



**Aplicación de las operaciones unitarias de lixiviación y destilación en la obtención del sustrato con la finalidad de cuantificar el poder antioxidante de la albahaca (*Ocimum basilicum* L.).**



**Aplicación de las operaciones unitarias de  
lixiviación y destilación en la obtención del  
sustrato con la finalidad de cuantificar el poder  
antioxidante de la albahaca (*Ocimum basilicum* L.)**

---

*Autores*

ING. QCO. CARLOSMUÑOZCAJIAOMSc.

ING. QCO. SANCHEZ BARCIA RAMIRO ROMAN



Aplicación de las operaciones unitarias de  
lixiviación y destilación en la obtención del sustrato con la  
finalidad de cuantificar el poder antioxidante de la albahaca (*Ocimum basilicum* L.)

Autor

ING. QCO. CARLOS MUÑOZ CAJIAOMSc.

ING. QCO. SANCHEZ BARCIA RAMIRO ROMAN

Primera edición: febrero 2018

Diseño de portada y diagramación:

Grupo Compás

Equipo Editorial

ISBN 978-9942-770-41-7

Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

## INDICE

Problema y su identificación .....	7
Revisión desde la teoría .....	9
Taxonomía de la planta .....	9
2.1.2. Valor nutricional.....	10
Usos de la planta.....	12
Operaciones unitarias aplicadas para la extracción de los fenolitos de la Albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> L.) ( <i>Ocimum basilicum</i> ) .....	13
Secado.....	13
Liofilización .....	14
Molienda.....	14
Destilación .....	14
Extracción sólido –líquido (Lixiviación) .....	15
Compuestos antioxidantes y métodos de medición de la capacidad antioxidante.....	15
Actividad antioxidante.....	15
Compuestos fenólicos.....	19
Método DPPH (2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo) para la medición de la capacidad antioxidante.....	20
Métodos utilizados en estudios realizados en lixiviación, maceración y extracción de antioxidantes en plantas.....	21
Obtención de extracto de Ruda ( <i>Rutagraveolens</i> ) con alto contenido de polifenoles.....	21
Cuantificación de los componentes fenólicos y actividad antioxidante de <i>Pterodon emarginatus</i> Vogel semillas.....	23
Métodos y Resultados .....	27
Métodos y Técnicas.....	27
Normas.....	28
Calidad de los productos .....	28
Análisis Físico -Químico .....	28
Análisis Microbiológico .....	28
Parámetros de acuerdo a las variables .....	28
Experimentación (Diseño).....	29
Equipos y Materiales.....	29
Ingeniería de Procesos.....	32
Selección de la materia prima.....	33
Lavado.....	33
Secado.....	33

Molienda. ....	33
Operaciones durante el proceso. ....	34
Destilación. ....	34
Lixiviación. ....	34
Filtración. ....	35
Recuperación del solvente. ....	35
Maceración. ....	36
Operaciones finales. ....	36
Medición de la capacidad antioxidante. ....	36
Tamizaje fotoquímico. ....	36
Envasado de especia alimentaria. ....	37
Diagrama de flujo de procesos. ....	33
Diagrama por equipo de procesos. ....	36
Análisis y discusión de los resultados. ....	36
Balance de materia. ....	36
Balance de masa de selección de materia prima. ....	36
Balance de materia de la extracción sólido – líquido. ....	38
Balance de materia de filtración. ....	39
Balance de materia de recuperación desolvente. ....	40
Balance de materia de destilación por arrastre de vapor. ....	40
Balance de materia del envasado de la especia alimentaria. ....	41
Resultados experimentales. ....	44
Caracterización Taxonómica. ....	44
Curvas de Secado. ....	44
Tamizaje fitoquímico. ....	47
Análisis de calidad de la especia alimentaria. ....	48
Análisis e interpretación de resultados. ....	48
Análisis de rendimiento de molienda: ....	50
Análisis de rendimiento de lixiviación: ....	50
Análisis de rendimiento de destilación: ....	50
Análisis de las curvas de secado: ....	50
Análisis de los resultados de ensayo fitoquímico: ....	52
CONCLUSIONES. ....	55
BIBLIOGRAFÍA. ....	57



## Problema y su identificación

El ser humano en su trabajo diario, produce espontáneamente una determinada cantidad de radicales libres producto de su metabolismo. La generación de los mismos no es medible de manera directa; por esta razón en la actualidad se usan distintos métodos de cuantificación.

La acumulación de radicales libres ocasiona daños a nuestro cuerpo a nivel celular; llegando hasta deteriorar la cadena de ADN, derivando en enfermedades cardiovasculares, y expresiones de mutación, como lo son malformaciones, tumores y cáncer. Recientes estudios científicos han demostrado que el poder antioxidante de ciertas frutas y tubérculos; así como de plantas ha prevenido y amortiguado el inicio de las enfermedades y expresiones mutagénicas, antes mencionadas.

En Ecuador, una de la plantas más usada es la Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) (***Ocinum basilicum L.***), debido a su aromaticidad y versatilidad en el campo gastronómico.

En el presente trabajo de investigación, se pretende medir la capacidad antioxidante de la Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) (***Ocinum basilicum L.***); mediante sustratos obtenidos por medio de las siguientes operaciones unitarias: lixiviación y destilación. La finalidad del trabajo es determinar la mejor vía de extracción, que permita un mayor contenido antioxidante; y posteriormente realizar el planteamiento para la elaboración de un producto basado en esta investigación.

La Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) (***Ocinum basilicum L.***), siempre ha sido reconocida por ser una planta muy aromática; debido a la presencia de componentes volátiles, denominados polifenoles. En el caso particular de esta planta, predominan principalmente los siguientes metabolitos: eugenol, linalol y trans-  $\beta$  cariofilina; cuantificados mediante cromatografía gaseosa del aceite esencial de la ***Ocinum basilicum L (IMERI, y otros, 2014)***

La técnica utilizada para la verificación de los polifenoles y determinación del nivel de antioxidantes de los sustratos fue el método del DPPH (2,2-Difeni-1- picrilhidrazilo). Los resultados del nivel de antioxidante de cada sustrato, demostraron la diferencia existente entre la lixiviación y destilación; siendo una operación más eficiente y eficaz para concentrar los metabolitos de dicha planta.

**Científico:** Desarrollar técnicas metodológicas para aprovechar la extracción de polifenoles, alcaloides y otros antioxidantes; así como los componentes volátiles que usados ampliamente en el campo alimentario y medicinal.

**Medicinal:** Utilizar adecuadamente los metabolitos primarios y secundarios de la Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) (***Ocinum basilicum L.***); con la finalidad de obtener una mejora en la calidad de vida, a través de un producto alimenticio libre de componentes tóxicos para el ser humano.

