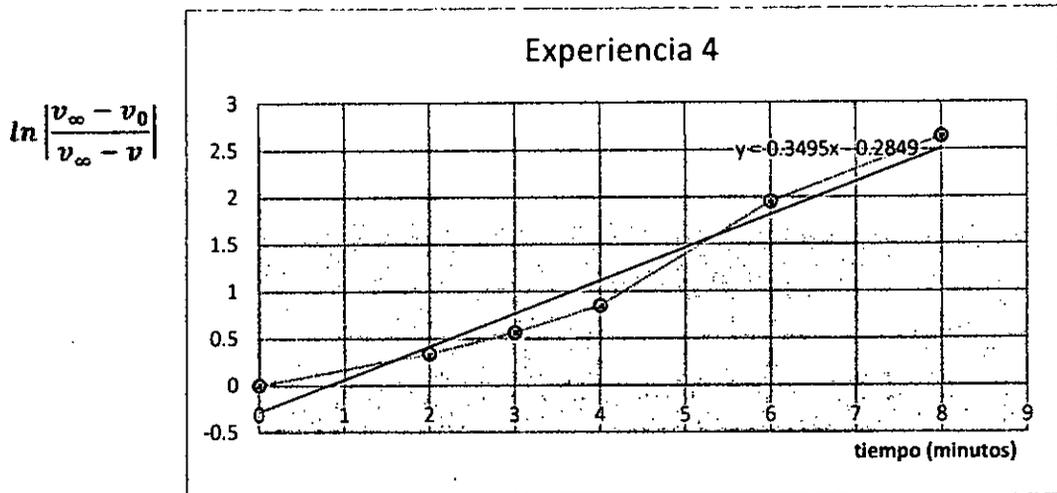
$$y = mx$$

Considerando:

$V_0 = 0 \text{ ml}$  y  $V_{\infty} = 7 \text{ ml}$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
2	0.33647224
3	0.55961579
4	0.84729786
6	1.94591015
8	2.63905733

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.3495x - 0.2849$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.3495 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{papa}})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{papa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

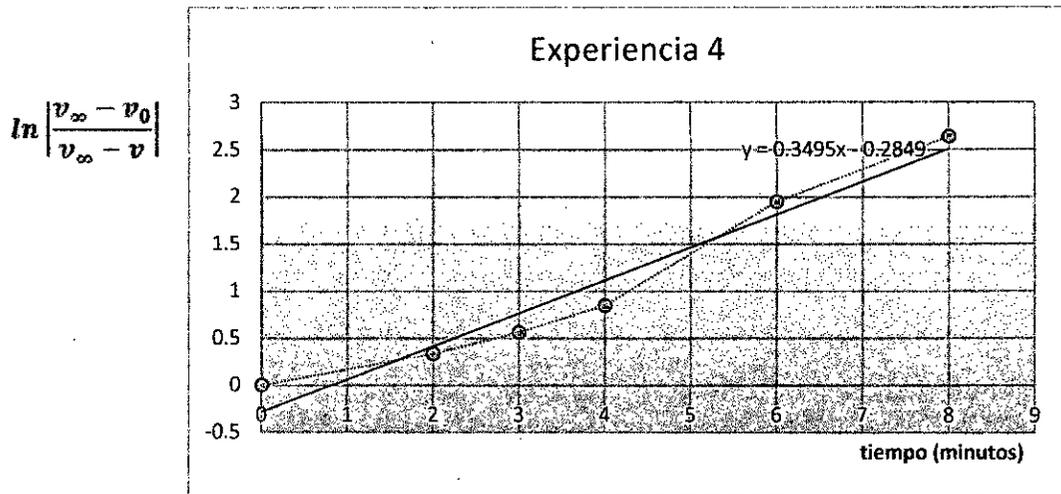
$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{5.8724 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1000 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.5872\%$$

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.3495x - 0.2849$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.3495 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{apa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{5.8724 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1000 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.5872\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{apa})\varepsilon}{(\rho_{aceite})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.3495 \text{ min}^{-1})(0.6 \text{ g}_{romero}/\text{ml}_{romero})0.5872}{(0.9170 \text{ g}_{aceite}/\text{ml}_{aceite})0.0441 \text{ m}^2}$$

$$K_m = 3.0449 \frac{\text{g}_{romero} * \text{ml}_{aceite}}{\text{min} * \text{m}^2 * \text{g}_{aceite} * \text{ml}_{romero}}$$

Horario de cosecha 12:00 pm - Experiencia 5:

**TABLA 5.11**

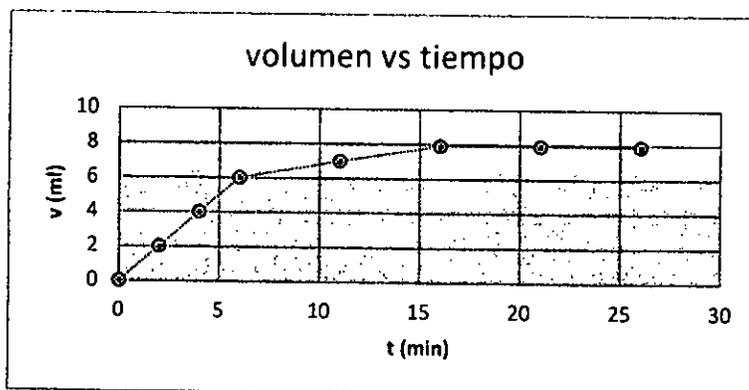
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°5**

$V(\text{ml})$	$t(\text{min})$
0	0
2	2
4	4
6	6
7	11
7.9	16
7.9	21
7.9	26

Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO N° 5.5**

**VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°5**



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_v)t$$

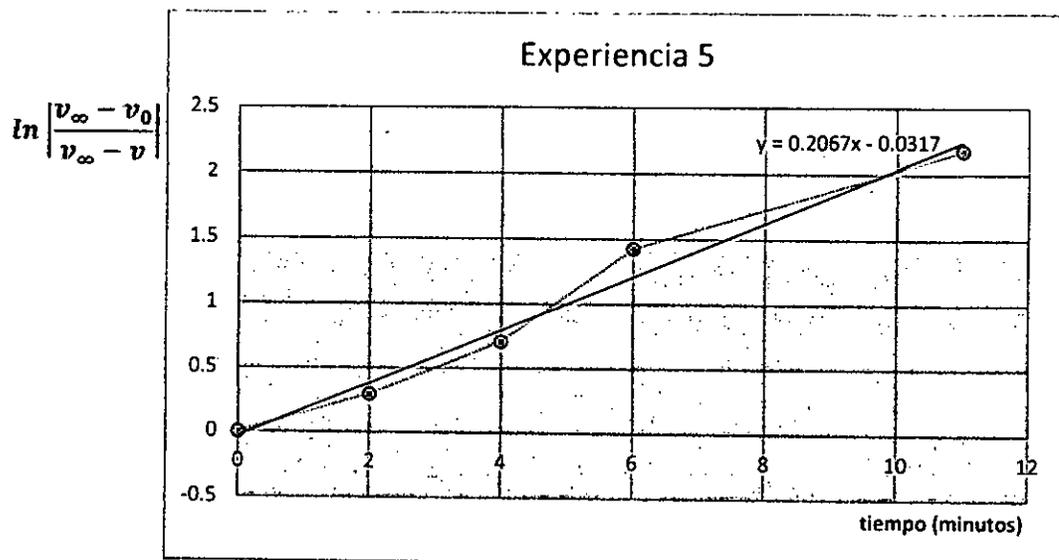
$$y = mx$$

Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_{\infty} = 7.9 \text{ ml}$$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
2	0.29191041
4	0.70588621
6	1.42500887
11	2.17222328

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.2067x - 0.0317$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.2067 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{aceite})A_{ST}}{(\rho_{apa})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{aceite} = 0.9170 g_{aceite}/ml_{aceite}$$

$$\rho_{apa} = 0.6 g_{romero}/ml_{romero}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 m^2$$

$$\varepsilon = \frac{6.1533 g_{aceite de romero}}{1500 g_{romero}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.4102\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{apa})\varepsilon}{(\rho_{aceite})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.2067 \text{ min}^{-1})(0.6 g_{romero}/ml_{romero})0.4102}{(0.9170 g_{aceite}/ml_{aceite})0.0441 m^2}$$

$$K_m = 1.2580 \frac{g_{romero} * ml_{aceite}}{\text{min} * m^2 * g_{aceite} * ml_{romero}}$$

Horario de cosecha 12:00 pm - Experiencia 6:

**TABLA N° 5.12**

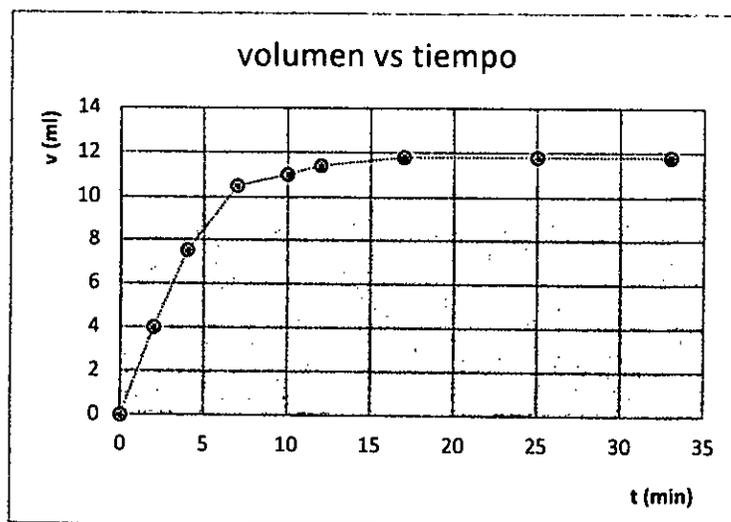
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°6**

<i>V (ml)</i>	<i>t (min)</i>
0	0
4	2
7.5	4
10.5	7
11	10
11.4	12
11.8	17
11.8	25
11.8	33

Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO N° 5.6**

**VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°6**



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_V)t$$

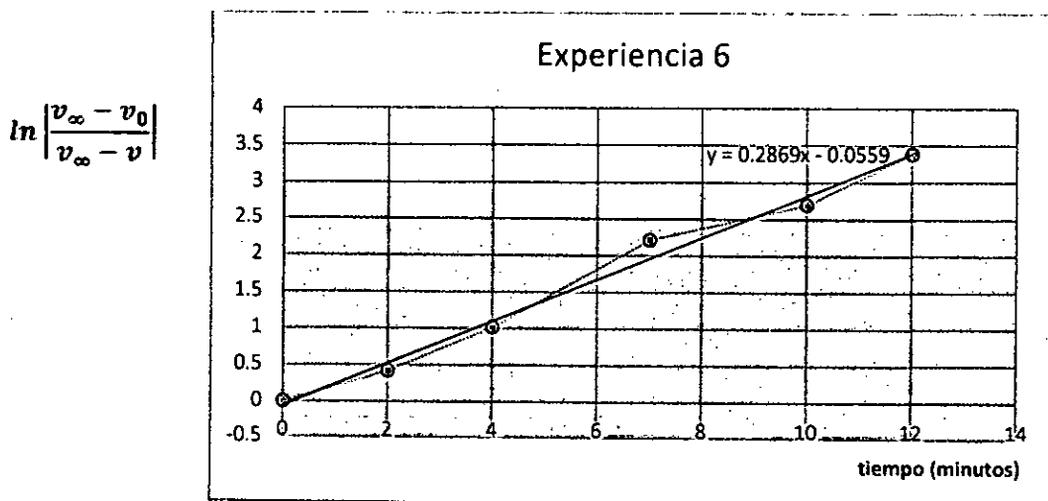
$$y = mx$$

Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_\infty = 11.8 \text{ ml}$$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_\infty - V_0}{V_\infty - V} \right $
0	0
2	0.4139758
4	1.00948451
7	2.20573527
10	2.69124308
12	3.38439026

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.2869x - 0.0559$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.2869 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{acette})A_{ST}}{(\rho_{apa})\epsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{apa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{9.7091 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1500 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.6473\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{\text{apa}})\varepsilon}{(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.2869 \text{ min}^{-1})(0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}})0.6473}{(0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}})0.0441 \text{ m}^2}$$

$$K_m = 2.7554 \frac{\text{g}_{\text{romero}} * \text{ml}_{\text{aceite}}}{\text{min} * \text{m}^2 * \text{g}_{\text{aceite}} * \text{ml}_{\text{romero}}}$$

Horario de cosecha 12:00 pm - Experiencia 7:

**TABLA N° 5.13**

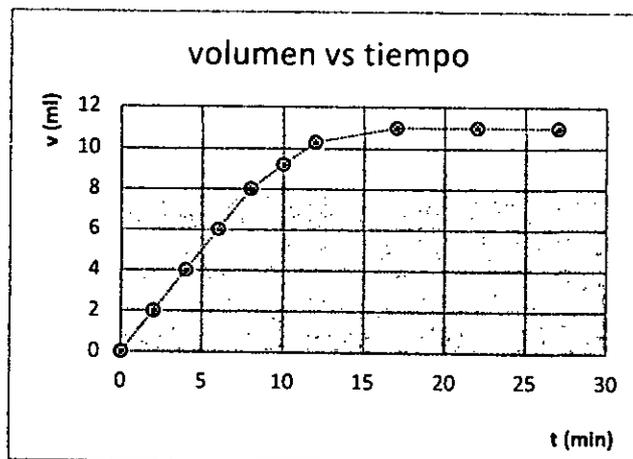
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°7**

<b>V(ml)</b>	<b>t(min)</b>
0	0
2	2
4	4
6	6
8	8
9.2	10
10.3	12
11	17
11	22
11	27

Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO N° 5.7**

**VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°7**



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_v)t$$

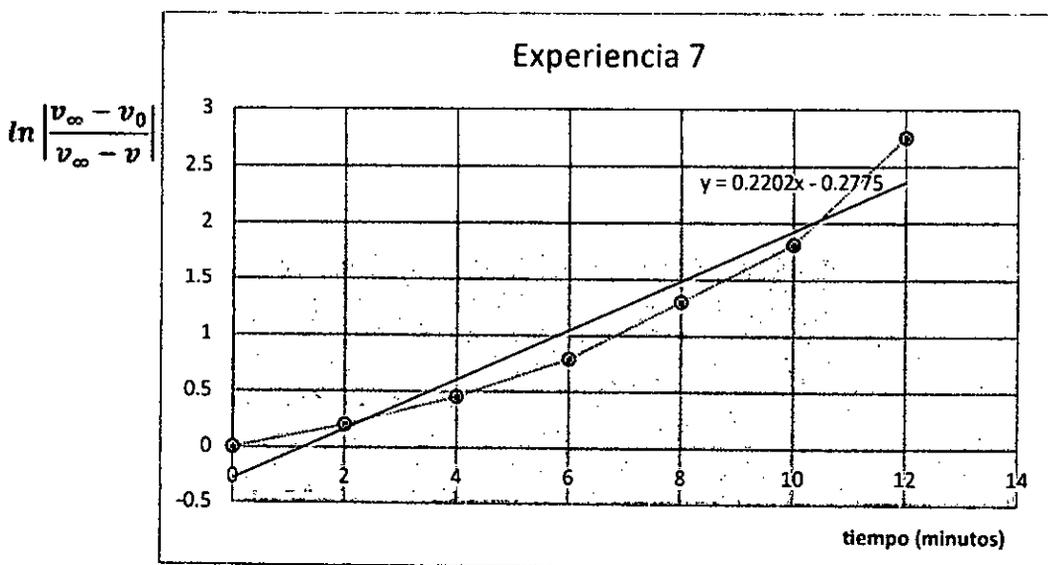
$$y = mx$$

Considerando:

$V_0 = 0 \text{ ml}$  y  $V_\infty = 11 \text{ ml}$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_\infty - V_0}{V_\infty - V} \right $
0	0
2	0.4139758
4	1.00948451
7	2.20573527
10	2.69124308
12	3.38439026

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.2202x - 0.2775$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.2202 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\epsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{aceite} = 0.9170 g_{aceite}/ml_{aceite}$$

$$\rho_{apa} = 0.6 g_{romero}/ml_{romero}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 m^2$$

$$\varepsilon = \frac{9.2608 g_{aceite de romero}}{1500 g_{romero}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.6174\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{apa})\varepsilon}{(\rho_{aceite})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.2202 \text{ min}^{-1})(0.6 g_{romero}/ml_{romero})0.6174}{(0.9170 g_{aceite}/ml_{aceite})0.0441 m^2}$$

$$K_m = 2.0171 \frac{g_{romero} * ml_{aceite}}{\text{min} * m^2 * g_{aceite} * ml_{romero}}$$

Horario de cosecha 12:00 pm - Experiencia 8:

**TABLA N° 5.14**

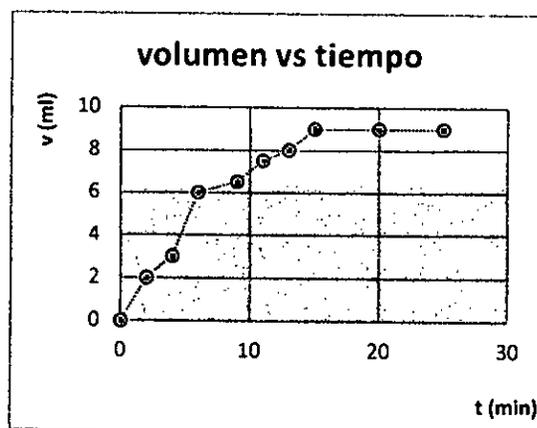
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°8**

<b><i>V(ml)</i></b>	<b><i>t(min)</i></b>
0	0
2	2
3	4
6	6
6.5	9
7.5	11
8	13
9	15
9	20
9	25

Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO N° 5.8**

**VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°8**



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_V)t$$

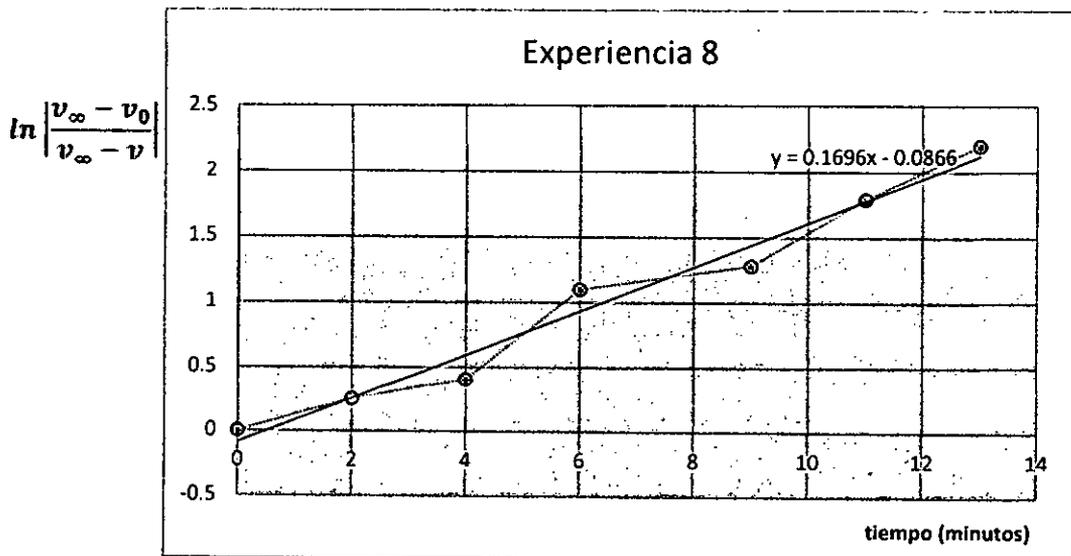
$$y = mx$$

Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_\infty = 9 \text{ ml}$$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_\infty - V_0}{V_\infty - V} \right $
0	0
2	0.25131443
4	0.40546511
6	1.09861229
9	1.28093358
11	1.79175947
13	2.19722458

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.1696x - 0.0866$$

El valor de  $K_p$  es:

$$K_p = 0.1696 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{aceite})A_{ST}}{(\rho_{apa})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{aceite} = 0.9170 g_{aceite}/ml_{aceite}$$

$$\rho_{apa} = 0.6 g_{romero}/ml_{romero}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 m^2$$

$$\varepsilon = \frac{7.6546 g_{aceite de romero}}{1500 g_{romero}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.5103\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{apa})\varepsilon}{(\rho_{aceite})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.1696 \text{ min}^{-1})(0.6 g_{romero}/ml_{romero})0.5103}{(0.9170 g_{aceite}/ml_{aceite})0.0441 m^2}$$

$$K_m = 1.2841 \frac{g_{romero} * ml_{aceite}}{\text{min} * m^2 * g_{aceite} * ml_{romero}}$$

Horario de cosecha 6:00 am - Experiencia 1:

**TABLA N° 5.15**

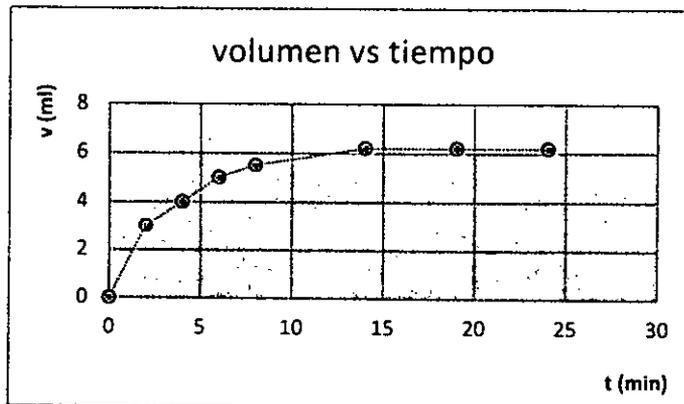
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°1**

$V$ (ml)	$t$ (min)
0	0
3	2
4	4
5	6
5.5	8
6.2	14
6.2	19
6.2	24

Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO N° 5.9**

**VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°1**



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_V)t$$

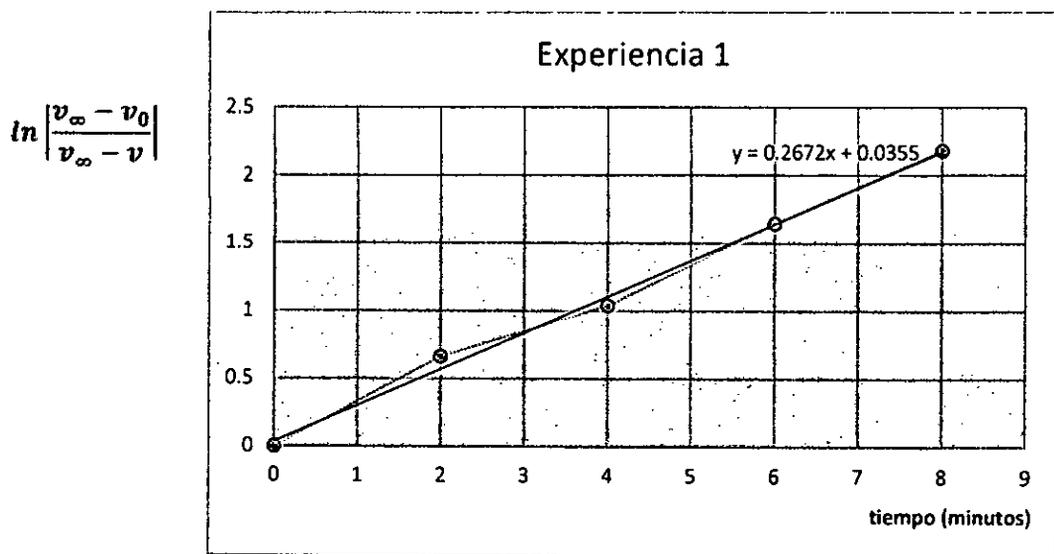
$$y = mx$$

Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_{\infty} = 6.2 \text{ ml}$$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_\infty - V_0}{V_\infty - V} \right $
0	0
2	0.66139848
4	1.03609193
6	1.64222774
8	2.18122424

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.2672x + 0.0355$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.2672 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{apa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441m^2$$

$$\varepsilon = \frac{4.8412 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1000g_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.4841\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{\text{apa}})\varepsilon}{(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.2672 \text{ min}^{-1})(0.6g_{\text{romero/ml}_{\text{romero}}})0.4841}{(0.9170g_{\text{aceite/ml}_{\text{aceite}}})0.0441m^2}$$

$$K_m = 1.9192 \frac{g_{\text{romero}} * ml_{\text{aceite}}}{\text{min} * m^2 * g_{\text{aceite}} * ml_{\text{romero}}}$$

Horario de cosecha 6:00 am - Experiencia 2:

**TABLA N° 5.16**

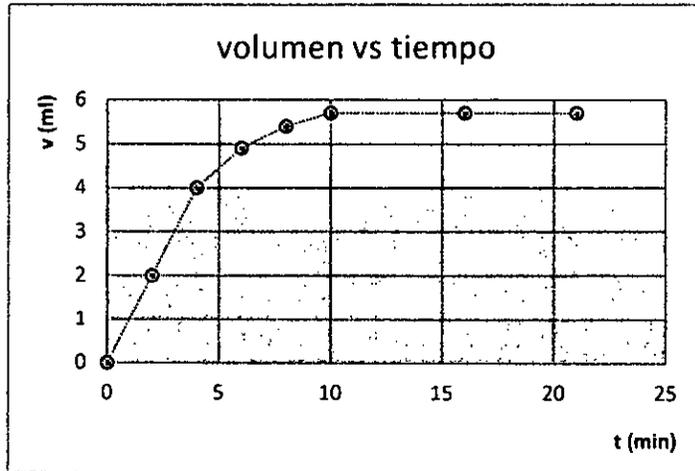
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°2**

<b>V(ml)</b>	<b>t(min)</b>
0	0
2	2
4	4
4.9	6
5.4	8
5.7	10
5.7	16
5.7	21

Fuente: Elaboración propia

### GRÁFICO N° 5.10

### VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°2



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_v)t$$

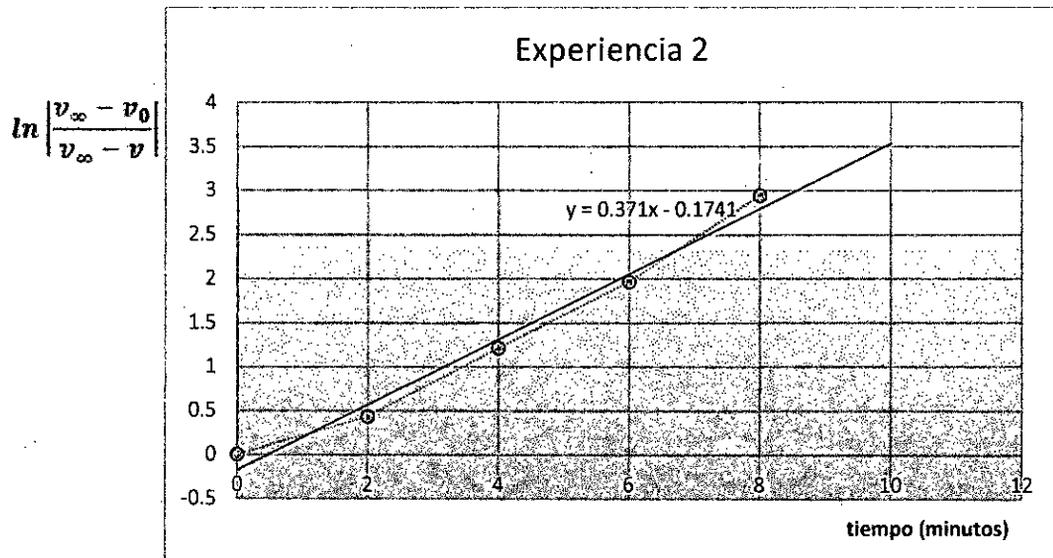
$$y = mx$$

Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_{\infty} = 5.7 \text{ ml}$$

t (min)	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
2	0.43213336
4	1.20983792
6	1.96360973
8	2.94443898

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.317x - 0.1741$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.317 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{apa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{4.4508 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1000 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.4451\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{apa})\varepsilon}{(\rho_{aceite})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.317 \text{ min}^{-1})(0.6 g_{romero}/ml_{romero})0.4451}{(0.9170 g_{aceite}/ml_{aceite})0.0441 m^2}$$

$$K_m = 2.0934 \frac{g_{romero} * ml_{aceite}}{\text{min} * m^2 * g_{aceite} * ml_{romero}}$$

Horario de cosecha 6:00 am - Experiencia 3:

**TABLA N° 5.17**

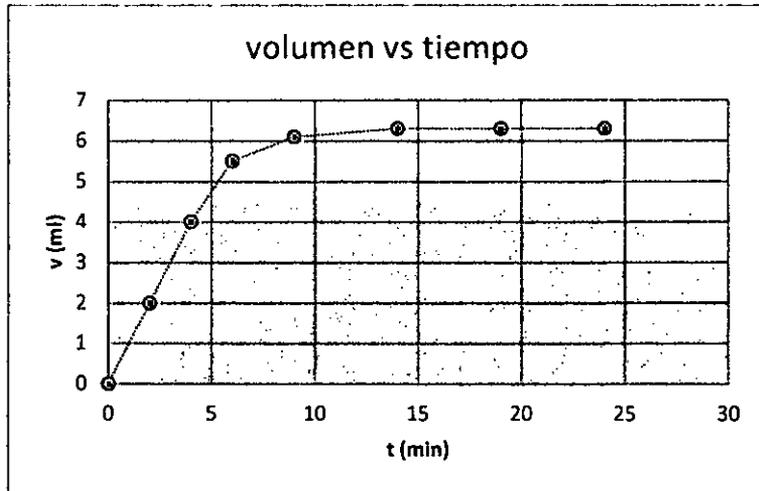
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°3**

<b>V(ml)</b>	<b>t(min)</b>
0	0
2	2
4	4
5.5	6
6.1	9
6.3	14
6.3	19
6.3	24

Fuente: Elaboración propia

### GRÁFICO N° 5.11

#### VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°3



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_V)t$$

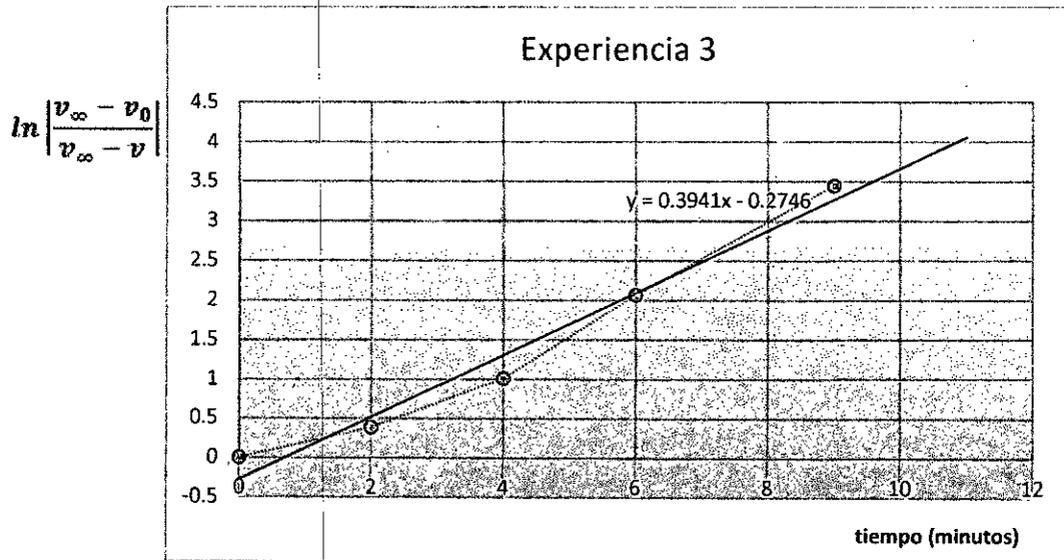
$$y = mx$$

Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_{\infty} = 6.3 \text{ ml}$$

t (min)	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
2	0.38193461
4	1.00764051
6	2.06369318
9	3.44998755

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.3941x - 0.2746$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.3941 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{apa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{4.9192 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1000 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.4919\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{\text{apa}})\varepsilon}{(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.3941 \text{ min}^{-1})(0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}})0.4919}{(0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}})0.0441 \text{ m}^2}$$

$$K_m = 2.8762 \frac{\text{g}_{\text{romero}} * \text{ml}_{\text{aceite}}}{\text{min} * \text{m}^2 * \text{g}_{\text{aceite}} * \text{ml}_{\text{romero}}}$$

Horario de cosecha 6:00 am - Experiencia 4:

**TABLA N° 5.18**

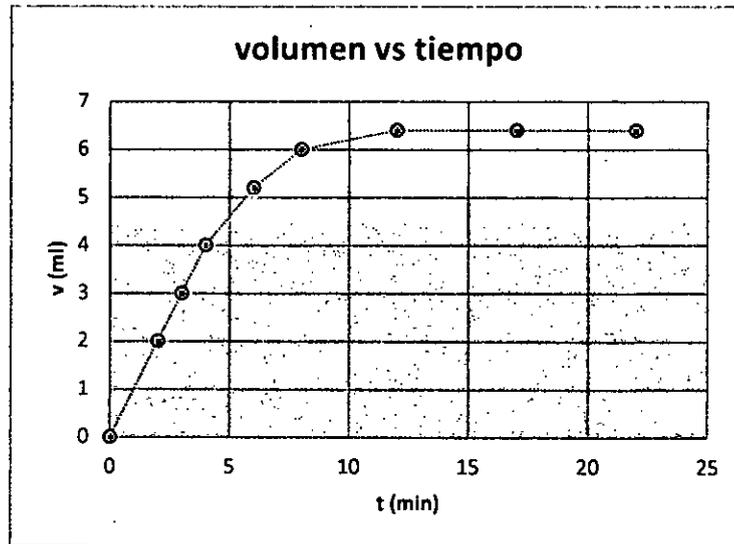
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°4**

<b>V(ml)</b>	<b>t(min)</b>
0	0
2	2
3	3
4	4
5.2	6
6	8
6.4	12
6.4	17
6.4	22

Fuente: Elaboración propia

### GRÁFICO N° 5.12

### VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°4



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_V)t$$

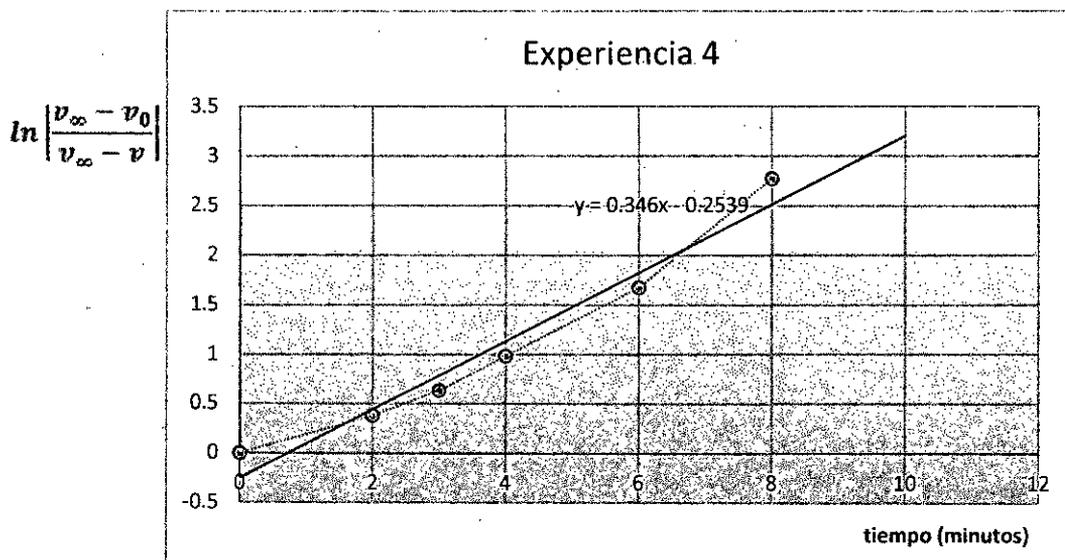
$$y = mx$$

Considerando:

$V_0 = 0 \text{ ml}$  y  $V_{\infty} = 6.4 \text{ ml}$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
2	0.37469345
3	0.63252256
4	0.63252256
6	1.67397643
8	2.77258872

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.346x - 0.2539$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.346 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{apa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{5.3691 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1000 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.5369\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{\text{papa}})\varepsilon}{(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.346 \text{ min}^{-1})(0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}})0.5369}{(0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}})0.0441 \text{ m}^2}$$

$$K_m = 2.7562 \frac{\text{g}_{\text{romero}} * \text{ml}_{\text{aceite}}}{\text{min} * \text{m}^2 * \text{g}_{\text{aceite}} * \text{ml}_{\text{romero}}}$$