**Tecnológico:** Aplicar las operaciones unitarias necesarias, para la extracción de los metabolitos (en especial polifenoles) de esta planta. Sugerir técnicas donde se apliquen operaciones preliminares, que mejoren los rendimientos de extracción; así como cambios en los sistemas de transferencia de calor que permita optimizar el tiempo y reducir las etapas de la lixiviación en sus distintas escalas: laboratorio, semi-piloto, industrial.

**Social:** Concientizar a la población en general de ingerir en su dieta diaria alimentos ricos antioxidantes; previniendo con daños degenerativos producto de los radicales libres. Entre estos alimentos se encuentra la Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) (***Ocinum basilicum L.***); la cual es un vegetal con un alto contenido de antioxidantes.

**Económico:** Aprovechar los recursos naturales del Ecuador para incrementar la producción en masa de Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) (***Ocinum basilicum L.***) deshidratada; y su distribución como aditivo



alimentario. El producto obtenido tendría un valor agregado por el reconocimiento de su potencial antioxidante.

## Revisión desde la teoría

La *Ocimum basilicum* L. es una planta aromática pequeña de crecimiento anual de unos 50 cm de altura, provista de tallos firmes, ramosos y cuadrados. Caracterizada por tener flores pequeñas de 8 a 10 mm, labiada, de color blanco o moradas, agrupadas en largos ramilletes (García, 2006)

Se considera a esta especie originaria de Asia tropical, aunque algunos autores afirman que es originaria de Centroamérica. Crece silvestre en climas cálidos y terrenos fértiles, muy raras veces en lugares frescos. (GUPTA, 1995) Constituye una maleza en solares y patios de las casas de zonas secas.

## Taxonomía de la planta.

La Albahaca (*Ocimum basilicum* L.) (*Ocimum basilicum* L.) pertenece a la familia de las Lamiaceae, que comprende 142 especies encontradas en Ecuador, de las cuales 47 de estas son útiles de acuerdo a las categorías mencionadas en: “La Enciclopedia de plantas útiles del Ecuador” (Henrik Balslev, 2008).

Tabla 4: Clasificación taxonómica de la planta.

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Subreino</b>	Traqueobionta
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Superdivisión</b>	Spermatophyta
<b>Clase</b>	Maganoliopsida
<b>Subclase</b>	Asteriadae
<b>Orden</b>	Lamiales
<b>Familia</b>	Lamiaceae

<b>Subfamilia</b>	Nepetoideae
<b>Genero</b>	<i>Ocimum</i>
<b>Especie</b>	<i>Ocimum basilicum</i> L.

**Fuente: (Alipi & Pichardo, 2009)**

### **2.1.2. Valor nutricional.**

El conocimiento de la composición alimenticia de un producto y los diferentes grupos en que estos se clasifican, es fundamental para un balance nutricional apropiado (**Ángeles Carvajal, 2013**)

En la **Tabla 5** Se muestran los valores nutricionales de la Albahaca (*Ocimum basilicum* L.) por parte del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

**Tabla 5: Valor Nutricional de la Albahaca (*Ocinum basilicum* L.).**

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	5.0 leaves 2,5g
<b>Proximates</b>			
Water	g	92.06	2.30
Energy	kcal	23	1
Protein	g	3.15	0.08
Total lipid (fat)	g	0.64	0.02
Carbohydrate, by difference	g	2.65	0.07
Fiber, total dietary	g	1.6	0.0
Sugars, total	g	0.30	0.01
<b>Minerals</b>			
Calcium, Ca	mg	177	4
Iron, Fe	mg	3.17	0.08
Magnesium, Mg	mg	64	2
Phosphorus, P	mg	56	1
Potassium, K	mg	295	7
Sodium, Na	mg	4	0
Zinc, Zn	mg	0.81	0.02
<b>Vitamins</b>			
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	18.0	0.4
Thiamin	mg	0.034	0.001
Riboflavin	mg	0.076	0.002
Niacin	mg	0.902	0.023
Vitamin B-6	mg	0.155	0.004
Folate, DFE	µg	68	2
Vitamin B-12	µg	0.00	0.00
Vitamin A, RAE	µg	264	7
Vitamin A, IU	IU	5275	132
Vitamin E (alpha-tocopherol)	mg	0.80	0.02
Vitamin D (D2 + D3)	µg		0.0
Vitamin D	IU		0
Vitamin K (phylloquinone)	µg		414.8
<b>Lipids</b>			
Fatty acids, total saturated	g		0.041
Fatty acids, total monounsaturated	g		0.088
Fatty acids, total polyunsaturated	g		0.389
Fatty acids, total trans	g		0.000
Cholesterol	mg		0
<b>Amino Acids</b>			
<b>Other</b>			
Caffeine	mg		0

**Fuente: (National Nutrient Database for Standard Reference, 2000)**

## Usos de la planta.

En base a estudios realizados por **(Briseño Ruiz , Aguilar García , & Villegas Espinoza , 2013)** , presenta que la albahaca (*Ocinum basilicum L.*) (*Ocinum basilicum L.*) tiene un rendimiento de:

**Tabla 6: Rendimiento en peso por hectárea de cultivo.**

<b>FRESCO</b> Ton/ha	<b>SECO</b> Ton/ha	<b>ACEITE</b> <b>ESENCIAL</b> Kg/ha
18-20	10	80

**Fuente: (Briseño Ruiz , Aguilar García , & Villegas Espinoza , 2013)**

Los usos más comunes que se le atribuyen a la Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) (*Ocinum basilicum L.*) son:

- Aditivo alimentario (hojas frescas o secas) **(Veerle Vanden & Cueva, 2008)**
- Preparación de Loción Repelente (aceite esencial) **(OLMEDO ROMERO, ORELLANA LÓPEZ, & TENASPÉREZ, 2003)**
- En la industria farmacéutica: estimulante y antiespasmódico.
- En la perfumería: aromatizante de cosméticos y elaboración de perfume.
- Elaboración de Jabones.  
**(Vega Marrero, Escandón, , Soto, & Mendoza, 2012)**

## **Operaciones unitarias aplicadas para la extracción de los fenolitos de la Albahaca (*Ocimum basilicum* L.) (*Ocimum basilicum*).**

### **Secado.**

El secado es una operación unitaria, fundamentada en la separación física del líquido contenido en un sólido; sea este inorgánico u orgánico. De acuerdo al producto que se vaya a secar, dependerá la humedad final y el método a aplicarse.

Los métodos y procesos de secado se clasifican de diferentes maneras; se dividen en procesos de lotes (batch) ó continuos (sin interrupción). También basados en las condiciones físicas usadas en el proceso para la transferencia de masa y energía indica que:

1. El calor se suministra por contacto íntimo con el flujo de aire caliente a presión atmosférica, y el vapor de agua creado es depurado con la razón de aire circulante.
2. En el secado al vacío, la evaporación del agua se verifica con más rapidez a presiones bajas, y el calor se añade indirectamente por contacto con una pared metálica o por radiación.
3. En la liofilización, el agua se sublima directamente del material congelado. **(Geankopolis, 1998)**

Para la operación de secado se utiliza la estufa, debido a la capacidad de carga de materia prima que ofrece, a su fácil operación y disponibilidad.

El equipo tiene una potencia de 220 Wattios y trabaja bajo la aplicación de calor por radiación.

## **Liofilización**

La liofilización es una operación unitaria basada en la transferencia de la masa del agua contenida en un material; mediante la sublimación aplicando vacío.

El proceso de liofilización tiene sus orígenes en el Imperio Inca, en el altiplano andino a 4000 metros sobre el nivel del mar. Allí los pobladores realizaban y aún continúan realizando un producto denominado Chuño; el cual es resultado de la deshidratación de la papa. La técnica consiste en dejar las papas cosechadas sobre el suelo, de manera que durante la noche se congelen (debido a las bajas temperaturas); y durante el día por acción del sol y el viento seco, produzcan el cambio de estado del agua (sublimación). **(Parzanese, 2015)**

Este método fue desarrollado con el fin de reducir las pérdidas de los compuestos responsables del sabor y el aroma en los alimentos, los cuales se pierden durante los procesos convencionales de secado. **(ORREGO ALZATE , 2008)**

## **Molienda.**

Es la reducción de tamaño de la partícula mediante una fuerza constante. El objetivo de la molienda, no es solo la reducción de tamaño; sino también la obtención de un producto con diámetro y tamaño definido y con una distribución granulométrica determinada. **(PERRY R. , 2001)**

## **Destilación**

La destilación es una operación unitaria basada en la diferencias de volatilidades **(S. Foust, A. Wenzel, W. Clump, Maus, & Bryce Andersen, 2006)** de una mezcla líquida binaria o multicomponente; en la cual la separación de fases ocurre por diferencia de punto de ebullición.

El aceite esencial de albahaca (*Ocinum basilicum L.*), se obtuvo mediante la destilación por arrastre de vapor. El equipo operaba con calor indirecto

de una manta de calentamiento.

## **Extracción sólido –líquido (Lixiviación)**

La extracción sólido –líquido, es un proceso físico que consiste en obtener la sustancia soluble (solute) de un sólido en contacto con un solvente a una concentración determinada.

Los principales aspectos que corresponden a esta operación unitaria son la selección del proceso y las condiciones de operación. **(PERRY R. T., 2001)**. Para la obtención de los extractos (metanólicos y en agua acidulada) se usó el equipo soxhlet, con un acoplamiento de una manta calefactora; operando al 50% de su capacidad de calentamiento durante la extracción.

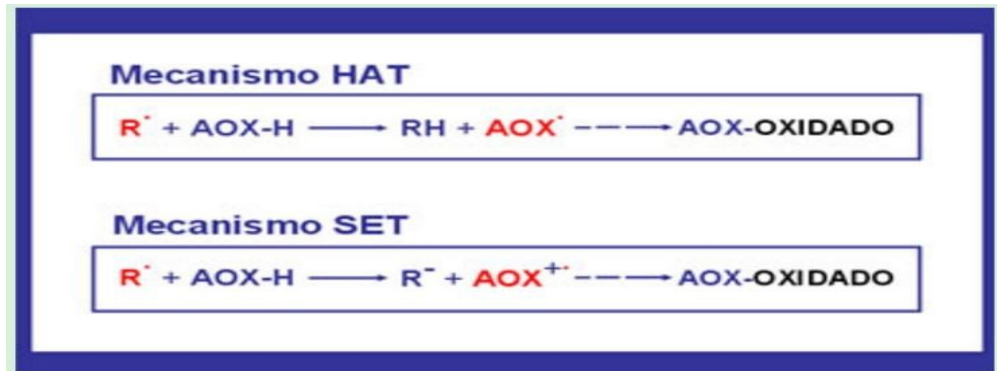
## **Compuestos antioxidantes y métodos de medición de la capacidad antioxidante.**

### **Actividad antioxidante.**

Los organismos aerobios generan diariamente radicales libres; esto ocurre debido a la reducción del oxígeno a agua (2% a 5%). Durante la reacción química a nivel celular, se forman moléculas de ATP, agua y elementos no deseados que no reaccionaron; los cuales por sus características químicas son denominados, “especies altamente oxidantes.” **(Tourño Eirin, 2009)**.

Según **(Calderon, 2007)**, un antioxidante es una sustancia que inhibe, retarda o previene la oxidación de un sustrato en el que está inmerso; el cual generalmente es encontrado a bajas concentraciones en relación al sustrato. Los antioxidantes disponen de dos mecanismos o vías de estabilización de radicales libres; los cuales se muestran a continuación:

*GRÁFICO 1: Mecanismo HAT y SET.*



**Fuente: (CORFO-Chile, 2011)**

En el primer mecanismo HAT (hydrogen atom transfer), el antioxidante primario atrapa un radical por una donación rápida de átomos de hidrógeno. El segundo mecanismo SET (single electron transfer), se basa en la transferencia de un electrón del antioxidante hacia el radical (**Rojano, y otros, 2008**), estabilizando así a la especie reactiva; pero a su vez convirtiéndose en un radical libre de baja o casi nula reactividad.

Los antioxidantes se pueden clasificar en 2 grupos:

- De acuerdo al sitio donde ejercen su acción.
- Según su origen (**Venereo**

**Gutierrez, 2002)**



En las siguientes tablas se muestra la clasificación de los antioxidantes:

Tabla 7: Clasificación de los antioxidantes según el sitio donde ejercen su acción

<b>Intracelular</b>	<b>Membrana</b>	<b>Extracelular</b>
Superóxido dismutasa.	Vitamina E.	Ceruloplasmina.
Catalasa.	Betacarotenos	Transferinas.
Peroxidasa.	Ubiquinol-10.	Lactoferinas.
DT-deafarasa.		Albúminas.
GSH.		Haptoglobinas.
Proteínas que ligan metales.		Vitamina C
Sistemas proteolíticos.		Ácido úrico
Vitamina C.		Vitamina E.

**FUENTE: (Venereo Gutierrez, 2002)**

**Tabla 8: Clasificación de los antioxidantes, según origen.**

<b>ORIGEN</b>		<b>ACCIÓN</b>
<b>1. Exógenos</b>	Vitamina E	Neutraliza el oxígeno singlete.
		Captura radicales libres.
		Captura O <sub>2</sub> .
		Neutraliza peróxidos.
		Neutraliza el oxígeno singlete.
	Vitamina C	Captura radicales libres de hidroxilo.
		Captura O <sub>2</sub> .
		Regenera la forma oxidada de la vitamina E.
	Betacarotenos	Neutraliza el oxígeno singlete.
	Flavonoides, Licopenos.	
<b>2. Endógenos</b>	Enzimáticos	Cofactor.
	Superóxido dismutasa (SOD)	Cobre, sodio, manganeso.
	Catalasa (CAT)	Hierro.
	Glutación Peroxidasa (GPx)	Selenio.
<b>3. No enzimáticos</b>	Glutación	Barreas fisiológicas que enfrenta el oxígeno a su paso desde el aire hasta las células.
	Coenzima Q.	
	Ácido Tioctico.	Transportadores de metales (Transferencia y ceruloplasmina).