Horario de cosecha 6:00 am - Experiencia 5:

**TABLA N° 5.19**

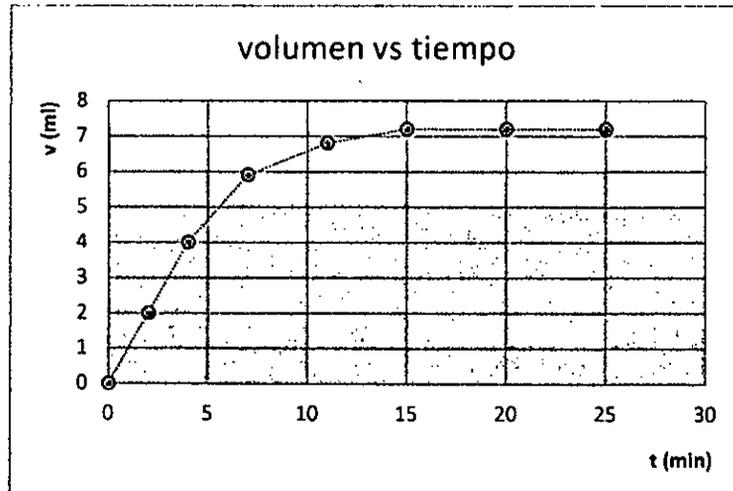
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°5**

<b>V(ml)</b>	<b>t(min)</b>
0	0
2	2
4	4
5.9	7
6.8	11
7.2	15
7.2	20
7.2	25

Fuente: Elaboración propia

### GRÁFICO N° 5.13

### VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°5



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_v)t$$

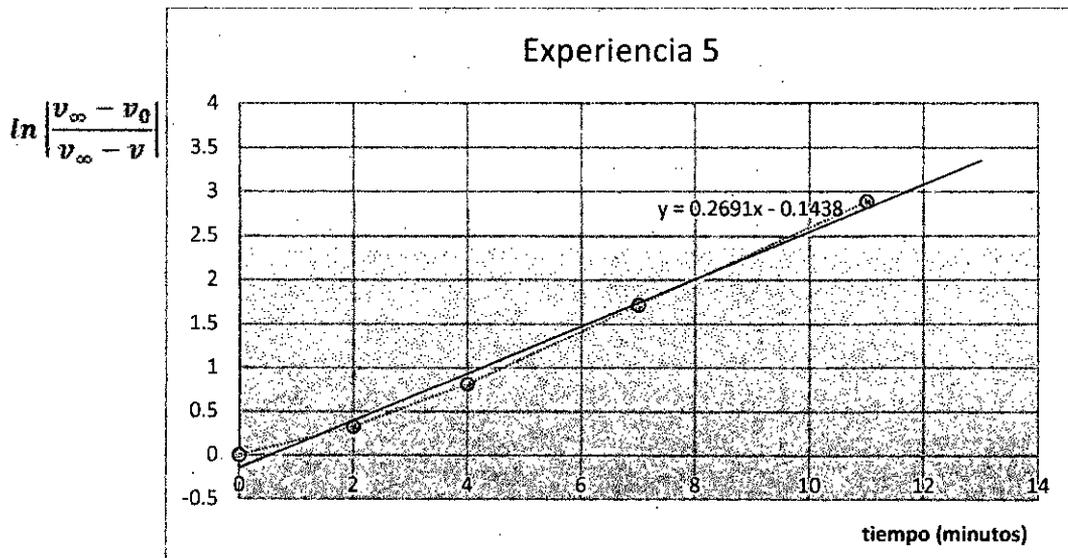
$$y = mx$$

Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_{\infty} = 7.2 \text{ ml}$$

t (min)	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
2	0.3254224
4	0.81093022
6	1.71171676
11	2.89037176

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.2691x - 0.1438$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.2691 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{apa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{5.6081 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1500 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.3739\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{apa})\varepsilon}{(\rho_{aceite})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.2691 \text{ min}^{-1})(0.6 g_{romero}/ml_{romero})0.3739}{(0.9170 g_{aceite}/ml_{aceite})0.0441 m^2}$$

$$K_m = 1.4928 \frac{g_{romero} * ml_{aceite}}{\text{min} * m^2 * g_{aceite} * ml_{romero}}$$

Horario de cosecha 6:00 am - Experiencia 6:

**TABLA N° 5.20**

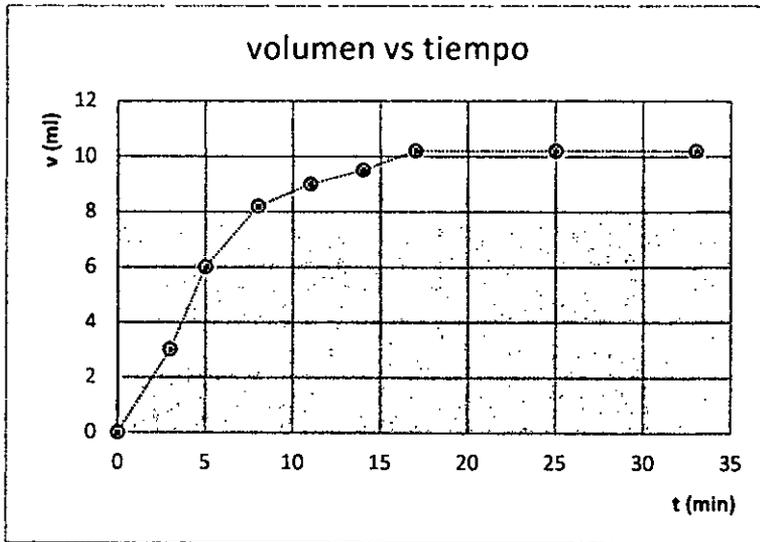
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°6**

$V (ml)$	$t (min)$
0	0
3	3
6	5
8.2	8
9	11
9.5	14
10.2	17
10.2	25
10.2	33

Fuente: Elaboración propia

### GRÁFICO N° 5.14

#### VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°6



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_V)t$$

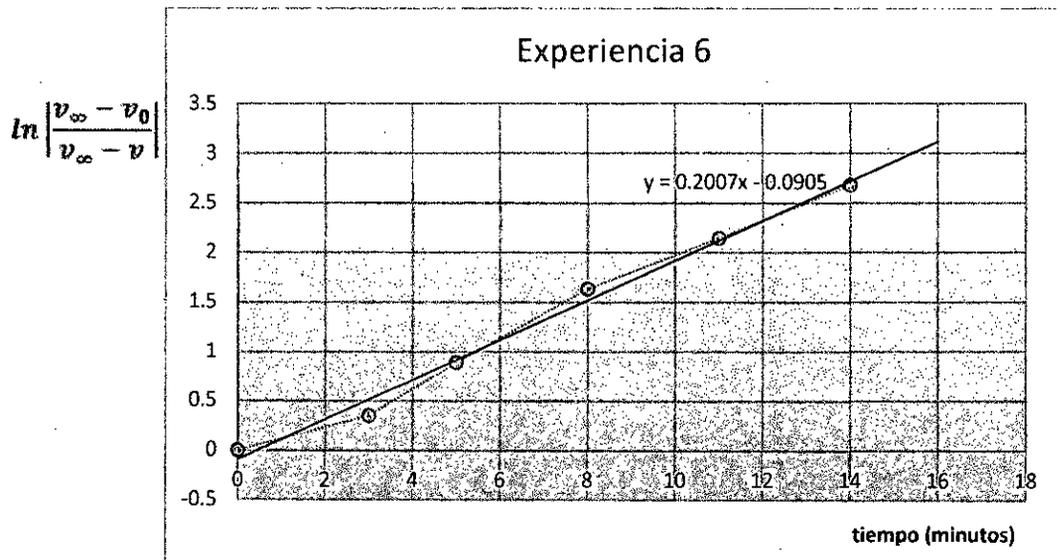
$$y = mx$$

Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_{\infty} = 10.2 \text{ ml}$$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
3	0.34830669
5	0.8873032
8	1.62924054
11	2.14006616
14	2.67906266

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.2007x - 0.0905$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.2007 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{apa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{8.3925 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1500 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.5595\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{apa})\varepsilon}{(\rho_{aceite})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.2007 \text{ min}^{-1})(0.6 \text{ g}_{romero}/\text{ml}_{romero})0.5595}{(0.9170 \text{ g}_{aceite}/\text{ml}_{aceite})0.0441 \text{ m}^2}$$

$$K_m = 1.6661 \frac{\text{g}_{romero} * \text{ml}_{aceite}}{\text{min} * \text{m}^2 * \text{g}_{aceite} * \text{ml}_{romero}}$$

Horario de cosecha 6:00 am - Experiencia 7:

**TABLA N° 5.21**

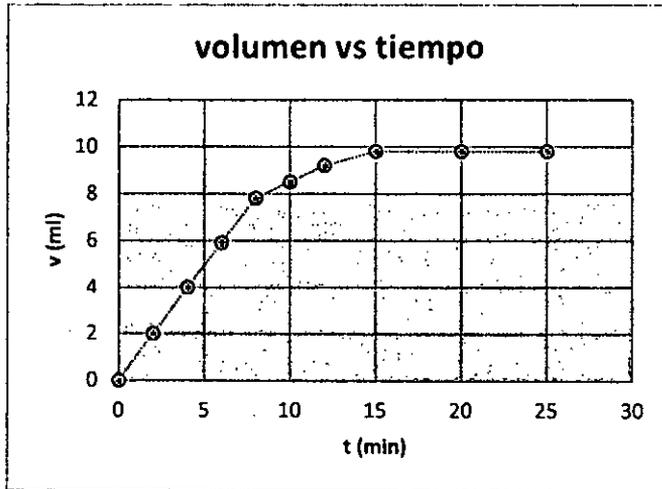
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°7**

<b>V (ml)</b>	<b>t (min)</b>
0	0
2	2
4	4
5.9	6
7.8	8
8.5	10
9.2	12
9.8	15
9.8	20
9.8	25

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.15

VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°7



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_V)t$$

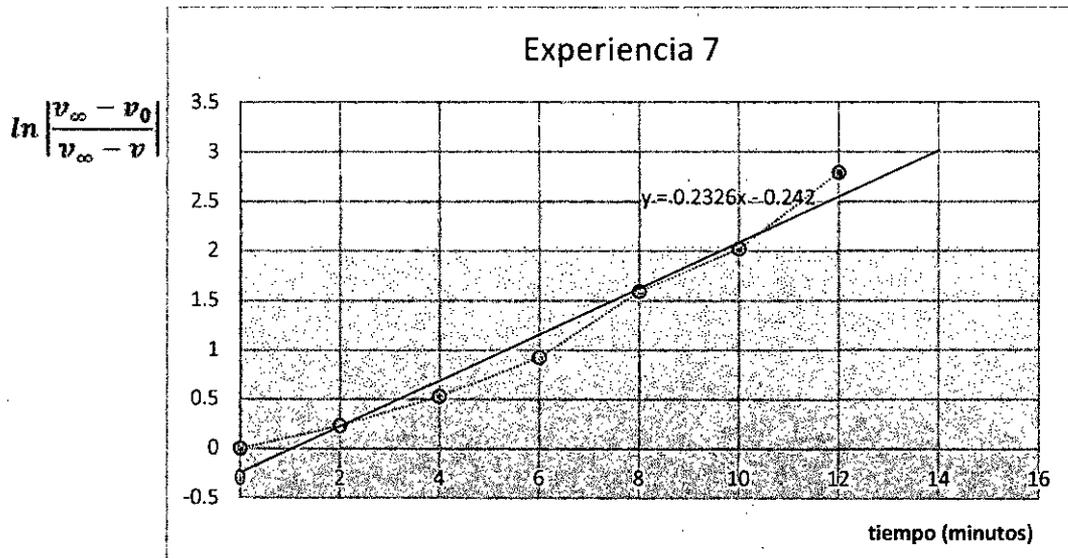
$$y = mx$$

Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_{\infty} = 9.8 \text{ m}$$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
2	0.22825865
4	0.52452447
6	0.92140583
8	1.58923521
10	2.02001812
12	2.79320801

Grificamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.2326x - 0.242$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.2326 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{apa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{8.2500 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1500 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.5500\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{opa})\varepsilon}{(\rho_{aceite})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.2326 \text{ min}^{-1})(0.6 g_{romero}/ml_{romero})0.5500}{(0.9170 g_{aceite}/ml_{aceite})0.0441 m^2}$$

$$K_m = 1.8981 \frac{g_{romero} * ml_{aceite}}{\text{min} * m^2 * g_{aceite} * ml_{romero}}$$

Horario de cosecha 6:00 am - Experiencia 8:

**TABLA N° 5.22**

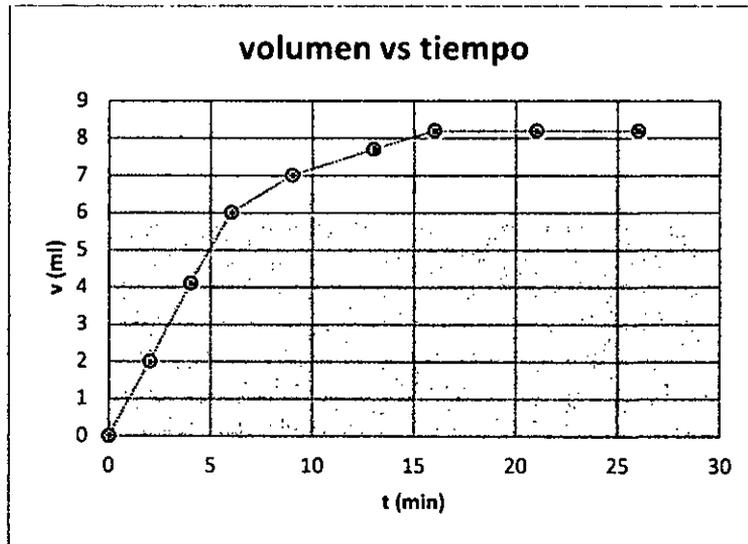
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°8**

<b>V(ml)</b>	<b>t(min)</b>
0	0
2	2
4.1	4
6	6
7	9
7.7	13
8.2	16
8.2	21
8.2	26

Fuente: Elaboración propia

### GRÁFICO N° 5.16

### VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°8



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_V)t$$

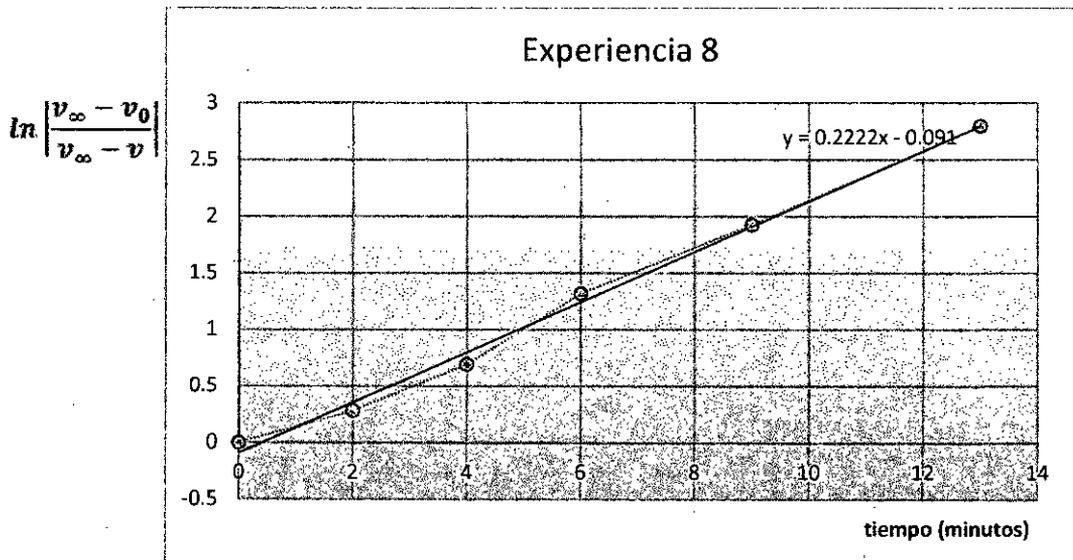
$$y = mx$$

Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_{\infty} = 8.2 \text{ ml}$$

t (min)	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
2	0.27958486
4	0.69314718
6	1.31567679
9	1.9218126
13	2.79728133

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.2222x - 0.091$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.2222 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{apa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{7.1910 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1500 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.4794\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{apa})\varepsilon}{(\rho_{acette})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.2222 \text{ min}^{-1})(0.6 g_{romero}/ml_{romero})0.4794}{(0.9170 g_{acette}/ml_{acette})0.0441 m^2}$$

$$K_m = 1.5805 \frac{g_{romero} * ml_{acette}}{\text{min} * m^2 * g_{acette} * ml_{romero}}$$

Horario de cosecha 6:00 pm - Experiencia 1:

**TABLA N° 5.23**

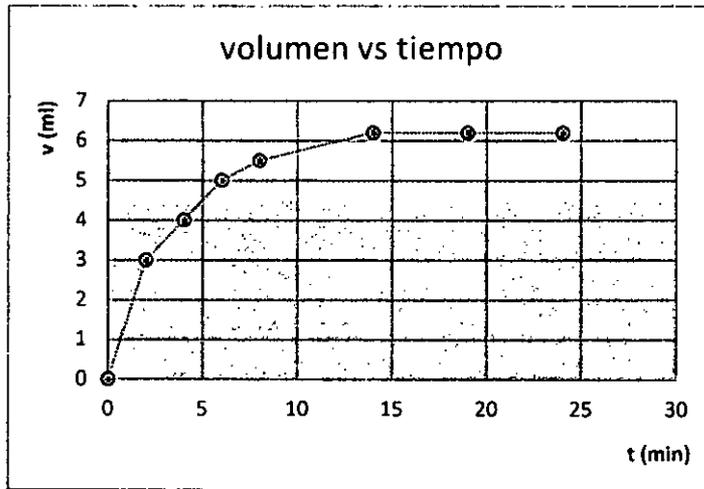
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°1**