**FUENTE: (Venereo Gutierrez, 2002)**

## Compuestos fenólicos.

Son un grupo de sustancias bio-sintetizadas por las plantas; incluyendo a los fenoles simples, polifenoles, flavonoides, taninos, entre otros. (Dueñas Ricaurte, 2009).

Los fenoles son compuestos orgánicos, no nitrogenados, de estructura aromática, con uno o varios grupos hidroxilo, libres o formando parte de otra estructura química: éter, éster, glucósido. (Naveda González, 2010)

En la siguiente tabla, se muestran los principales compuestos fenólicos encontrados en plantas:

**Tabla 9: Principales clases de compuestos fenólicos en plantas**

<b>Atómos de Carbono</b>	<b>Esqueleto base</b>	<b>Clase</b>
6	C <sub>6</sub>	Fenoles simples.
6	C <sub>6</sub>	Benzoquinonas.
7	C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub>	Ácidos fenólicos.
8	C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub>	Acetofenonas.
8	C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub>	Ácidos fenilacéticos.
9	C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	Ácidos hidroxicinámicos.
9	C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	Fenilpropenos.
9	C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	Cumarinas.
10	C <sub>6</sub> -C <sub>4</sub>	Naftoquinonas.
13	C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub> -C <sub>6</sub>	Xantonas.
14	C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub> -C <sub>6</sub>	Estibenos.
14	C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub> -C <sub>6</sub>	Antraquinonas.
15	C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub>	Flavonoides.
15	C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub>	Isoflavonoides.
18	(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Lignanós.
30	(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub> ) <sub>2</sub>	Biflavonoides.
N	(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> ) <sub>n</sub>	Lignina.
N	(C <sub>6</sub> ) <sub>n</sub>	Melanina.
N	(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub> ) <sub>n</sub>	Taninos condensados.

**FUENTE: (Braca, 2008)**

La actividad biológica de los compuestos fenólicos es generalmente: antioxidante, antiinflamatoria, antibacteriana, antiviral y antitumoral. (Braca,

2008)

## **Método DPPH (2,2-Difeni-1-picrilhidrazilo) para la medición de la capacidad antioxidante.**

El método de DPPH (**Brand-Williams, Cuvelier, & Berset, 1995**), consiste en la estabilización de los radicales libres de una solución in vitro en presencia directa de sustancias antioxidantes; denotándose en el cambio de coloración de azul-violeta a amarillo claro

Esto se debe a que existe una reacción (en algunos casos agresiva) de estabilización del electrón desapareado del DPPH. La absorbancia será medida espectrofotométricamente a 517 nanómetros (nm).

Posteriormente, se usarán los valores de absorbancia para determinar el % Captación de radicales libres (DPPH), mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ CA} = [1 - (A2 - A3) / A1] \times 100$$

Cálculo de la capacidad antioxidante:

%CA= Captación de radical libre, o capacidad antioxidante.

A1= Absorbancia del patrón de referencia

A2= Absorbancia de la muestra

A3= Absorbancia del blanco de muestra

**(Ramos Llica, Castañeda, Castañeda, & Ibañez Vásquez, 2008)**

**Métodos utilizados en estudios realizados en lixiviación, maceración y extracción de antioxidantes en plantas.**

**Obtención de extracto de Ruda (*Ruta graveolens*) con alto contenido de polifenoles.**

En este trabajo se realizó ensayos a partir de las hojas, flores y tallos de la Ruda (***Ruta graveolens***), con una relación sólido: líquido, 1:8 y 1:10 usando como solvente etanol (0%, 48%, 96%). El tiempo de maceración necesario para poder realizar la medición de los polifenoles fue de 24 a 48 horas.

Se realizó un diseño factorial mixto experimental con los extractos de la ruda, que se muestran a continuación.

Tabla 10: Cantidad de polifenoles extraídos con cada tratamiento experimental.

TRATAMIENTO	BLOQUE	VARIABLES DE PROCESO			VARIABLE DE RESPUESTA
		Concentración de etanol (%)	Tiempo (h)	Relación S:L *	Polifenoles extraídos (mg EAG/100 g ruda seca) **
1	1	0	24	1:8	510,96 ± 1,12
2	1	96	48	1:8	826,86 ± 13,22
3	1	96	24	1:10	678,45 ± 9,17
4	1	48	24	1:8	1152,24 ± 16,81
5	1	0	48	1:8	499,52 ± 2,18
6	1	48	48	1:8	1234,66 ± 14,59
7	1	0	24	1:10	606,46 ± 6,69
8	1	48	24	1:10	1446,48 ± 23,17
9	1	96	24	1:8	706,90 ± 6,75
10	1	96	48	1:10	734,46 ± 13,24
11	1	0	48	1:10	595,27 ± 0,48
12	1	48	48	1:10	1345,96 ± 21,39
13	2	48	24	1:8	1141,04 ± 20,13
14	2	48	48	1:10	1353,80 ± 16,34
15	2	96	24	1:10	659,77 ± 15,8
16	2	0	24	1:10	623,76 ± 14,13
17	2	0	24	1:8	517,22 ± 7,25
18	2	0	48	1:10	601,58 ± 18,96
19	2	96	48	1:10	750,04 ± 12,42
20	2	96	48	1:8	831,00 ± 2,95
21	2	96	24	1:8	705,63 ± 11,36
22	2	0	48	1:8	482,86 ± 3,27
23	2	48	24	1:10	1474,80 ± 3,87
24	2	48	48	1:8	1242,88 ± 12,06

\* S:L = (g ruda: ml solvente)

\*\*  $X_m \pm DS$ ; n = 3;

EAG = equivalentes de ácido gálico

### FUENTE: (Naveda González, 2010)

La experimentación determino que el extracto etanólico al 50%, obtuvo mayor capacidad antioxidante; obteniéndose así 5788  $\mu\text{moleq. Trolox}/100\text{g}$  de muestra, la misma que representa el 70,60% de la actividad antioxidante total cuantificada en la planta seca. (Naveda González, 2010).

## **Cuantificación de los componentes fenólicos y actividad antioxidante de *Pterodon emarginatus* Vogel semillas.**

En (Dutra, Leite, & Barbosa, 2008) se llevó a cabo la extracción por Soxhlet de las semillas de *Pterodon emarginatus vogel*, usando 30 gramos de semillas (previamente trituradas) con distintos solventes: Metanol, butanol, hexano y acetato de etilo. La eliminación del solvente de cada uno de los extractos, se llevó a cabo en un rotavapor; obteniéndose con ello aceite de la semilla de sucupira blanca (*Pterodon emarginatus vogel*).