<b>V(ml)</b>	<b>t'(min)</b>
0	0
3	2
4	4
5	6
5.5	8
6.2	14
6.2	19
6.2	24

Fuente: Elaboración propia

### GRÁFICO N° 5.17

#### VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°1



Fuente: elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_V)t$$

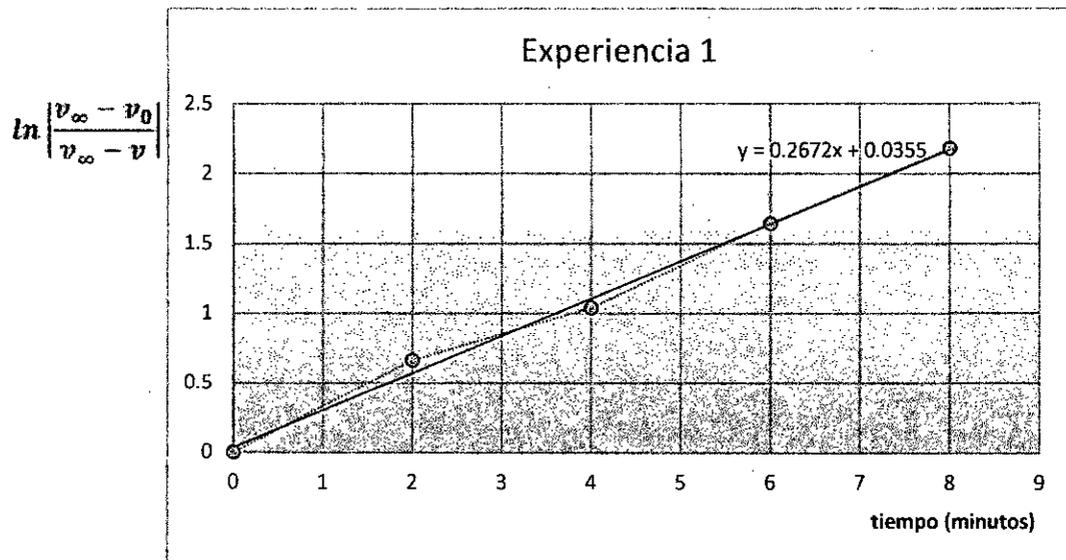
$$y = mx$$

Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_{\infty} = 6.2 \text{ ml}$$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
2	0.66139848
4	1.03609193
6	1.64222774
8	2.18122424

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.2672x + 0.0355$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.2672 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{apa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{4.8412 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1000 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.4841\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{\text{apa}})\varepsilon}{(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.2672 \text{ min}^{-1})(0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}})0.4841}{(0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}})0.0441 \text{ m}^2}$$

$$K_m = 1.9192 \frac{\text{g}_{\text{romero}} * \text{ml}_{\text{aceite}}}{\text{min} * \text{m}^2 * \text{g}_{\text{aceite}} * \text{ml}_{\text{romero}}}$$

Horario de cosecha 6:00 pm - Experiencia 2:

**TABLA N° 5.24**

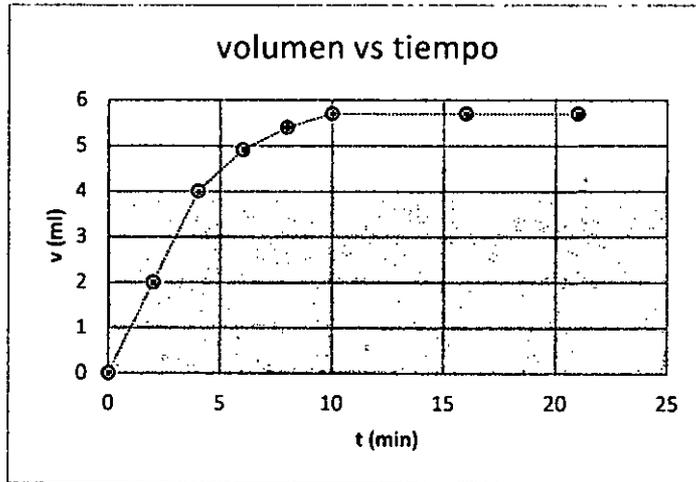
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°2**

$V \text{ (ml)}$	$t \text{ (min)}$
0	0
2	2
4	4
4.9	6
5.4	8
5.7	10
5.7	16
5.7	21

Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO N° 5.18**

**VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°2**



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_v)t$$

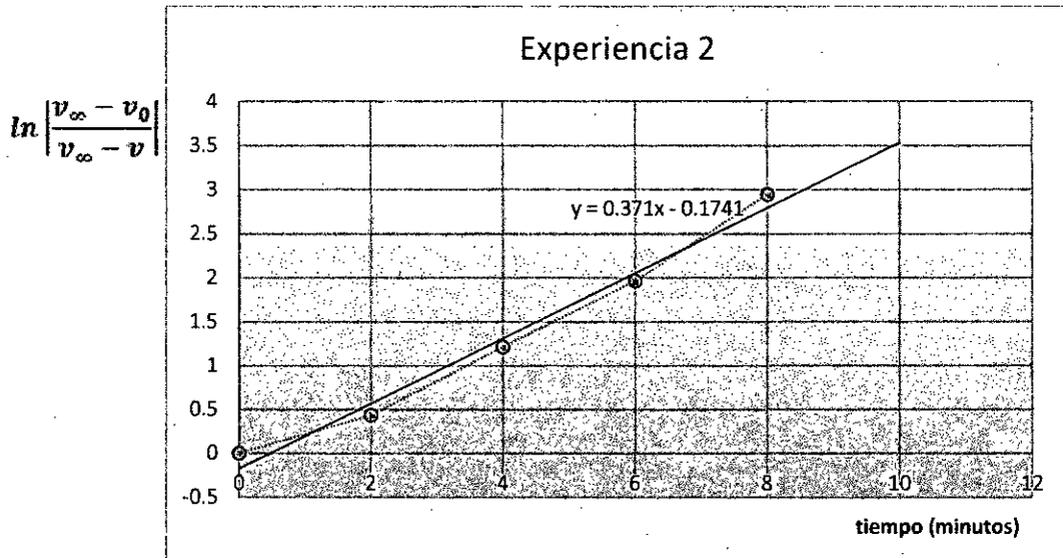
$$y = mx$$

Considerando:

$V_0 = 0 \text{ ml}$  y  $V_{\infty} = 5.7 \text{ ml}$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
2	0.43213336
4	1.20983792
6	1.96360973
8	2.94443898

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.317x - 0.1741$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.317 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{apa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{4.4508 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1000 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.4451\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{apa})\varepsilon}{(\rho_{aceite})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.317 \text{ min}^{-1})(0.6 \text{ g}_{romero}/\text{ml}_{romero})0.4451}{(0.9170 \text{ g}_{aceite}/\text{ml}_{aceite})0.0441 \text{ m}^2}$$

$$K_m = 2.0934 \frac{\text{g}_{romero} * \text{ml}_{aceite}}{\text{min} * \text{m}^2 * \text{g}_{aceite} * \text{ml}_{romero}}$$

Horario de cosecha 6:00 pm - Experiencia 3:

**TABLA N° 5.25**

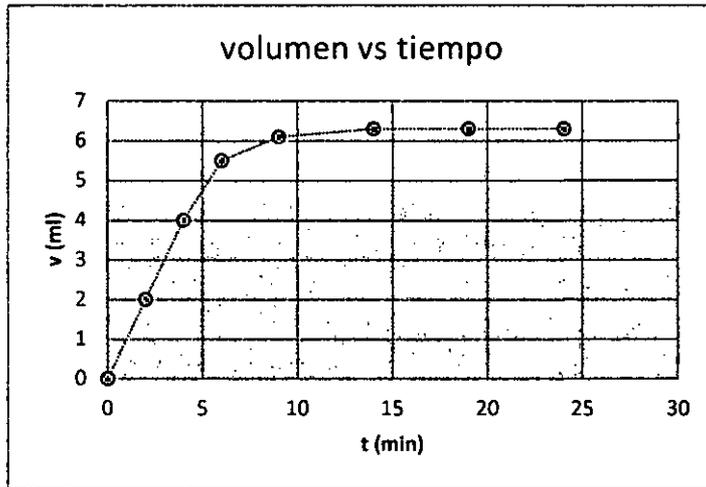
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°3**

<b>V(ml)</b>	<b>t(min)</b>
0	0
2	2
4	4
5.5	6
6.1	9
6.3	14
6.3	19
6.3	24

Fuente: Elaboración propia

### GRÁFICO N° 5.19

### VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°3



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_V)t$$

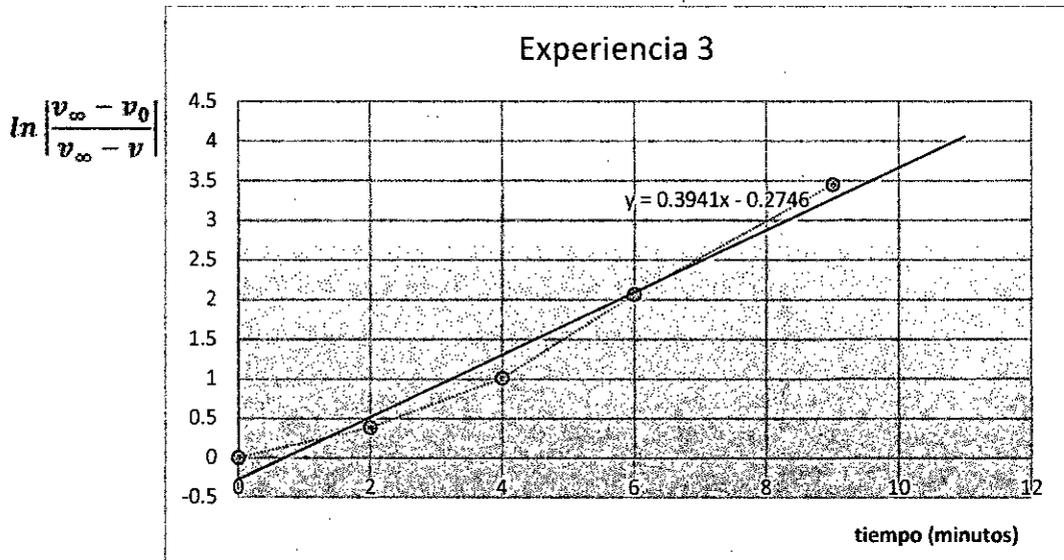
$$y = mx$$

Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_{\infty} = 6.3 \text{ ml}$$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
2	0.38193461
4	1.00764051
6	2.06369318
9	3.44998755

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.3941x - 0.2746$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.3941 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{apa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{4.9192 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1000 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.4919\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{apa})\varepsilon}{(\rho_{aceite})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.3941 \text{ min}^{-1})(0.6 g_{romero}/ml_{romero})0.4919}{(0.9170 g_{aceite}/ml_{aceite})0.0441 m^2}$$

$$K_m = 2.8762 \frac{g_{romero} * ml_{aceite}}{\text{min} * m^2 * g_{aceite} * ml_{romero}}$$

Horario de cosecha 6:00 pm - Experiencia 4:

**TABLA N° 5.26**

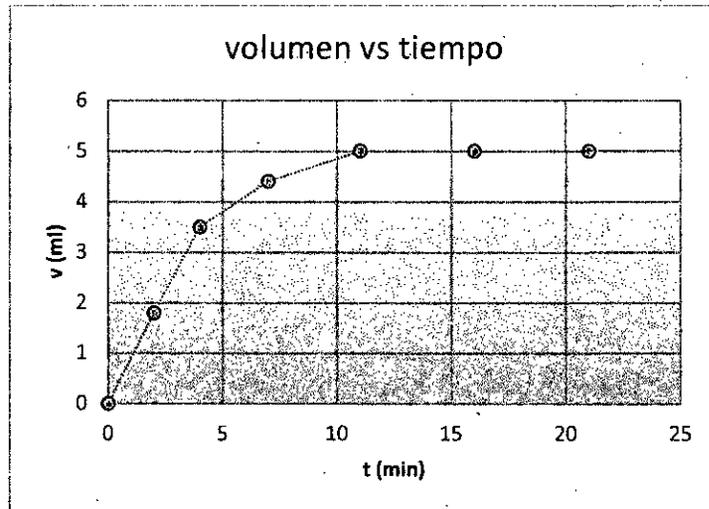
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°4**

$V (ml)$	$t (min)$
0	0
1.8	2
3.5	4
4.4	7
5	11
5	16
5	21

Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO N° 5.20**

**VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°4**



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_V)t$$

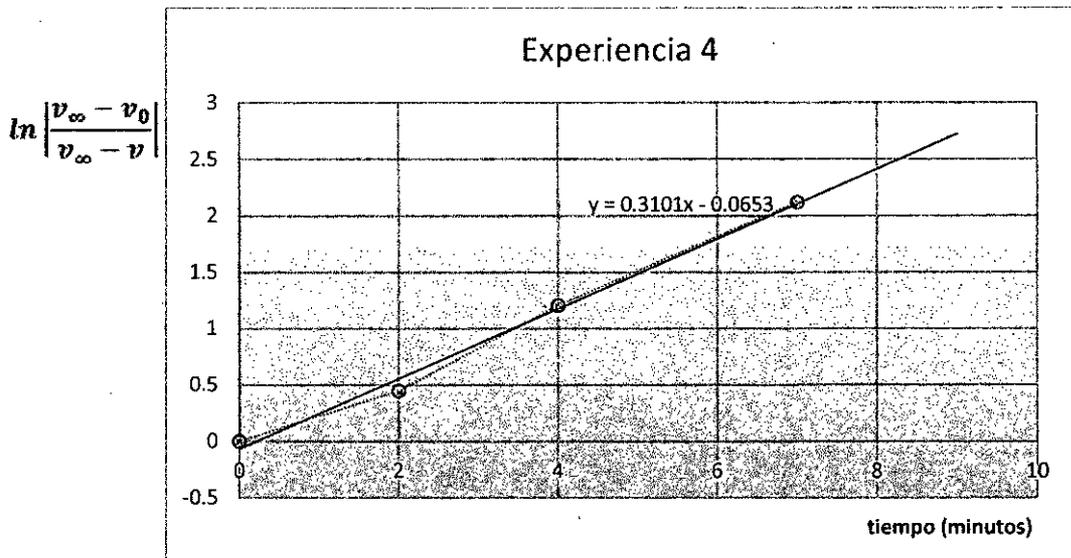
$$y = mx$$

Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_{\infty} = 5 \text{ ml}$$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
2	0.4462871
4	1.2039728
7	2.12026354

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.3101x - 0.0653$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.3101 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{papa}})\epsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{papa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\epsilon = \frac{4.4996 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1000 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.4500\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{apa})\varepsilon}{(\rho_{aceite})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.3101 \text{ min}^{-1})(0.6 g_{romero}/ml_{romero})0.4500}{(0.9170 g_{aceite}/ml_{aceite})0.0441 m^2}$$

$$K_m = 2.0704 \frac{g_{romero} * ml_{aceite}}{\text{min} * m^2 * g_{aceite} * ml_{romero}}$$

Horario de cosecha 6:00 pm - Experiencia 5:

**TABLA N° 5.27**

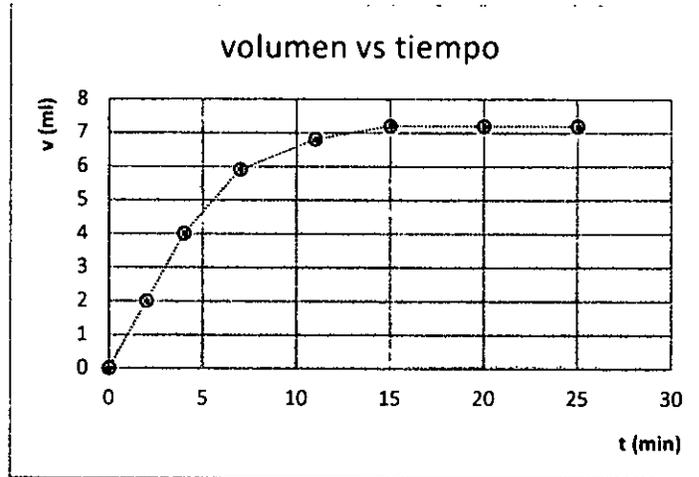
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°5**

<b>V(ml)</b>	<b>t(min)</b>
0	0
2	2
4	4
5.9	7
6.8	11
7.2	15
7.2	20
7.2	25

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 5.21

VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°5



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_V)t$$

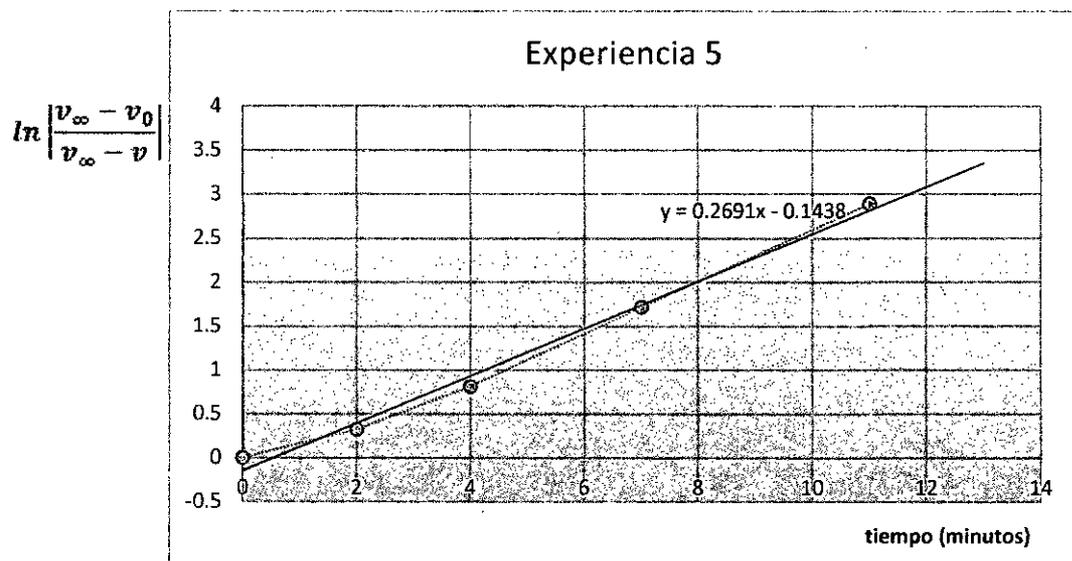
$$y = mx$$

Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_{\infty} = 7.2 \text{ ml}$$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
2	0.3254224
4	0.81093022
6	1.71171676
11	2.89037176

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.2691x - 0.1438$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.2691 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\epsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{apa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\epsilon = \frac{5.6081 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1500 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.3739\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{apa})\varepsilon}{(\rho_{aceite})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.2691 \text{ min}^{-1})(0.6 g_{romero}/ml_{romero})0.3739}{(0.9170 g_{aceite}/ml_{aceite})0.0441 m^2}$$

$$K_m = 1.4928 \frac{g_{romero} * ml_{aceite}}{\text{min} * m^2 * g_{aceite} * ml_{romero}}$$