De igual manera, se obtuvo después de 2 horas el aceite esencial por hidrodestilación a partir de 30 gramos de semilla triturada usando el "Clevenger". El aceite esencial fue almacenado a 4°C, hasta cuando se lo necesite para su análisis respectivo.

En este estudio se midió la capacidad antioxidante del aceite esencial y de los extractos provenientes del Soxhlet; usando como alícuota 0,5 ml de muestra a una solución etanólica de 1,5 ml del radical in vitro **DPPH** 0,05 mM diaria (2,2-difenil-1-picrihidrazilo).

## **Actividad antioxidante y enzimática de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) 'nufar' almacenada en refrigeración.**

La presente investigación (Lopez Blancas, y otros, 2014) fue realizada en la ciudad de Texcoco –México, con la finalidad de evaluar el efecto de la actividad antioxidante y enzimática de la Albahaca (*Ocimum basilicum* L.) (***Ocimum basilicum* l.**) en almacenamiento frigorífico a 5°C y 10°C; así como su actividad a temperatura ambiente (20°C) respectivamente.

Durante el tiempo de almacenamiento (18 días) se realizó cada 48 horas la evaluación de la capacidad antioxidante (**CA**), fenoles totales (**FET**) y la actividad enzimática de las enzimas: catalasa, superóxido dismutasa, peroxidasa y polifenol oxidasa.

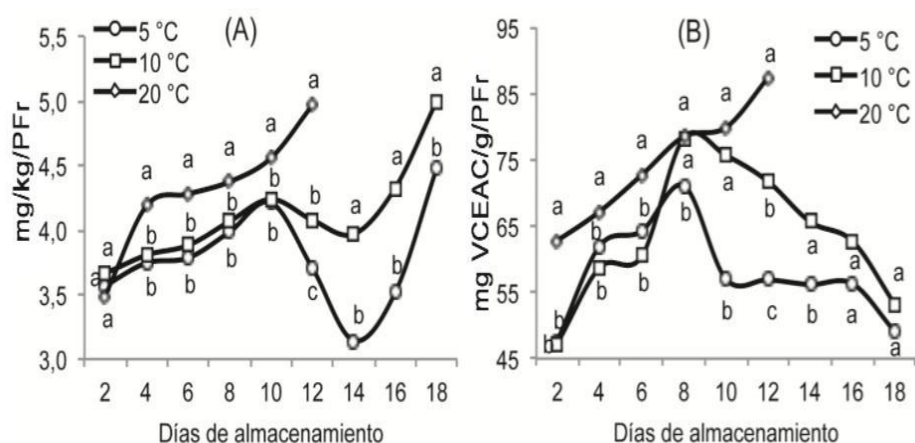
Se realizó la preparación del extracto de 25 gramos (g) de hojas congeladas (sin pecíolo) más 50 mililitros (ml) de acetona en congelación (-15°C), mediante la homogenización en una licuadora durante 25 segundos (s) con una posterior

filtración al vacío. Este procedimiento se repitió 9 veces. El filtrado (**EAc**) de este proceso se llevó a refrigeración ( $4 \pm 2^\circ\text{C}$ ) y el polvo de acetona (**PAc**) generado, se dejó secar al ambiente durante 15 minutos; posteriormente se pesó y guardó en un ultra congelador. Ambas muestras fueron usadas en los análisis de este estudio.

La **FET** se cuantificó por el método de **Folin y Ciocalteu**, usando como muestra 0,1 ml de **EAc**, como lo indica el método hasta obtener la lectura a 760 nanómetros (nm). Los resultados fueron reportados en mg/kg mediante la curva patrón de ácido tánico. En el caso de **CA** se determinó de acuerdo con el **método ABTS** [2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-ácido sulfónico)], usando 0,1 ml de una solución de **PAc** (0,05 g de **PAc** en 5 ml de etanol, homogenizados y con 24 horas de reposo) y así siguiendo el método antes mencionado, se leyó la absorbancia a 734 nm.

En la siguiente figura se muestra la variación de la **CA y FET** durante el tiempo y temperatura de almacenamiento de las hojas de Albahaca (*Ocimum basilicum* L.) (***Ocimum basilicum* L.**)





**Figura 1.** Fenoles totales (A) y capacidad antioxidante (B) en albahaca 'Nufar' almacenada durante dieciocho días a 5, 10 y 20 °C. Texcoco, Estado de México, México. 2012.  
Medias con igual letra entre los tratamientos de refrigeración en cada día de almacenamiento son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Figura 2: (Lopez Blancas, y otros, 2014)

Los resultados determinaron que la mayor cantidad de **FET**, se encontraba en el intervalo de 4 a 10 días de almacenamiento en frío (estadísticamente difieren poco entre ellos); siendo este 4,5 mg/Kg/ PFr. A diferencia de la muestra testigo(almacenada a temperatura ambiente); la cual tuvo un valor de 4,9 mg/Kg/ PFr a los 12 días.

Se observó un incremento de la **CA** en el lapso de 2 a 8 días en todas las muestras. Entre los 8 y 10 días después de almacenamiento (**DDA**) a 5°C, se encontró la mayor **CA** siendo 79,9 mg VCEAC/g/PFr (VCEAC=equivalente de ácido ascórbico), así también a los 12 **DDA** existió un aumento en la **CA** (87,4 mg VCEAC/g/ PFr); pero esta vez a la temperatura de almacenamiento de 20°C.

Al término de la investigación se sugirió almacenar la albahaca (**Ocimum basilicum L.**) a 10°C, para disminuir la activación de las enzimas presentes en la planta, que afecta considerablemente a los **FET** y **CA**.



## Métodos y Resultados

- **Investigativo:** El objetivo es la medición de la capacidad antioxidante de los metabolitos primarios y secundarios (entre ellos polifenoles) de los sustratos de las hojas de Albahaca (*Ocimum basilicum* L.) obtenidos por lixiviación y destilación.
- **Experimental:** Aplicación de métodos y técnicas estandarizados para la medición de antioxidantes, así como para la obtención de sustratos por las operaciones unitarias mencionadas.

Obtención de una especia alimentaria en presentación de frasco, al igual que datos para la experimentación en alimentos.

## Métodos y Técnicas.

La experimentación se realizó en el Laboratorio de Microbiología y Bioquímica, de la Facultad de Ingeniería Química, de la Universidad Estatal de Guayaquil.

El aceite de las hojas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) (*Ocimum basilicum* L.), se obtuvo por lixiviación utilizando distintos solventes (metanol al 99.8% y agua acidulada 5%) mediante un sistema de extracción sólido-líquido (Soxhlet) armado a nivel de laboratorio

Antes de la lixiviación se aplicó operaciones preliminares como: secado y molienda; necesarias para un mejor rendimiento de la extracción. También se obtuvo el aceite esencial de las hojas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) por hidrodestilación, usando el tubo destilador "Clevenger" en el sistema de destilación por arrastre de vapor armado a escala de laboratorio; el cuál contaba con una carga máxima de 250 g de materia prima.