Horario de cosecha 6:00 pm - Experiencia 6:

**TABLA N° 5.28**

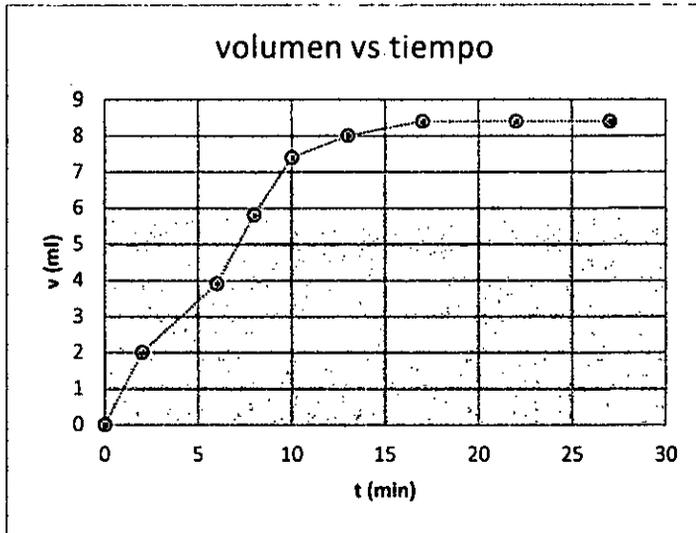
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°6**

<b>V(ml)</b>	<b>t(min)</b>
0	0
2	2
3.9	6
5.8	8
7.4	10
8	13
8.4	17
8.4	22
8.4	27

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.22

VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°6



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_V)t$$

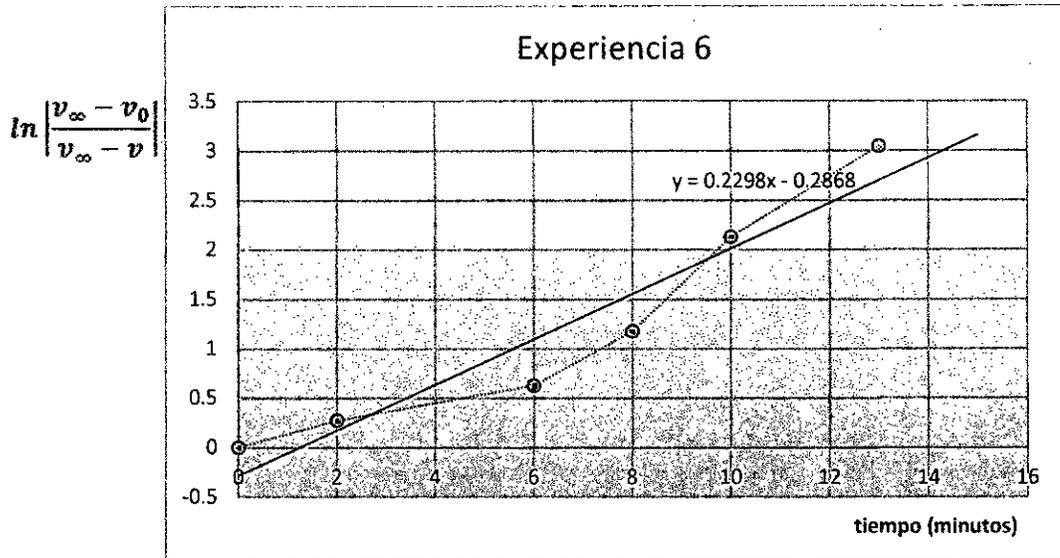
$$y = mx$$

Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_{\infty} = 8.4 \text{ ml}$$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
2	0.27193372
6	0.62415431
8	1.17272026
10	2.12823171
13	3.04452244

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.2298x - 0.2868$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.2298 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{apa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{7.3995 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1500 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.4933\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{apa})\varepsilon}{(\rho_{aceite})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.2298 \text{ min}^{-1})(0.6 \text{ g}_{romero}/\text{ml}_{romero})0.4933}{(0.9170 \text{ g}_{aceite}/\text{ml}_{aceite})0.0441 \text{ m}^2}$$

$$K_m = 1.6819 \frac{\text{g}_{romero} * \text{ml}_{aceite}}{\text{min} * \text{m}^2 * \text{g}_{aceite} * \text{ml}_{romero}}$$

Horario de cosecha 6:00 pm - Experiencia 7:

**TABLA N° 5.29**

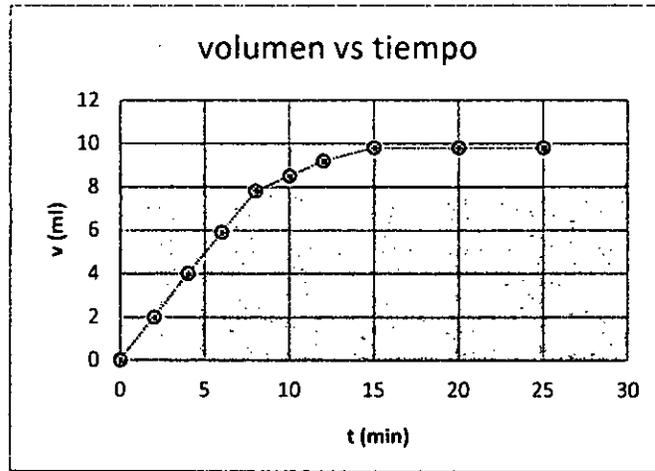
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°7**

$V \text{ (ml)}$	$t \text{ (min)}$
0	0
2	2
4	4
5.9	6
7.8	8
8.5	10
9.2	12
9.8	15
9.8	20
9.8	25

Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO N° 5.23**

**VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°7**



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_v)t$$

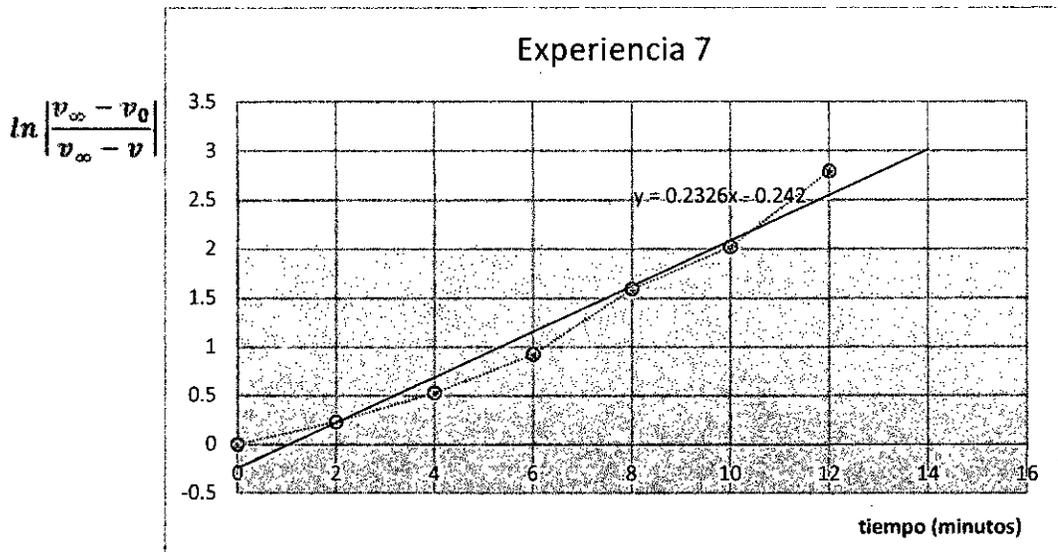
$$y = mx$$

Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_{\infty} = 9.8 \text{ ml}$$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
2	0.22825865
4	0.52452447
6	0.92140583
8	1.58923521
10	2.02001812
12	2.79320801

Graficamos y hallamos la pendiente:



De la ecuación:

$$y = 0.2326x - 0.242$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.2326 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{apa}})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{apa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{8.2500 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1500 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.5500\%$$

Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{apa})\varepsilon}{(\rho_{aceite})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.2326 \text{ min}^{-1})(0.6 g_{romero}/ml_{romero})0.5500}{(0.9170 g_{aceite}/ml_{aceite})0.0441 m^2}$$

$$K_m = 1.8981 \frac{g_{romero} * ml_{aceite}}{\text{min} * m^2 * g_{aceite} * ml_{romero}}$$

Horario de cosecha 6:00 pm - Experiencia 8:

**TABLA N° 5.30**

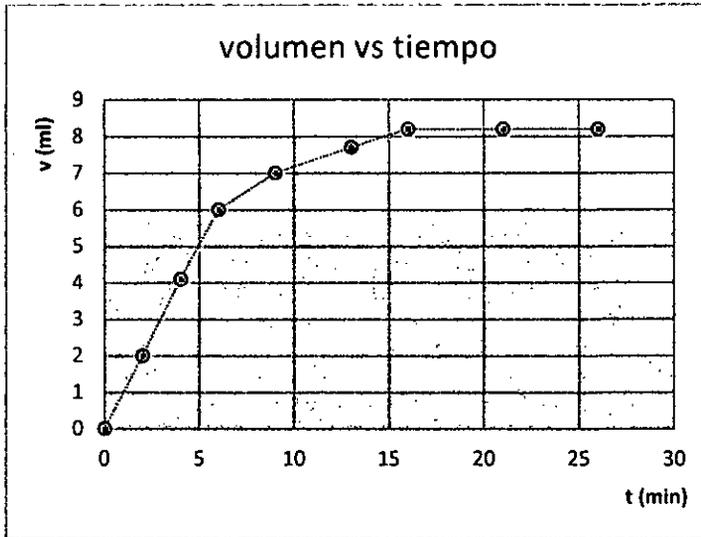
**DATOS DE TIEMPO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°8**

<b>V(ml)</b>	<b>t(min)</b>
0	0
2	2
4.1	4
6	6
7	9
7.7	13
8.2	16
8.2	21
8.2	26

Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO N° 5.24**

**VOLUMEN VS TIEMPO DE EXTRACCIÓN EXPERIENCIA N°8**



Fuente: Elaboración propia

$$\ln \left| \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right| = (K_V)t$$

$$y = mx$$

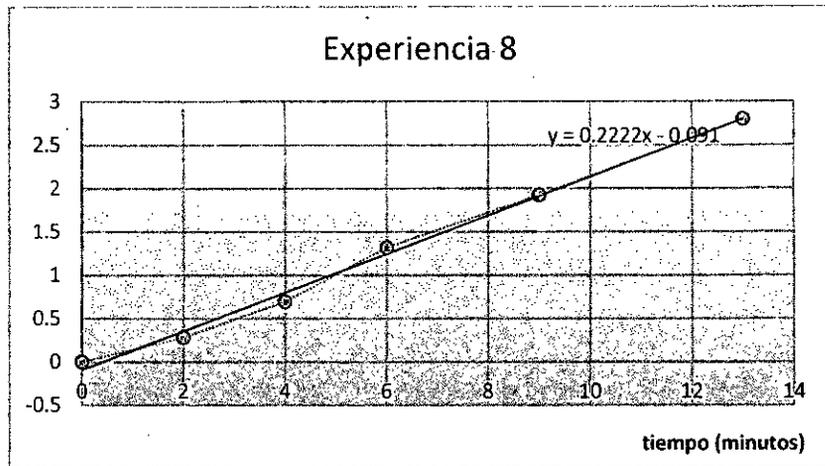
Considerando:

$$V_0 = 0 \text{ ml y } V_{\infty} = 8.2 \text{ ml}$$

$t \text{ (min)}$	$\ln \left  \frac{V_{\infty} - V_0}{V_{\infty} - V} \right $
0	0
2	0.27958486
4	0.69314718
6	1.31567679
9	1.9218126
13	2.79728133

Graficamos y hallamos la pendiente:

$$\ln \frac{v_{\infty} - v_0}{v_{\infty} - v}$$



De la ecuación:

$$y = 0.2222x - 0.091$$

El valor de  $K_v$  es:

$$K_v = 0.2222 \text{ min}^{-1}$$

Pero:

$$\frac{K_m(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}{(\rho_{\text{papa}})\varepsilon} = K_v$$

Se tiene:

$$\rho_{\text{aceite}} = 0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}}$$

$$\rho_{\text{papa}} = 0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_{ST} = \frac{\pi(0.21)^2}{4}$$

$$A_{ST} = 0.0441 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{7.1910 \text{ g}_{\text{aceite de romero}}}{1500 \text{ g}_{\text{romero}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 0.4794\%$$

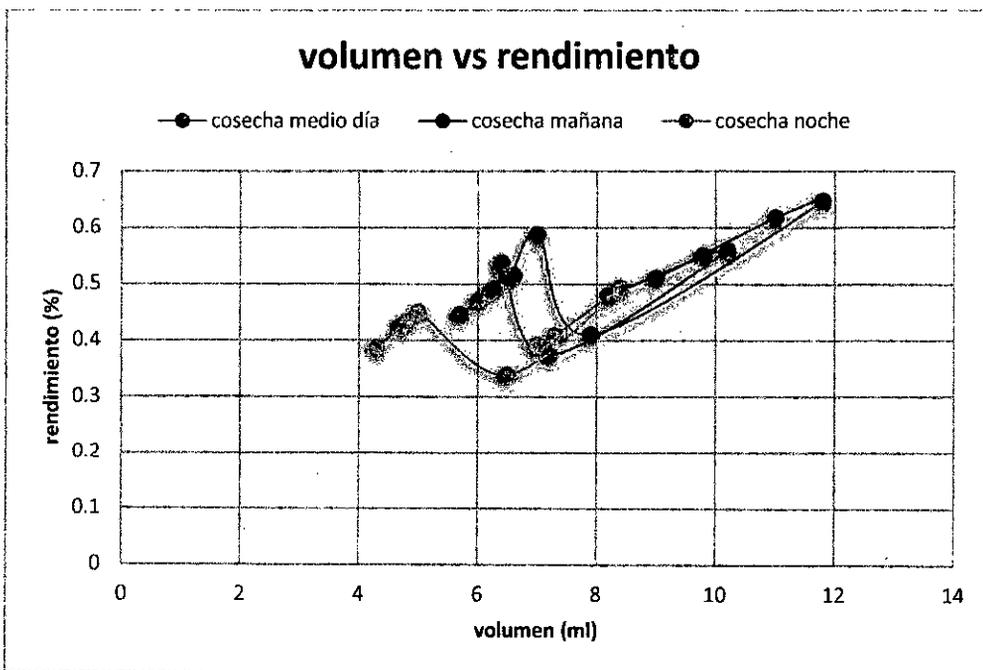
Calculando  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_v(\rho_{\text{apa}})\varepsilon}{(\rho_{\text{aceite}})A_{ST}}$$

$$K_m = \frac{(0.2222 \cdot \text{min}^{-1})(0.6 \text{ g}_{\text{romero}}/\text{ml}_{\text{romero}})0.4794}{(0.9170 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{ml}_{\text{aceite}})0.0441 \text{ m}^2}$$

$$K_m = 1.5805 \frac{\text{g}_{\text{romero}} * \text{ml}_{\text{aceite}}}{\text{min} * \text{m}^2 * \text{g}_{\text{aceite}} * \text{ml}_{\text{romero}}}$$

**GRÁFICO N°5.25**  
**COMPARATIVO DE VOLUMEN VS RENDIMIENTO**



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica se compara el volumen vs el rendimiento por cada horario de cosecha.

Se puede verificar en la gráfica que el rendimiento y volumen son mayores en la cosecha del medio día, luego le sigue la cosecha de la mañana y por último la cosecha de la noche.

## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 Contrastación de hipótesis con los resultados

- Según los resultados obtenidos de las corridas experimentales, no cumple con la hipótesis general con respecto rendimiento de aceite esencial de romero ya que el valor que se obtuvo fue bajo (0.6473 %) utilizando el método de arrastre con vapor y respecto a su caracterización si se tienen valores correctos a condiciones adecuadas.
- Según el análisis botánico (taxonómico) la especie utilizada de romero fue *Rosmarinus Officinalis* y en el horario de cosecha de medio día el rendimiento fue mayor cumpliendo con nuestra hipótesis.
- Las características físicas y químicas del aceite esencial de romero (*Rosmarinus Officinalis*) se verifican con las Normas Técnicas Peruanas y por ensayo cromatográfico, se comprobó con los análisis de índice de acidez, índice de éster, solubilidad en etanol, densidad relativa y ensayo cromatográfico la calidad de nuestro aceite esencial y así garantizar que no sea un producto adulterado.
- Las condiciones de operación óptimas para la obtención del aceite esencial de romero (*Rosmarinus Officinalis*) por el método de arrastre con vapor utilizando el método factorial de dos niveles, cuyas variables fueron masa de romero, tamaño de partícula y cantidad de solvente.

### 6.2 Contrastación de resultados con otros estudios similares

Según el autor Rodas Ceballos menciona la importancia de trabajar con el método de arrastre con vapor porque la temperatura de obtención del aceite esencial es óptima para obtener la mayor cantidad de componentes activos y el autor Torrenegra Alarcon nos menciona el

análisis de estos componentes mediante cromatografía gaseosa-masas; esto se puede contrastar ya que en nuestro ensayo de perfil cromatográfico se obtuvo una gran cantidad de componentes activos y esto gracias al método usado (arrastre con vapor).

Según el autor Lax Vivancos menciona que los factores ambientales influyen en el rendimiento de los aceites esenciales obtenidos y esto se pudo comprobar en nuestros resultados de las TABLAS N°5.2, N°5.3 y N°5.4 con rendimientos menores a los esperados, esto posiblemente se deba a que el tiempo de cosecha fue en invierno y la materia prima usada fue fresca.