Posterior a la extracción de los aceites (esencial y no esencial), se midió las capacidades inhibitorias de radicales libres y ensayos fitoquímicos correspondientes.

## **Normas.**

Norma **NTE INEN 2532:2010** - Especies y Condimentos. Requisitos.

## **Calidad de los productos**

Obtenido el polvo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) se procedió a realizar los respectivos análisis físico – químicos y microbiológicos con el fin de evaluar la inocuidad del producto final.

## **Análisis Físico -Químico**

Realizados en el **Instituto de Investigaciones Tecnológicas de la Universidad de Guayaquil** donde se consideró los siguientes parámetros:

- Humedad (Evaporación)
- Cenizas (Calcinación)

## **Análisis Microbiológico**

Elaborados en el **Instituto de Investigaciones Tecnológicas de la Universidad de Guayaquil y Laboratorios AVVE** donde se tomaron en consideración los siguientes microorganismos:

- Escherichia Coli (Método Petrifilm 3M)
- Levaduras y Mohos (Método Petrifilm 3M)
- Aerobios Mesófilos (Método Petrifilm 3M)
- Coliformes (Método Petrifilm 3M)
- Salmonella (Detección molecular AOAC 031208)

Los resultados de los análisis se encuentran en el **Anexo G**.

## **Parámetros de acuerdo a las variables**

En base a la experimentación realizada, se determinó los parámetros utilizados para controlar los rendimientos de extracción de la Albahaca (*Ocimum basilicum*

L.) (*Ocimum basilicum L.*), así como para la obtención de la especia alimentaria son:

- Humedad del polvo de Albahaca (*Ocimum basilicum L.*).
- Control de la temperatura de operación (Secado, Lixiviación y Destilación)
- Control del tiempo de operación.
- Granulometría de la especia alimentaria.

## Experimentación (Diseño)

La albahaca (*Ocimum basilicum L* seleccionada del género *Ocimum*, se usó para la obtención de sustratos (extractos aceitosos provenientes de las operaciones unitarias de lixiviación y destilación), ensayos fitoquímicos, medición de antioxidantes y elaboración de una especia alimentaria acorde a la **NTE INEN 2532:2010**.

## Equipos y Materiales.

Los materiales, equipos, sistemas y sustancias utilizados durante las distintas etapas de experimentación de obtención de los sustratos y la especia alimentaria se mostrarán a continuación:

Tabla 11: Equipos y sistemas usados para la obtención de los sustratos de Albahaca (*Ocimum basilicum L.*) (*Ocimum basilicum L.*)<sup>(1)</sup>

OPERACIÓN O MÉTODO APLICADO.	EQUIPOS, SISTEMAS UTILIZADOS.
------------------------------	-------------------------------

Secado por calor.	Estufa.
Secado por enfriamiento.	Refrigeradora <sup>(2)</sup>
Molienda.	Molino de Disco
Lixiviación.	Equipo de Extracción sólido-Líquido <sup>(3)</sup>
Destilación.	Rotavapor. Sistema de Hidrodestilación <sup>(4)</sup>
Medición de DPPH <sup>(5)</sup>	Espectrofotómetro Genesys 10.

(1) Se utilizó las hojas de albahaca en buen estado (mínima o nada presencia de enfermedad, plaga o deterioro físico-químico)

(2) Se usó este "equipo", debido a que no existía la facilidad de un liofilizador, no obstante cumplió con las expectativas de secado.

(3) Es un sistema armado en laboratorio que consta de los siguientes materiales: Tubo refrigerante, balón de calentamiento, tubo extractor Soxhlet.

(4) Es un sistema armado en laboratorio que consta de los siguientes materiales: Tubo refrigerante, balón de calentamiento, Tubo destilador Clevenger.

(5) Se utilizó los sustratos de albahaca obtenidos por lixiviación y destilación.

**Tabla 12: Materiales utilizados durante la experimentación.**

MATERIALES
<ul style="list-style-type: none"><li>• Cubeta de Espectrofotómetro</li><li>• Matraz Aforado.</li><li>• Frasco de color Ámbar.<ul style="list-style-type: none"><li>• Gradilla.</li></ul></li><li>• Tubos de ensayo.</li><li>• Vaso de precipitación</li><li>• Pipetas: automáticas, graduadas y aforadas.</li><li>• Embudo de vidrio.</li><li>• Soporte universal.</li><li>• Aro metálico.</li><li>• Balanza digital.</li></ul>

**Tabla 13: Reactivos y sustancias utilizados durante la experimentación.**

REACTIVOS Y SUSTANCIAS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Metanol (99,8%)</li><li>• Agua Acidulada (5%)</li><li>• Agua destilada.</li><li>• Agua potable.</li><li>• Radical In vitroDPPH</li><li>• Agua Destilada.</li><li>• Reactivo de Fehling A y B.<ul style="list-style-type: none"><li>• Cloroformo.</li><li>• Anhídrido Acético.</li><li>• Ácido Sulfúrico.</li><li>• Ácido Sulfúrico.</li><li>• Reactivo de Dragendorff.</li></ul></li><li>• Tricloruro Férrico al5%</li><li>• Solución Salina (0,9%).</li><li>• Cinta de Magnesio</li><li>• Alcohol Amílico.</li></ul>

## Ingeniería de Procesos

En la obtención de sustratos para la medición de antioxidantes y la elaboración de la especia alimentaria, se describen las siguientes etapas:

- Operaciones preliminares.
- Operaciones durante el proceso.
- Operaciones finales.

### Operaciones Preliminares.

Son procesos físicos aplicados para la obtención del polvo de Albahaca (*Ocimum basilicum L.*); y fundamentales para la medición de antioxidantes de los sustratos de esta planta.



## **Selección de la materia prima.**

La materia prima escogida, fue comprada en los mercados locales de la urbe (Mercado 10 de Agosto y Mercado de Monte Bello); y consecuentemente se procedió a la selección de las fracciones que se usarían de la planta. De la materia prima comprada solo se usó las hojas en buen estado (mínima o nada presencia de enfermedad, plaga o deterioro físico-químico) para evitar problemas de contaminación.

## **Lavado.**

Limpieza con abundante agua para asegurar un lavado profundo, evitando con esto la presencia de microorganismos no deseados de las hojas previamente seleccionada.

## **Secado.**

Es un proceso térmico de pérdida de humedad; expresado como la cantidad de agua extraída o retirada del material. Este proceso físico de pérdida de humedad, es fundamental para la obtención de la especia alimentaria y los extractos por lixiviación. En el caso particular de esta investigación, se realizó el secado manteniendo a una temperatura constante de 50 °C la estufa durante 28 horas continuas. Paralelamente otra muestra se la llevó al secado frío a una temperatura constante de 5,5°C.

## **Molienda.**

Operación unitaria aplicada para la reducción de tamaño de la muestra; mejorando así los rendimientos por lixiviación y la apariencia de la especia alimentaria.