## VII. CONCLUSIONES

1. Al realizar las corridas experimentales se corroboró que se puede utilizar el método de arrastre con vapor para la obtención de aceite esencial de romero con un rendimiento de 0.6473% de aceite esencial con respecto a la materia vegetal.
2. Se realizó el análisis de las características botánicas del romero y se determinó que pertenece al género *Rosmarinus* y a la especie *Rosmarinus Officinalis*.
3. Se determinó las características físicas y químicas del aceite esencial de romero como densidad, densidad relativa, índice de acidez, número de éster, solubilidad en etanol y cromatografía de gases-masas, siendo los resultados 0.873 g/ml, 0.875 g/ml, 3.917 mg KOH/g aceite, 31.02 mg KOH/g aceite, concentración de etanol 80% soluble a 12.5 ml opalescente a 17 ml y el componente volátil mayoritario es el Alpha-Pinene respectivamente.
4. Se determinó que el aceite esencial con mayor rendimiento fue en el horario de cosecha de medio día y que las condiciones de operación óptimas para obtener dicho aceite son: tamaño de partícula 3cm, peso de material vegetal 1.5 kg y 3000 ml de solvente.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

1. Cubrir el florentino (parte aceitosa) para evitar la degradación de algunos compuestos del aceite esencial.
2. Conservar en un frasco de vidrio ámbar el aceite esencial y dejar poco espacio libre para evitar la oxidación.
3. Se debe tener cuidado con el Alpha-Pinene ya que al inhalar o al tener contacto con la piel puede producir dolor de cabeza, irritación, sensación de ardor, náuseas y vómitos.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LAX VIVANCOS, V. **Estudio de la Variabilidad Química, Propiedades Antioxidantes y Biocidas de Poblaciones Espontáneas de Rosmarinus Officinalis L. en la Region de Murcia.** Tesis doctoral. España. Universidad de Murcia.2014
2. PEREDO LUNA, PALOU GARCIA, & LOPEZ MALO. (2009). **Aceites Esenciales: Métodos de Extracción**, en *Temas Selectos de Ingenieria de Alimentos*. Vol 3: 24 a 32. enero 2009.
3. PINEDO SALDAÑA, m., & ZORRILLA GUEVARA, C. **Extracción de Aceite de la Almendra de Durazno (Prunus Pérsica) y su Caracterización.** Tesis. Lima-Peru.Univesrsidad Nacional del Callao. 2017
4. RODAS CEBALLOS, M. A. **Análisis de Parámetros Microbiológicos y Fisicoquímicos de un Aceite Esencial de Romero Obtenido por Medio de la Destilacion por Arrastre de Vapor.** Tesis. Guatemala. Universidad Rafael Landívar. 2012
5. ROJAS OLIVOS, A. **Hidrodestilación y Caracterización del Aceite Esencial de Plantas Medicinales de Santa Maria Huitipec, Oaxaca.** Tesis Magistral. México.Instituto Politecnico Nacional. 2009
6. ROMEU, C., BOTTA FERRET, E., & DIAZ FINALE, Y. **Caracerización fitoquímica del aceite esencial de romero(Rosmarinus Officinalis L.) y evaluación in vitro de su actividad acaricida**, en *Fitosanidad*. Vol. 11:75 a 78. Junio 2007
7. SENA. **Introduccion a la industria de los aceites esenciales extraidos de plantas medicinales aromaticas.** Disponible en: <http://biblioteca.sena.edu.co/paginas/historia.html>. Obtenido de

[http://repositorio.sena.edu.co/sitios/introduccion\\_industria\\_aceites\\_esenciales\\_plantas\\_medicinales\\_aromaticas/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/introduccion_industria_aceites_esenciales_plantas_medicinales_aromaticas/#)

8. **TORRENEGRA ALARCON, M. E. Evaluacion de la Actividad Antioxidante del Aceite esencial Foliar Extraído de Especies de Orégano(Origanum vulgare),Orégano "borde blanco"(Origanum vulgare ssp)y Oreganito (Lippia alba mill)cultivado en la Zona Norte del Departamento de Bolivar(Colombia).** Tesis magistral. Colombia.Universidad Nacional de colombia. 2014

#### **Páginas Web**

1. **AROMATERAPIA . El Romero.** Disponible en:  
<http://aromaterapia-esencias.com/category/el-romero>. Artículo web.  
Consultada el 15 de julio de 2017
2. **BOTANICAL ONLINE. Aceite esencial de Romero.** Disponible en:  
<http://www.botanical-online.com/aceiteesencialromero.htm>. Artículo web. Consultada el 8 de julio de 2017.
3. **ECO agricultor. (20 de junio de 2017). Aceite Esencial de Romero, Propiedades y Usos Medicinales .** Disponible en:  
<http://www.ecoagricultor.com/aceite-esencial-de-romero-propiedades-y-usos-medicinales/>. Artículo web. Consultada en 20 de abril del 2017.
4. **INKAPLUS.Romero .** Disponile en:  
<http://www.inkaplus.com/media/web/pdf/Romero.pdf>. Artículo web.  
Consultada el 07 de marzo del 2017
5. **PÁEZ PERILLA, Ángela V. Aceites esenciales: extraccion, usos y aplicaciones.** Disponible en:  
[https://www.academia.edu/5330350/Unidad\\_2.\\_M%C3%A9todos\\_de\\_ext](https://www.academia.edu/5330350/Unidad_2._M%C3%A9todos_de_ext)

**ración análisis y control de calidad.** Artículo web.

Consultada el 15 de julio de 2017.

# **ANEXOS**

**ANEXO 01 MATRIZ DE CONSISTENCIA  
OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ROMERO (*Rosmarinus Officinalis*) PROCEDENTE DEL  
DISTRITO DE MALA-LIMA**

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
¿Cuál es el método de obtención y caracterización del aceite esencial de romero ( <i>Rosmarinus Officinalis</i> ) procedente del distrito de Mala-Lima?	Corroborar el método de obtención y caracterización del aceite esencial de romero ( <i>Rosmarinus Officinalis</i> ) procedente del distrito de Mala-Lima.	El método de obtención del aceite esencial de romero ( <i>Rosmarinus Officinalis</i> ) procedente del distrito de Mala-Lima es el de arrastre con vapor y el método para la caracterización es la cromatografía de gases-masa.	Obtención y caracterización del aceite esencial de romero	g min	Tiempo de obtención Peso del aceite esencial de romero	Experimental (Extracción por arrastre con vapor)
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
a) ¿Cuáles son las características botánicas del romero?	a) Determinar las características botánicas del romero.	Las características botánicas del romero son que pertenece al género <i>Rosmarinus</i> , especie <i>Rosmarinus Officinalis</i> y su medio día	Características botánicas del romero	Especie	Taxonomía.	Sistema de clasificación de Cronquist (1981) Experimental (Extracción por arrastre con vapor)
b) ¿Cuáles son las características físicas y químicas del aceite esencial de romero ( <i>Rosmarinus officinalis</i> )?	b) Determinar las características físicas y químicas del aceite esencial de romero ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ).	La característica física del aceite esencial de romero ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ) es la densidad relativa y las características químicas del aceite esencial de romero ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ) son índice de acidez, índice de éster, solubilidad en etanol y ensayo de perfil cromatográfico.	Componentes físicos que están presentes en el Aceite Esencial de Romero ( <i>Rosmarinus officinalis</i> )	mg de KOH/g de aceite mg de KOH/g de aceite ml g/ml Ensayo de perfil cromatográfico	1 Índice de acidez 2 Índice de éster 3 Solubilidad en etanol 4 Densidad relativa a 20 °C 5 Componentes activos	1 NTP 319.085.1974 2 NTP 319.088.1974 3 NTP 319.084.1974 4 NTP-ISO 279.2011 (Rev. 2016) 5. Cromatografía de gases – espectrometría de masas (CG-EM)
c) ¿Cuáles son las condiciones de operación de óptimas para la obtención del aceite esencial de romero ( <i>Rosmarinus officinalis</i> )?	c) Determinar las condiciones de operación de óptimas para la obtención del aceite esencial de romero ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ).	Las condiciones de operación de óptimas para la obtención del aceite esencial de romero ( <i>Rosmarinus Officinalis</i> ) son cantidad de materia prima, cantidad de solvente y tamaño de partícula	Condiciones de operación de óptimas para obtener el Aceite Esencial de Romero ( <i>Rosmarinus Officinalis</i> )	1. Kg 2. L 3. cm	1. Cantidad de materia prima 2. Cantidad de solvente 3. Tamaño de partícula	Experimental

## ANEXO 02 ANÁLISIS BOTÁNICO



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



"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

### CONSTANCIA N° 34-USM-2016

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

La muestra vegetal (hojas), recibida de Cynthia Melissa, **CUYA ARIAS**, de la Universidad Nacional del Callao, ha sido estudiada y clasificada como: *Rosmarinus officinalis* L.; y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1981):

**DIVISION: MAGNOLIOPHYTA**

**CLASE: MAGNOLIOPSIDA**

**SUB CLASE: ASTERIDAE**

**ORDEN: LAMIALES**

**FAMILIA: LAMIACEAE**

**GENERO: *Rosmarinus***

**ESPECIE: *Rosmarinus officinalis* L.**

Nombre vulgar: "Romero".

Determinado por: Blgo. Severo Baldeon Malpartida

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

Fecha, 07 de abril de 2016



*Haydee Montoya Terreros*  
**Dra. HAYDEE MONTOYA TERREROS**  
JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

## ANEXO 03 ANALISIS FÍSICOS, QUÍMICOS Y CROMATOGRÁFICOS



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**LABICER (Laboratorio N° 12)**  
**ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN**



### INFORME TÉCNICO N° 1085 - 17 - LAB. 12

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : CYNTHIA MELISSA CUYA ARIAS  
CINTIA KARINA ESPINOZA ROJAS
  - 1.2 DNI : 44840540  
44868342
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 26 / 07 / 2017
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 31 / 07 / 2017
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 02 / 08 / 2017
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE ACEITE ESENCIAL
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ACEITE ESENCIAL DE ROMERO
  - 4.2 TESIS : "OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ROMERO (ROSMARINUS OFFICINALIS)"
  - 4.3 PROCEDENCIA : DISTRITO MALA - CAÑETE
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 22 °C; Humedad relativa: 64%
7. EQUIPOS UTILIZADOS :

CROMATÓGRAFO DE GASES: SHIMADZU, GC-2010 Plus.  
 AUTOMUESTREADOR: SHIMADZU, AOC-6000.  
 Detector de espectrometría de masas: SHIMADZU, GCMS-QP210 Ultra.  
 COLUMNA GC: RESTEK, RTX-SMS, 30m x 0.25 mm ID x 0.25 µm df. Serial: 1346249.

8. RESULTADOS
  - 8.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

ANÁLISIS	RESULTADOS	METODO DE REFERENCIA
Densidad, g/ml.	0.873	NTP-ISO 279:2011
Densidad relativa, g/ml.	0.875	NTP-ISO 279:2011
Índice de acidez, mg KOH/g aceite	3.917	NTP 319.085:1974
Número de éster, mg KOH/g aceite	31.02	NTP 319.088:1974
Solubilidad en etanol	Concentración de etanol 80% Soluble a 12.5 ml. Opalescente a 17 ml.	NTP 319.084:1974

## 8.2. ANÁLISIS CUALITATIVO (COMPONENTES VOLÁTILES)

MUESTRA	COMPONENTE PRINCIPAL <i>Análisis de Componentes Volátiles Inyección por Headspace (HS)</i>	MÉTODO DE REFERENCIA
Aceite esencial de Romero	Alpha - Pinene  (Altura relativa: 24.69%)	Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas

## 9. OBSERVACIONES

Se encontraron 44 componentes volátiles en la muestra de aceite esencial de romero, siendo los componentes mayoritarios: alpha pinene (24.69%), beta-Myrcene (21.90%), Camphene (14.37%) y Eucalyptol (8.89%).

## 10. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Nataña Quispe G.  
Analista  
LABICER - UNI

MSc. Otilia Acha de la Cruz  
Responsable de Análisis  
Jefa de laboratorio  
CQP 202

(\*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

ANEXOS

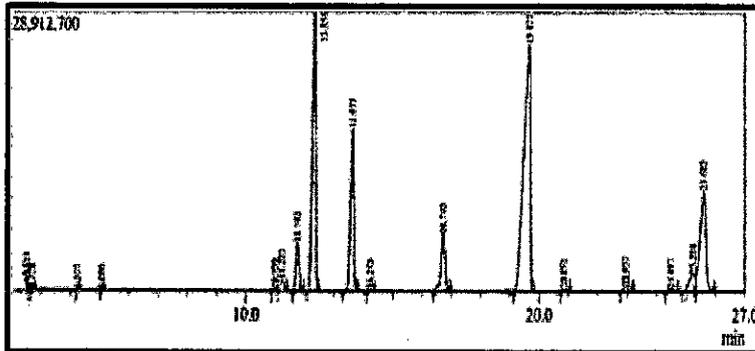


FIGURA N°1: PRIMERA PARTE DEL CROMATOGRAMA DE 2 A 27 MINUTOS

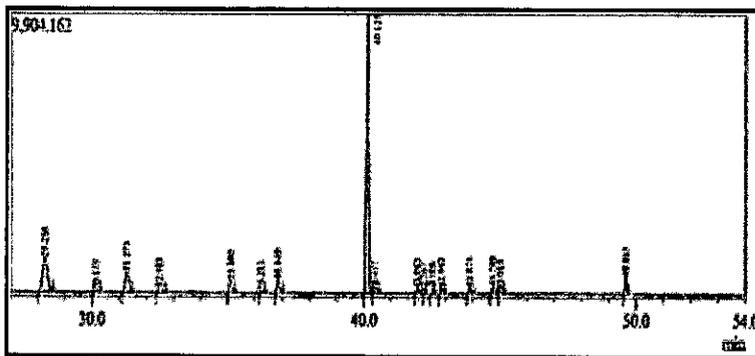


FIGURA N°2: SEGUNDA PARTE DEL CROMATOGRAMA DE 27 A 54 MINUTOS

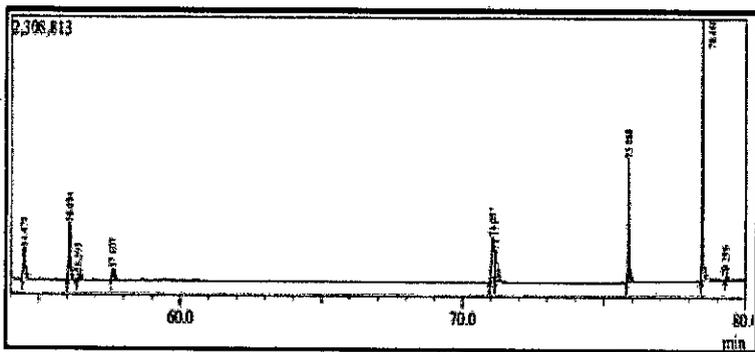


FIGURA N°3: TERCERA PARTE DEL CROMATOGRAMA DE 54 A 80 MINUTOS

TABLA N°1: RESULTADOS DE COMPOSICIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ROMERO

Peak Report TIC						
Peak#	R. Time	Area	Area%	Height	Height%	Name
1	2.514	556310	0.05	245511	0.21	4-Methyl-1,3-pentadiene
2	2.630	205770	0.02	61585	0.03	Butanal, 3-methyl-
3	2.724	193593	0.02	58955	0.03	Butanal, 2-methyl-
4	4.257	199633	0.02	54083	0.05	Toluene
5	5.090	119413	0.01	35975	0.03	3-Penten-2-one, 4-methyl-
6	10.999	986630	0.09	156497	0.13	Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-one
7	11.225	7623512	0.67	1150134	0.99	Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane, 1,7,7-trimethyl-
8	11.762	35396006	3.12	4976408	4.27	Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 2-methyl-5-(1-methyl-2-propenyl)-
9	12.354	221486395	19.51	28749186	24.69	alpha-Pinene
10	13.639	125551755	11.06	16732022	14.37	Carophene
11	14.243	1117015	0.10	157122	0.13	Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methylene-1-yl
12	16.740	55345870	4.87	5850807	5.02	Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-one
13	19.673	396693206	34.94	25494704	21.90	beta-Myrcene
14	20.852	1984308	0.17	220245	0.19	alpha-Phellandrene
15	22.957	5009412	0.44	476790	0.41	Cyclohexane, 1-methyl-4-(1-methylethynyl)-
16	24.497	3155395	0.28	271923	0.23	o-Cymene
17	25.238	25434015	2.24	1771945	1.52	D-Limonene
18	25.602	140938739	12.41	10348470	8.89	Eucalyptol
19	28.266	15172172	1.34	1224425	1.05	trans-beta-Ocimene
20	30.138	771440	0.07	87573	0.08	1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-
21	31.273	6711168	0.59	730882	0.63	gamma-Terpinene
22	32.483	1505061	0.13	181498	0.16	Bicyclo[3.1.0]hexan-2-ol, 2-methyl-5-(1-methyl-2-propenyl)-
23	35.109	3156503	0.28	460053	0.40	Cyclohexane, 1-methyl-4-(1-methylethynyl)-
24	36.211	628908	0.06	100227	0.09	Bicyclo[3.1.0]hexan-2-ol, 2-methyl-5-(1-methyl-2-propenyl)-
25	36.640	2853693	0.25	490455	0.42	Linalol
26	40.123	59235617	5.22	9775452	8.40	(+)-2-Bornanone
27	40.407	354481	0.03	82249	0.07	Isomulegol
28	41.963	992218	0.09	191548	0.16	endo-Borneol
29	42.267	94055	0.01	26126	0.02	alpha-Terpinol
30	42.506	285900	0.03	57366	0.05	Bicyclo[3.1.1]heptan-3-one, 2,6,6-trimethyl-
31	42.842	1097720	0.10	212501	0.18	Terpinen-4-ol
32	43.874	1194427	0.11	253288	0.22	alpha-Terpinol
33	44.749	1903795	0.17	271520	0.23	Bornyl acetate
34	45.013	679232	0.06	138611	0.12	Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimethyl-
35	49.615	2679704	0.24	636329	0.55	Bornyl acetate
36	54.479	1187370	0.10	256226	0.22	Caryophyllene
37	56.084	1910918	0.17	469645	0.40	Caryophyllene
38	56.393	210222	0.02	49640	0.04	Humulene
39	57.607	358646	0.03	90406	0.08	Humulene
40	71.057	2364782	0.21	356176	0.31	1-Octanamine, N-methyl-N-octyl-
41	71.171	1250466	0.11	254277	0.22	1-Octanamine, N-methyl-N-octyl-
42	75.668	2418854	0.21	1023483	0.88	1-Octanamine, N-methyl-N-octyl-
43	78.466	4127213	0.36	2167496	1.86	1-Decanamine, N-decyl-N-methyl-
44	79.296	55346	0.00	30215	0.03	9-Octadecenoic acid (Z)-, hexadecyl ester
		1155400130	100.00	116438048	100.00	

## ANEXO 04 NORMAS TÉCNICAS PERUANAS

---

NORMA TÉCNICA  
PERUANA

NTP-ISO 279  
2011 (revisada el 2016)

---

Dirección de Normalización - INACAL  
Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)

Lima Perú

---

### Aceites esenciales. Determinación de la densidad relativa a 20 °C . Método de referencia

ESSENTIAL OILS. Determination of relative density at 20 °C. Reference method

(EQUIVO 279:1998 Essential oils – Determination of relative density at 20 °C – Reference method)

2016-07-18  
1ª Edición

R.D. N° 015-2016-INACAL/DN. Publicada el 2016-07-22

Precio basado en 07 páginas

ICS.: 71.100.60

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Aceite esencial, aceite, densidad relativa, densidad, método, referencia

© ISO 1998 - © INACAL 2016

© ISO 1998

Todos los derechos son reservados. A menos que se especifique lo contrario, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia o publicándolo en el Internet o intranet, sin permiso por escrito del INACAL, único representante de la ISO en territorio peruano.