## Operaciones durante el proceso.

### Destilación.

Es una operación unitaria que permite la separación de los componentes volátiles de una mezcla heterogénea basada en la diferencia de puntos de ebullición. El aceite esencial de albahaca (*Ocinumbasilicum*L.), obtenido por hidrodestilación, se usó en la determinación de la capacidad antioxidante de esta planta. A diferencia de la lixiviación, en esta operación unitaria no requiere que la materia prima esté libre de humedad.

La hidrodestilación consiste en usar una materia prima con características aromáticas (plantas, frutas y semillas) en contacto con un solvente (generalmente agua) a su temperatura de ebullición. En el caso de la albahaca (*Ocinum basilicum* L.) el tiempo de operación sería extenso (4-5 horas), finalizando cuando la mayor parte del solvente se haya evaporado <sup>(1)</sup>.

### Lixiviación.

Para la obtención de los extractos (metanólicos y acuosos), es necesario aplicar el proceso físico de lixiviación.

El procedimiento de extracción consiste en calentar el solvente (metanol 99,8% y agua acidulada 5%) hasta su punto de ebullición mediante una manta de calentamiento <sup>(2)</sup>. Los vapores del solvente se condensan debido al sistema de enfriamiento incorporado. A medida que avanza la operación, existirá un contacto íntimo entre el solvente condensado y el polvo de albahaca (*Ocinum basilicum* L.) cargado en el extractor <sup>(3)</sup>.

(1) Se usó una manta de calentamiento al 60% de su capacidad debido a que el solvente usado era agua, luego se lo bajó a 50% para evitar arrastre de materia prima.

(2) Para evitar problemas de reflujo espontáneos (innecesarios), solo para la etapa inicial se moderó la emisión de calor por parte de la manta a un 60% para agua acidulada y un 50% para metanol, posterior a ello se bajó a 50% y 40% respectivamente.

(3) En esta parte del proceso es donde existe la extracción de los metabolitos primarios y secundarios de la albahaca (*Ocinum Basilicum* L.), notándose cualitativamente en la coloración del reflujo la presencia de dichos componentes.

Conforme pasa el tiempo de operación (2-3 horas), empezará a segregarse un extracto que se dirigirá al balón de calentamiento como reflujo del proceso<sup>(4)</sup>. La operación se da por terminada cuando el reflujo tiene la coloración del solvente.

Para el cálculo del rendimiento de extracción, se usó el contenido de sustrato obtenido (aceite no esencial) con relación a la carga de la materia prima en el extractor.

## **Filtración.**

Esta operación unitaria se aplicó para la remoción de los sólidos suspendidos que puedan estar inmersos en el extracto lixiviado, así como ácidos grasos y ceras; los cuales intervienen en las características físicas del sustrato.

## **Recuperación del solvente.**

El solvente inmerso en el extracto lixiviado se recuperó utilizando un “rotavapor” que opera bajo las siguientes condiciones:

- Temperatura de operación: 68°C y 120°C
- Vacío de bomba: 0,4 bar y 0,5 bar
- Revoluciones: 40 RPM.

El solvente recuperado sirvió para medir las pérdidas durante el proceso; mientras con el sustrato obtenido en el balón de carga de alimentación del rotavapor, se realizó análisis fotoquímico, medición de la capacidad antioxidante y el cálculo respectivo del rendimiento de la extracción sólido-líquido.

(4) De acuerdo a la cantidad de materia prima y solvente dependerá las etapas de extracción. Cada reflujo formado significará una etapa de extracción.

## **Maceración.**

Es una operación de extracción sólido-líquida, que opera bajo el régimen batch ó discontinuo. A diferencia de la lixiviación, en este proceso no se aplica calor para la obtención de los extractos; solamente se necesita que el solvente interactúe con la materia prima en un tiempo establecido (24, 48,72 horas).

La obtención del extracto, se realizó mediante la inmersión de las hojas frescas seleccionadas en metanol puro (99.8%) en proporción 1:10. La finalidad de realizar lixiviación y maceración en esta investigación, fue determinar cuantitativamente la variación de antioxidantes existentes entre unas muestras secas y frescas.

## **Operaciones finales.**

### **Medición de la capacidad antioxidante.**

El método de DPPH (2,2-Difeni-1-picrilhidrazilo) determina el porcentaje de inhibición existente del radical in vitro con relación a una muestra preparada de un sustrato seleccionado, que contiene antioxidantes. Dependiendo de la cantidad de antioxidantes que tenga la muestra y de su agresividad <sup>(5)</sup> ante el radical in vitro, será establecida la cantidad de microlitros ( $\mu$ l) usados para la experimentación y el porcentaje de inhibición a un tiempo determinado. Para la obtención de los datos de porcentaje inhibición se usó el espectrofotómetro Genesys 10.

Antes del uso de este equipo se debe calibrar y hacer un test para la curva estándar, la cual se muestra en la **Tabla E.10**. Después de la calibración a 517 nanómetros (nm), se procedió a cargar 2 ml de DPPH en una cubeta espectrofotométrica al equipo y posteriormente se adicionó las alícuotas de las muestras preparadas (15 y 25  $\mu$ l respectivamente), rápidamente se cerró la cubierta del equipo para su medición.

### **Tamizaje fotoquímico.**

Es una serie de ensayos que permite determinar de manera cualitativa los componentes de un sustrato determinado.

En el presente estudio basados en (**Miranda Martínez, 2012**) se realizó el tamizaje fotoquímico a los sustratos con mayor capacidad antioxidante. Dentro de los ensayos se encuentran los siguientes: Ensayo de Fehling: Compuestos Reductores; ensayo de Liebermann-Burchard: triterpenos y esteroides; ensayo de espuma: saponinas; ensayo de Resinas; ensayo de Dragendorff: Alcaloides; ensayo de Cloruro Férrico: Compuestos Fenólicos; ensayo de Shinoda: Flavonoides.