© INACAL 2016

Todos los derechos son reservados. A menos que se especifique lo contrario, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia o publicándolo en el internet o intranet, sin permiso por escrito del INACAL.

INACAL

Calle Las Camelias 815, San Isidro  
Lima - Perú  
Tel.: +51 1 640-8820  
[administracion@inacal.gob.pe](mailto:administracion@inacal.gob.pe)  
[www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)

i  
© ISO 1998 - © INACAL 2016 - Todos los derechos son reservados

## ÍNDICE

		página
	ÍNDICE	ii
	PRÓLOGO (de revisión 2016)	iii
	PREFACIO	iv
1	ALCANCE	1
2	REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3	TÉRMINOS Y DEFINICIONES	1
4	PRINCIPIO	2
5	REACTIVOS	2
6	APARATOS	2
7	MUESTREO	3
8	ESPECIAL	3
9	PROCEDIMIENTO	4
10	EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS	5
11	INFORME DEL ENSAYO	5
12	ANTECEDENTES	6
	BIBLIOGRAFÍA	7

**PRÓLOGO**  
(de revisión 2016)

A.1 La Norma Técnica Peruana NTP-ISO 279:2011 Aceites esenciales. Determinación de la densidad relativa a 20 °C . Método de referencia, 1ª Edición, se incluyó en el programa de actualización de Normas Técnicas Peruanas que cumplieron 05 años de vigencia.

A.2 La NTP referida, aprobada mediante resolución N° 0035-2011/CNB-INDECOPI, al no contar con ningún Comité Técnico de Normalización activo, fue revisada y puesta a consulta pública. No recibió observaciones por parte de los representantes de los sectores involucrados: producción, consumo y técnico.

A.3 La Dirección de Normalización (DN), procedió a mantener su vigencia, previa revisión final, aprobando la versión revisada el 18 de julio de 2016.

NOTA: Cabe resaltar que la revisión de la presente NTP se ha realizado con el objetivo de determinar su vigencia, más no su actualización.

A.4 Los métodos de ensayo y de muestreo cambian periódicamente con el avance de la técnica. Por lo cual, recomendamos consultar en el Centro de Información y Documentación del INACAL, la vigencia de los métodos de ensayo y de muestreo citados en esta NTP.

A.5 La presente Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP-ISO 279:2011 ACEITES ESENCIALES. Determinación de la densidad relativa a 20 °C . Método de referencia, 1ª Edición.

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Tecnología química, Subcomité de Aceites esenciales mediante el Sistema 1 o de Adopción, durante los meses de enero a mayo de 2011, utilizando como antecedente a la norma ISO 279:1998 Essential oils –Determination of relative density at 20 °C – Reference method.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Tecnología química, presentó a la Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias –CNB-, con fecha 2011-06-01, el PNTP-ISO 279:2011, para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2011-07-28. No habiéndose presentado observaciones fue oficializado como Norma Técnica Peruana NTP-ISO 279:2011 ACEITES ESENCIALES. Determinación de la densidad relativa a 20 °C. Método de referencia, 1ª Edición, el 16 de setiembre de 2011.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 319.081:1974 ACEITES ESENCIALES. Determinación de la densidad y de la densidad relativa y es una adopción de la ISO 279:1998. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a la terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

SECRETARÍA	Colegio de Químicos del Perú
SECRETARIA CTN	Betty Chung Tong
PRESIDENTE SCTN	Fernando Anaya
SECRETARIA SCTN	Rocío del Pilar Tavera

<b>ENTIDAD</b>	<b>REPRESENTANTE</b>
Universidad Peruana Cayetano Heredia	Gilma Fernandez Graciela Untiveros
Colegio de Químicos del Perú	Gloria Eva Tomás
Alex Stewart (Assayers) del Perú S.R.L.	Luis Arca
Plantex S.A.C.	Rossana Passoni
<b>SENSORIA</b>	María del Pilar Chavez
Esencias Químicas S.A.C.	Miguel Sarria A.
<b>DIGEMID</b>	Betty Vadillo

—oooOooo—

## Aceites esenciales. Determinación de la densidad relativa a 20 °C . Método de referencia

### 1 ALCANCE

La presente Norma Técnica Peruana especifica el método de referencia para la determinación de la densidad relativa de aceites esenciales a 20 °C .

NOTA: Si es necesario realizar el ensayo a una temperatura diferente como consecuencia de la naturaleza del aceite esencial, se debe mencionar la temperatura en la Norma Técnica apropiada al aceite esencial en cuestión. La corrección promedio en la región de 20 °C es de 0,000 7 a 0,000 8 por grado Celsius.

### 2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos con base en ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

#### Norma Técnica Internacional

ISO 356	Aceites esenciales - Preparación de muestras de prueba
---------	--

### 3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para efectos de la presente Norma Técnica Peruana se aplican los siguientes términos y definiciones:

### 3.1

#### Densidad relativa a 20 °C

Es la relación entre la masa de un volumen dado de aceite a 20°C y la masa de un volumen igual de agua destilada a 20 °C .

NOTA: Esta cantidad es adimensional y su símbolo es  $d_{20}^{20}$

### 3.2

#### Densidad absoluta a 20 °C de un aceite esencial

Es la relación entre la masa de un volumen dado de aceite a 20 °C al mismo volumen.

NOTA: Esta cantidad se expresa en gramos por mililitro.

## 4 PRINCIPIO

Volúmenes iguales de aceite esencial y agua, a 20 °C, son pesados sucesivamente en un picnómetro.

## 5 REACTIVOS

Agua destilada, recién hervida y posteriormente enfriada a aproximadamente 20 °C .

## 6 APARATOS

Aparatos de uso común en laboratorio y los siguientes.

### 6.1 Picnómetro de vidrio, de una capacidad nominal mínima de 5 ml.

NOTA 1: Existen instrumentos automáticos disponibles en el mercado para una medida exacta de la densidad relativa. Dichos instrumentos pueden ser utilizados para controles de rutina, pero en casos de desacuerdo el método de referencia es el método picnométrico.

NOTA 2: Los picnómetros apropiados son descritos en la norma ISO 3507 [2].

6.2 Baño maría, capaz de mantenerse a  $20\text{ °C} \pm 0,2\text{ °C}$ .

6.3 Termómetro estandarizado, graduado de  $10\text{ °C}$  a  $30\text{ °C}$ , con divisiones de  $0,2\text{ °C}$  ó  $0,1\text{ °C}$ .

6.4 Balanza analítica, exactitud de  $0,001\text{ g}$ .

## 7. MUESTREO

Es importante que el laboratorio reciba una muestra representativa que no haya sido dañada o alterada durante el transporte o almacenamiento.

El muestreo no es parte del método descrito en la presente Norma Técnica Peruana. Un método de muestreo recomendado se da en la norma ISO 212 [1].

## 8. ESPECIAL

Preparar la muestra de ensayo de acuerdo a la norma ISO 356.

## 9 PROCEDIMIENTO

### 9.1 Preparación del picnómetro

Limpia cuidadosamente el picnómetro (6.1) y luego enjuagarlo, por ejemplo, con etanol y acetona, luego secar el interior con una corriente de aire seco.  
De ser necesario, limpiar el exterior con un trapo seco o un papel de filtro.

Cuando se alcance el equilibrio de temperatura entre la cámara de la balanza y el picnómetro, considerando su tapón, realizar el pesado con una precisión de 1 mg.

### 9.2 Pesado del agua destilada

Llenar el picnómetro con agua destilada (5.1).

Sumergir el picnómetro en baño maría (6.2). Después de 30 min, llenar con agua hasta la marca, en caso sea necesario. Inserte el tapón, si lo hubiese, y secar el exterior como antes, con un trapo seco o papel de filtro.

Cuando se alcance el equilibrio de temperatura entre la cámara de la balanza y el picnómetro, considerando su tapón, realizar el pesado al 1 mg más cercano.

### 9.3 Pesado del aceite esencial

Vaciar el picnómetro, luego lavarlo y secarlo como se especifica en el apartado 9.1.

Proceda como se indica en 9.2, reemplazando el agua por la muestra de prueba preparada según lo especificado en el capítulo 8.

## 10 EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

La densidad relativa,  $d_{20}^{20}$ , se da por la siguiente ecuación:

$$\frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}$$

donde:

- $m_0$  es la masa, en gramos, del picnómetro vacío determinado en el apartado 9.1 .
- $m_1$  es la masa, en gramos, del picnómetro llenado con agua, determinado conforme al apartado 9.2 .
- $m_2$  es la masa, en gramos, del picnómetro llenado con aceite esencial, determinado conforme al apartado 9.3 .

Expresar el resultado con tres decimales.

NOTA 1: En la práctica, no se realiza ninguna corrección para el empuje ascendente debido al aire.

NOTA 2: Los instrumentos electrónicos con frecuencia registran niveles más exactos.

Si se requiere la densidad absoluta del aceite esencial, multiplicar el valor obtenido para la densidad relativa por la densidad absoluta del agua a 20 °C (por ejemplo 0,998 23 g/ml).

## 11 INFORME DEL ENSAYO

El informe del ensayo indicará:

- el método utilizado;
- el resultado obtenido; y
- si se ha verificado la repetibilidad del resultado final obtenido.

También deberá indicar cualquier condición operativa no descrita en la presente Norma Técnica Peruana, o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que podría haber influenciado en los resultados.

El informe del ensayo deberá incluir todos los detalles necesarios para la identificación completa de la muestra.

## 12 ANTECEDENTES

- |      |                  |  |
|------|------------------|--|
| 12.1 | ISO 279:1998     | Essential oils -- Determination of relative density at 20 °C -- Reference method |
| 12.2 | NTP 319.081:1974 | ACEITES ESENCIALES. Determinación de la densidad y de la densidad relativa       |

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 319.085  
1974 (revisada el 2016)**

---

Dirección de Normalización - INACAL  
Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)

Lima Perú

---

**ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de  
acidez**

ESSENTIAL OILS. Determination of acidity index

2016-07-18  
1ª Edición

R.D. N° 015-2016-INACAL/DN. Publicada el 2016-07-22

Precio basado en 04 páginas

I.C.S.: 71.100.60

**ESTA NÓRMA ES RECOMENDABLE**

Descriptores: Aceite esencial, aceite, índice, acidez

© INACAL 2016

© INACAL 2016

Todos los derechos son reservados. A menos que se especifique lo contrario, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo fotos, copia o publicándolo en el internet o intranet, sin permiso por escrito del INACAL.

INACAL

Calle Las Camelias 815, San Isidro  
Lima - Perú  
Tel.: +51 1 640-8820  
[administracion@inacal.gob.pe](mailto:administracion@inacal.gob.pe)  
[www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)

© INACAL 2016 – Todos los derechos son reservados <sup>i</sup>

**PRÓLOGO**  
(de revisión 2016)

A.1 La Norma Técnica Peruana NTP 319.085:1974 (Revisada el 2011) ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de acidez, 1ª Edición, se incluyó en el programa de actualización de Normas Técnicas Peruanas que cumplieron 05 años de vigencia.

A.2 La NTP referida, aprobada mediante resolución N° 0030-2011/CNB-INDECOPI, al no contar con ningún Comité Técnico de Normalización activo, fue revisada y puesta a consulta pública. No recibió observaciones por parte de los representantes de los sectores involucrados: producción, consumo y técnico.

A.3 La Dirección de Normalización (DN), procedió a mantener su vigencia, previa revisión final, aprobando la versión revisada el 18 de julio de 2016.

NOTA: Cabe resaltar que la revisión de la presente NTP se ha realizado con el objetivo de determinar su vigencia, mas no su actualización.

A.4 Los métodos de ensayo y de muestreo cambian periódicamente con el avance de la técnica. Por lo cual, recomendamos consultar en el Centro de Información y Documentación del INACAL, la vigencia de los métodos de ensayo y de muestreo citados en esta NTP.

A.5 La presente Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 319.085:1974 (Revisada el 2011) ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de acidez, 1ª Edición.

**PRÓLOGO**  
(de revisión 2011)

**A. RESEÑA HISTÓRICA**

A.1 La presente Norma Técnica Peruana se encuentra dentro de la relación de normas incluidas en el Plan de Revisión y Actualización de Normas Técnicas Peruanas, aprobadas durante la gestión del ITINTEC (periodo 1966-1992).

A.2 La NTP 319.085:1974 fue aprobada mediante resolución R.D. N° 413-74 ITINTEC DG/DN del 74-12-30 y el Comité Técnico de Normalización de Tecnología química, Subcomité Técnico de Normalización de Aceites esenciales, la revisó acordando en su sesión del 2011-06-27, mantenerla vigente.

A.3 La Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias -CNB-, aprobó mantener vigente la presente norma, oficializándose como NTP 319.085:1974 (Revisada el 2011) ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de acidez, el 08 de agosto de 2011.

NOTA: Cabe resaltar que la revisión de la presente NTP se ha realizado con el objetivo de determinar su vigencia, mas no su actualización.

A.4 La presente Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 319.085:1974. ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de acidez. Las Normas Técnicas Peruanas que fueron dejadas sin efecto no figuran en la presente edición.

**B. INSTITUCIONES MIEMBROS DEL CTN DE TECNOLOGÍA QUÍMICA – SUBCOMITÉ DE ACEITES ESENCIALES**

Secretaría	Colegio de Químicos del Perú
Secretaria CTN	Betty Chung Tong
Secretaria SCTN	Rocío Tavera
Presidente SCTN	Fernando Anaya

<b>ENTIDAD</b>	<b>REPRESENTANTE</b>
Flavorist Senior – Sensoria	Maria del Pilar Chávez
Esencias Químicas S.A.C.	Miguel Sarria Gustavo Salazar
Plantex S.A.C.	Paola Lazo
DIGEMID	Betty Vadillo
Universidad Peruana Cayetano Heredia	Gilma Fernandez Graciela Untiveros
PUCP	Ana Pastor Eric Cosio
Colegio de Químicos del Perú	Gloria Tomás
Alex Stewart (Assayers) del Perú S.R.L.	Luis Arca Karin Loo

—oooOooo—

## ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de acidez

### NORMAS A CONSULTAR

NTP 319.077	ACEITES ESENCIALES. Preparación de la muestra para análisis
NTP 319.079	ACEITES ESENCIALES. Extracción de muestras
NTP 319.088	ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de éster

### 1 OBJETO

1.1 La presente Norma Técnica Peruana establece el método de determinación del índice de acidez de los aceites esenciales.

1.2 Este método no es aplicable a aquellos aceites esenciales que contengan lactona en proporciones apreciables.

### 2 DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN

**índice de acidez del aceite esencial (I.A.):** Es la cantidad de miligramos de hidróxido de potasio, necesario para neutralizar los ácidos libres contenidos en 1 g de aceite esencial.

### 3 EXTRACCIÓN DE MUESTRAS

La toma de muestras se realizará según la NTP 319.079 .

### 4 MÉTODOS DE ENSAYO

#### 4.2 Preparación de la muestra

4.1.1 La muestra se prepara según la NTP 319.077 .

#### 4.2 Principio del método

4.2.1 Se basa en la neutralización de los ácidos libres por una solución alcohólica de hidróxido de potasio.

#### 4.3 Aparatos

4.3.1 Bureta de 25 ml, con llave, graduada al 0,1 .

4.3.2 Pipeta volumétrica de 5 ml .

4.3.3 Dispositivo de saponificación formado por un balón de vidrio resistente a los álcalis, de 100 ml a 200 ml de capacidad, al cual se puede adaptar con miras a la determinación ulterior del índice de éster, un tubo de vidrio que sirva de refrigerante a reflujo, con una longitud no menor de 1 m y con aproximadamente 1 cm de diámetro interno.

#### 4.4 Reactivos

4.4.1 **Etanol:** Solución al 95 % (V/V) a 20 °C recientemente neutralizado con la solución de hidróxido de potasio (apartado 4.4.2) en presencia de fenolftaleína (apartado 4.4.3) o de rojo de fenol (apartado 4.4.4), cuando el aceite esencial posee componentes que contienen grupos fenólicos.

4.4.2 **Hidróxido de potasio:** Solución de aproximadamente 0,1 N (o de normalidad indicada en la Norma específica del aceite esencial) en etanol controlada diariamente.

4.4.3 **Fenolftaleína:** Solución de 2 g por litro en etanol al 95 % (V/V).

4.4.4 **Rojo de Fenol:** Solución de 0,4 g por litro en etanol al 20 % (V/V).

#### 4.5 Procedimiento

4.5.1 Una vez pesada la muestra, ésta se introduce en el dispositivo de saponificación.

4.5.2 Se agregan 5 ml de etanol (apartado 4.4.1), 5 gotas de fenolftaleína (apartado 4.4.3) (excepto en el caso de aceites esenciales fenólicos\* en los cuales es necesario usar 5 gotas de rojo de fenol (apartado 4.4.4)) y se neutraliza la solución con hidróxido de potasio (apartado 4.4.2) hasta la aparición de una coloración que persista por algunos segundos.

4.5.3 Eventualmente, se reserva el balón y su contenido para la determinación del índice de éster (véase NTP 319.088)

\* Esta indicación será considerada en la Norma de dichos aceites esenciales.

#### 4.6 Expresión de los Resultados

4.6.1 Sea:

P El peso, en gramos, de la muestra ensayada;

V el volumen, en mililitros, de hidróxido de potasio (apartado 4.4.2) utilizado\*\*

El índice de acidez se encuentra por la siguiente fórmula y se expresa con un decimal.

$$\frac{5,61 \times V}{P}$$

#### 4.7 Precisión de los resultados

4.7.1 Para que los resultados puedan ser válidos, la diferencia entre dos determinaciones consecutivas efectuadas por el mismo operador, no debe ser mayor de 0.2.

4.7.2 Si la diferencia entre los resultados obtenidos por dos laboratorios diferentes no excede en 0,2, esos resultados se consideran como concordantes.

#### 4.8 Informe

4.8.1 El informe del ensayo debe mencionar, además de los resultados, el método empleado, el modo de expresión de resultados, cualquier particularidad observada durante las determinaciones y cualquier detalle no señalado en esta Norma Técnica Peruana o considerada como opcional, pero que pueda haber influido sobre los resultados.

\*\* Si el número de mililitros de hidróxido de potasio es inferior a 2 ml ó a 3 ml, se vuelve a repetir el ensayo sobre una cantidad mayor de muestra.

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 319.088  
1974 (revisada el 2016)**

---

Dirección de Normalización - INACAL  
Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)

Lima Perú

---

## **ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de éster**

ESSENTIAL OILS. Determination of ester index

**2016-07-18  
1ª Edición**

R.D. N° 015-2016-INACAL/DN. Publicada el 2016-07-22

Precio basado en 05 páginas

I.C.S.: 71.100.60

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptores: Aceite esencial, aceite, índice, éster

© INACAL 2016

© INACAL 2016

Todos los derechos son reservados. A menos que se especifique lo contrario, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia o publicándolo en el internet o intranet, sin permiso por escrito del INACAL.

INACAL

Calle Las Camelias 615, San Isidro  
Lima - Perú  
Tel.: +51 1 640-8820  
[administracion@inacal.gob.pe](mailto:administracion@inacal.gob.pe)  
[www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)

© INACAL 2016 – Todos los derechos son reservados <sup>i</sup>

**PRÓLOGO**  
(de revisión 2016)

A.1 La Norma Técnica Peruana NTP 319.088:1974 (Revisada el 2011) ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de éster, 1ª Edición, se incluyó en el programa de actualización de Normas Técnicas Peruanas que cumplieron 05 años de vigencia.

A.2 La NTP referida, aprobada mediante resolución N° 0030-2011/CNB-INDECOPI, al no contar con ningún Comité Técnico de Normalización activo, fue revisada y puesta a consulta pública. No recibió observaciones por parte de los representantes de los sectores involucrados: producción, consumo y técnico.

A.3 La Dirección de Normalización (DN), procedió a mantener su vigencia, previa revisión final, aprobando la versión revisada el 18 de julio de 2016.

NOTA: Cabe resaltar que la revisión de la presente NTP se ha realizado con el objetivo de determinar su vigencia, mas no su actualización.

A.4 Los métodos de ensayo y de muestreo cambian periódicamente con el avance de la técnica. Por lo cual, recomendamos consultar en el Centro de Información y Documentación del INACAL, la vigencia de los métodos de ensayo y de muestreo citados en esta NTP.

A.5 La presente Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 319.088:1974 (Revisada el 2011) ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de éster, 1ª Edición.

**PRÓLOGO**  
(de revisión 2011)

**A. RESEÑA HISTÓRICA**

A.1 La presente Norma Técnica Peruana se encuentra dentro de la relación de normas incluidas en el Plan de Revisión y Actualización de Normas Técnicas Peruanas, aprobadas durante la gestión del ITINTEC (periodo 1966-1992).

A.2 La NTP 319.088:1974 fue aprobada mediante resolución R.D. N° 413-74 ITINTEC DG/DN del 74-12-30 y el Comité Técnico de Normalización de Tecnología química, Subcomité Técnico de Normalización de Aceites esenciales, la revisó acordando en su sesión del 2011-06-27, mantenerla vigente.

A.3 La Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias -CNB-, aprobó mantener vigente la presente norma, oficializándose como NTP 319.088:1974 (Revisada el 2011) ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de éster, el 08 de agosto de 2011.

NOTA: Cabe resaltar que la revisión de la presente NTP se ha realizado con el objetivo de determinar su vigencia, mas no su actualización.

A.4 La presente Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 319.088:1974, ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de éster. Las Normas Técnicas Peruanas que fueron dejadas sin efecto no figuran en la presente edición.

**B. INSTITUCIONES MIEMBROS DEL CTN DE TECNOLOGÍA QUÍMICA - SUBCOMITÉ DE ACEITES ESENCIALES**

Secretaría	Colegio de Químicos del Perú
Secretaria CTN	Betty Chung Tong
Secretaria SCTN	Rocío Tavera
Presidente SCTN	Fernando Anaya

<b>ENTIDAD</b>	<b>REPRESENTANTE</b>
Flavorist Senior – Sensoria	María del Pilar Chávez
Esencias Químicas S.A.C.	Miguel Sarria Gustavo Salazar
Plantex S.A.C.	Paola Lazo
DIGEMID	Betty Vadillo
Universidad Peruana Cayetano Heredia	Gilma Fernandez Graciela Untiveros
PUCP	Ana Pastor Eric Cosio
Colegio de Químicos del Perú	Gloria Tomás
Alex Stewart (Assayers) del Perú S.R.L.	Luis Arca Karyn Loo

—000000—

## ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de éster

### NORMAS A CONSULTAR

NTP 319.077	ACEITES ESENCIALES. Preparación de la muestra para análisis
NTP 319.079	ACEITES ESENCIALES. Extracción de muestras
NTP 319.085	ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de acidez

### 1 OBJETO

1.1 La presente Norma Técnica Peruana establece el método de determinación del índice de éster de los aceites esenciales.

1.2 Este método no es aplicable a los aceites esenciales que contienen elevada proporción de aldehídos.

### 2 DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN

2.1 **Índice de Éster (IE.) de una aceite esencial:** Es el número de miligramos de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar los ácidos liberados por hidrólisis de los ésteres contenidos en 1 g de aceite esencial.

### **3 EXTRACCIÓN DE MUESTRAS Y RECEPCIÓN**

3.1 Se realizará de acuerdo a lo indicado en la NTP 319.079 .

### **4 MÉTODOS DE ENSAYO**

#### **4.1 Preparación de la muestra a ensayar**

4.1.1 Se realiza de acuerdo a lo indicado en la NTP 319.077 .

#### **4.2 Principio del método**

4.2.1 Se basa en la hidrólisis de los ésteres bajo determinadas condiciones, por una solución de título conocido y valoración del exceso de álcali.

#### **4.3 Aparatos**

4.3.1 Bureta con llave, de 25 ml graduada al 0,1 .

4.3.2 Pipeta volumétrica de 25 ml .

4.3.3 Pipeta volumétrica de 5 ml .

4.3.4 Dispositivo para saponificación, compuesto de un balón de vidrio resistente a los álcalis, de 200 ml de capacidad, con cuello esmerilado, provisto de un tubo de vidrio de por los menos 1 m de longitud y aproximadamente 1 cm de diámetro interno.

4.3.5 Fragmentos de piedra pómez .

#### 4.4 Reactivos

4.4.1 Etanol, solución al 95 % (v/v) a 20 °C , recientemente neutralizada por la solución de hidróxido de potasio (véase apartado 4.4.2) en presencia de fenolftaleína (véase apartado 4.4.4) o de rojo de fenol (véase apartado 4.4.5) cuando el aceite esencial posee constituyentes que contienen grupos fenólicos.

4.4.2 Hidróxido de potasio, solución 0,5 N en etanol.

4.4.3 Acido clorhídrico ó ácido sulfúrico, solución titulada 0,5 N .

4.4.4 Fenolftaleína, solución de 2 g por litro, en etanol de 95 % (v/v) .

4.4.5 Rojo de fenol, solución de 0,4 g por litro en etanol de 20 % (v/v) .

#### 4.5 Procedimiento

4.5.1 Se pesa (\*) 2 g ± 0,05 g de muestra, con aproximación del miligramo.

4.5.2 Se introduce la muestra pesada, en el balón del dispositivo de saponificación conteniendo unos fragmentos de piedra pómez, se añaden 25 ml de hidróxido de potasio (véase apartado 4.4.2) (\*\*) y se lleva a ebullición suave durante un tiempo que se establece en la norma técnica de cada aceite esencial.

4.5.3 A continuación se deja enfriar. Se añaden 20 ml de agua destilada, luego cinco gotas de fenolftaleína (véase apartado 4.4.4.) (salvo en el caso de aceites esenciales fenólicos para los que es necesario emplear 5 gotas de rojo de fenol (véase apartado 4.4.5)) y se neutraliza la solución obtenida con el ácido clorhídrico (véase apartado 4.4.3) ó el ácido sulfúrico (véase apartado 4.4.3) .

\* Cuando el índice de éster es bajo, se aumenta la cantidad de muestra a tomar.

\*\* La cantidad de hidróxido de potasio puede ser aumentada para ciertos aceites esenciales.

#### 4.5.4 Prueba en blanco

4.5.4.1 Paralelamente a la determinación y en las mismas condiciones operatorias, se efectúa una prueba en blanco.

NOTA: Esta determinación puede efectuarse sobre la solución proveniente de la determinación del índice de acidez con la condición de añadir 5 ml de etanol (apartado 4.4.1) en la prueba en blanco antes de los 25 ml de hidróxido de potasio (apartado 4.4.2) (El volumen de etanol corresponde al volumen introducido en el momento de la determinación del índice de acidez (véase NTP 319.085).

#### 4.6 Expresión de resultados

4.6.1 Sea:

P el peso, en gramos, de la muestra tomada

V el volumen en mililitros de ácido clorhídrico (véase 4.4.3) utilizado para la determinación

V<sub>1</sub> el volumen en mililitros de ácido clorhídrico (véase 4.4.3) utilizado para la prueba en blanco

IA el valor del índice de acidez, determinado según la NTP 319.085

4.6.2 El índice de éster IE está dado por la fórmula siguiente:

$$\frac{28,05 (V_1 - V)}{P} - IA$$

NOTA: Cuando la determinación es efectuada sobre la solución proveniente de la determinación del índice de acidez, el índice de éster IE, está dado por la fórmula siguiente:

$$\frac{28,05 (V_1 - V)}{P}$$

4.6.3 El índice de éster se debe expresar con dos cifras significativas si es inferior a 100 y con tres cifras significativas si es igual o superior a 100.

#### 4.6.4 Precisión de los resultados

4.6.4.1 En el caso de aceites esenciales que contengan ésteres fácilmente saponificables, tales como el acetato de linalilo, la variación de resultados entre diferentes laboratorios pueden llegar a 2, en el caso de los aceites esenciales que contengan ésteres difícilmente saponificables, esta variación puede llegar a 4 (estas cifras no son válidas sino en el caso de que  $(V_1 - V)$  sea por lo menos igual a 10).

#### 4.7 Informe

4.7.1 El informe del ensayo debe mencionar, además de los resultados, el método empleado, cualquier particularidad observada durante las determinaciones y cualquier detalle no señalado en esta Norma Técnica Peruana o considerada como opcional, pero que pueda haber influido sobre los resultados.

INSTITUTO DE INVESTIGACION TECNOLÓGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS (ITINTEC) LIMA PERU

PERU	<u>ACEITES ESENCIALES</u>	ITINTEC
NORMA TÉCNICA	Determinación de la Solubilidad en Etanol	319.099 Diciembre 1971
NACIONAL		
NORMAS CONSULTAR 		
ITINTEC	319.075	Aceites Esenciales. Determinación del Índice de Refracción
ITINTEC	319.077	Aceites Esenciales. Preparación de la Muestra para Análisis
ITINTEC	319.079	Aceites Esenciales. Extracción de Muestras.
<b>1.- <u>OBJETO</u></b>		
1.1 La presente Norma establece el método de determinación de la solubilidad de aceites esenciales en diluciones de etanol.		
<b>2.- <u>DEFINICIONES Y CLASIFICACION</u></b>		
2.1 <u>Acetate esencial soluble en V o más volúmenes de etanol de graduación dada t.- Es aquel cuya solución clara en V volúmenes de etanol de graduación dada t. permanece igual después de la adición posterior de etanol de la misma concentración, hasta completar un total de 20 volúmenes del etanol empleado.</u>		
2.2 <u>Acetate esencial soluble en V volúmenes de etanol en graduación dada t que se enturbia al diluir.- Es aquel cuya solución clara en V volúmenes de etanol de graduación dada t se enturbia y permanece así después de la adición gradual de etanol de la misma concentración hasta un total de 20 volúmenes del etanol empleado.</u>		
2.3 <u>Acetate Esencial soluble en V volúmenes de etanol de graduación dada t, que se enturbia en V volúmenes (V &lt; 20).- Es aquel cuya solución clara en V volúmenes de etanol de graduación dada t se enturbia y permanece así después de la adición gradual de etanol de la misma concentración hasta un total de V volúmenes del etanol empleado.</u>		

- 2.4 Aceite esencial soluble, con opalescencia. - Es aquel cuya solución alcohólica al ser diluida muestra una tonalidad azul, siendo este color similar al del patrón de opalescencia recientemente preparado de acuerdo con 4.4.2.

### 3.- EXTRACCION DE MUESTRAS Y RECEPCION

- 3.1 Se realizará de acuerdo a lo indicado en la Norma ITINTEC -- 319.079.

### 4.- METODOS DE ENSAYO

#### 4.1 Preparación de la muestra a ensayar

- 4.1.1 Se realiza de acuerdo a lo indicado en la Norma ITINTEC -- 319.077

#### 4.2 Principio del Método

- 4.2.1 A la temperatura de 20°C se adiciona progresivamente, al aceite esencial, una solución acuosa de etanol de concentración adecuada y conocida y se observa el grado de solubilidad.

#### 4.3 Aparatos

- 4.3.1 Bureta de 25 ml ó 50 ml, graduada al 0,1 ml  
4.3.2 Probeta de 25 ml ó 30 ml de capacidad, con tapa esmerilada.  
4.3.3 Baño de temperatura constante, que pueda ser mantenido a  $20^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$   
4.3.4 Termómetro calibrado, graduado en quintos o décimos de grados Celsius, que permita la determinación de temperaturas entre 10°C y 30°C

#### 4.4 Reactivos

- 4.4.1 Soluciones diluidas de etanol. - Se usan normalmente soluciones de 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 y 95 % (V/V). Para preparar estas soluciones se debe usar el etanol más pu-

//,ro posible y según las directivas dadas en la Tabla. Se controla su concentración con un alcoholímetro, un densímetro o por medida del índice de refracción.

- 4.4.2 Solución patrón para opalescencia. - A 50 ml de una solución 0,002 N de cloruro de sodio, se añade 0,5 ml de solución 0,1 N de nitrato de plata y una gota de ácido nítrico concentrado (d<sub>20</sub> = 1,39 g/ml). Se agita la solución y se deja en reposo por cinco minutos.

#### 4.5 Procedimiento

- 4.5.1 Se coloca dentro de una probeta (4.3.2) 1 ml de aceite esencial, medido con una pipeta, pesado con una exactitud de  $\pm 5$  mg.
- 4.5.2 Se coloca la probeta y su contenido en el baño de temperatura constante (4.3.3) mantenido a  $20^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ .
- 4.5.3 Usando la bureta (4.3.1), se añade la solución diluida de etanol de concentración conocida (4.4.1) -el cual se debe haber llevado previamente a una temperatura de  $20^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ - en incrementos de 0,1 ml hasta que el aceite se disuelva completamente, agitando frecuente y vigorosamente durante la adición del solvente. Cuando la solución sea perfectamente clara, se anota el volumen de la solución de etanol (4.4.1) añadido.
- 4.5.4 Se continúa añadiendo el solvente en incrementos de 0,5 ml hasta llegar a 20 ml y se sigue agitando después de cada adición. Si la solución se pone turbia u opalescente antes de haber agregado un volumen total de 20 ml de etanol, se anota el volumen en el momento en que aparece la turbidez u opalescencia, y eventualmente el volumen en el cual desaparece (V'').
- 4.5.5 Si no se obtiene una solución clara después de añadir 20 ml de solvente, se repite el procedimiento con la siguiente concentración más alta de la solución de etanol dada en la Tabla.

---

• Cuando el estado físico del aceite esencial no permite utilizar una pipeta, se pesa  $1 \text{ g} \pm 0,005 \text{ g}$  del mismo. En este caso los resultados se deben expresar en peso y volumen.

#### 4.6 Expresión de resultados

##### 4.6.1 Sí:

V es el volumen, en ml, de solución de etanol a la dilución t necesaria para obtener una solución clara;

V' es el volumen, en ml, de solución de etanol a la dilución t, que produce turbidez, seguida de claridad, si ello ocurre;

V'' es el volumen, en ml, de solución de etanol a la dilución t, en el cual desaparece la turbidez.

La solubilidad del aceite esencia en la solución diluida de etanol de concentración t será: el volumen en V volumen con turbidez entre V' y V'' volúmenes.

4.6.2 Exactitud de los resultados. - Se expresan los valores V, V' y V'' por números hasta con un decimal. Si la solución no es completamente clara sino sólo opalescente, se anota si la opalescencia es "mayor que", "igual a" ó "menor que" aquella de la solución patrón (4.4.2)

#### 4.7 Informe

4.7.1 El informe del ensayo debe mencionar, además de los resultados, el método empleado, el método de expresión de resultados, cualquier particularidad observada durante las determinaciones y cualquier detalle no señalado en esta Norma o considerada como opcional, pero que pueda haber afectado los resultados.

T A B L A

Diluciones de etanol en volumen y en peso

Diluciones: ml de etanol en 100 ml de la mezcla (%v/v) a $\pm$ 0,1%	Volumen de agua destilada a 20°C que debe ser aña- dido a 100 ml de etanol al 95% (v/v) a la misma temperatura con una tolerancia en- tre 20,5°C, para la preparación de las diluciones corres- pondientes  ml	Peso de Etanol 95 %  (v/v)	Peso del Agua a ser añadi- da	Límites de la Densidad Relativa y la densidad aparente		Índice de re- frac- ción a 20° C
				$d_{20}^{20}$	$d_{4}^{20}$	
50	95,9	46	54	0,9316 á 0,9320	0,9300 á 0,9304	1,3590
55	77,9	51,1	48,9	0,9214 á 0,9218	0,9198 á 0,9202	1,3598
60	62,9	56,4	43,6	0,9105 á 0,9110	0,9089 á 0,9094	1,3614
65	50,2	61,9	38,1	0,8990 á 0,8994	0,8974 á 0,8978	1,3625
70	39,1	67,6	32,4	0,8863 á 0,8873	0,8852 á 0,8857	1,3633
75	29,5	73,4	26,6	0,8740 á 0,8745	0,8725 á 0,8730	1,3640
80	20,7	79,6	20,4	0,8604 á 0,8610	0,8589 á 0,8595	1,3648
85	13,3	86	14	0,8460 á 0,8466	0,8445 á 0,8451	1,3648
90	6,4	92,7	7,3	0,8303 á 0,8309	0,8288 á 0,8294	1,3645
95	0,0	100	0	0,8123 á 0,8131	0,8109 á 0,8117	1,3638