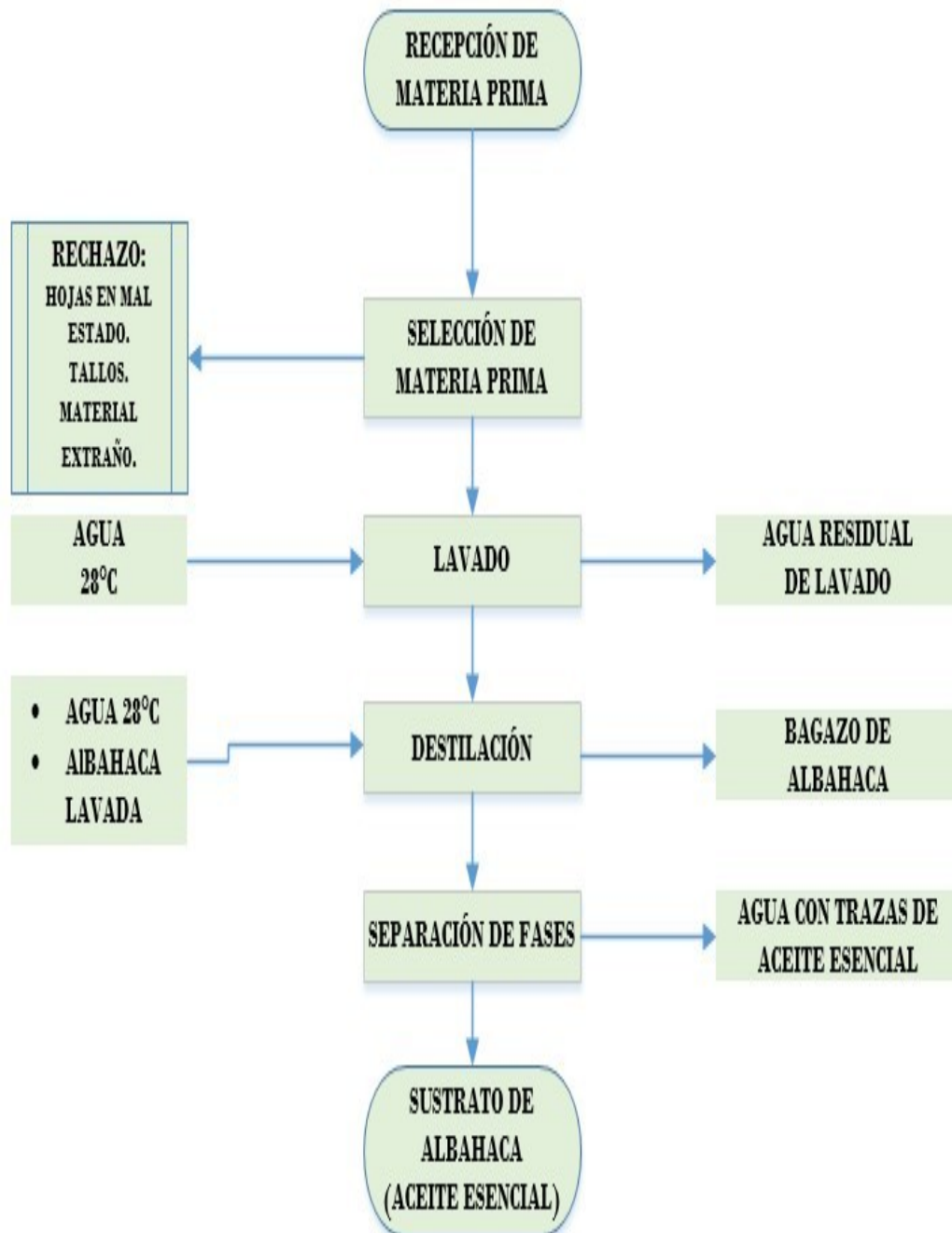
### **Envasado de especia alimentaria.**

Es un proceso sencillo de llenado (envase de vidrio) de Albahaca (***Ocimum basilicum L.***) deshidratada y molida Posterior a ello se realiza el etiquetado correspondiente.

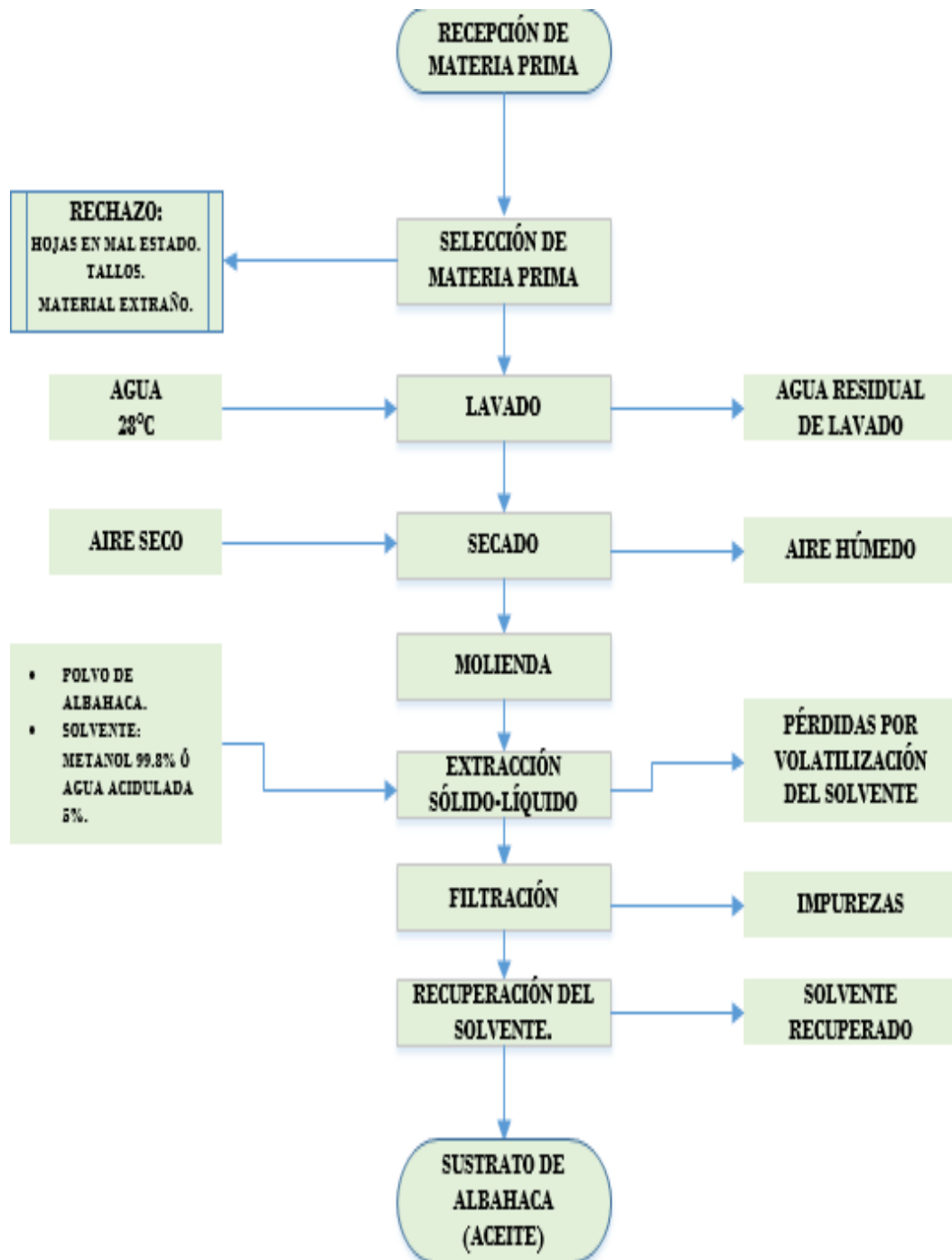


## Diagrama de flujo de procesos.

**GRÁFICO 2: DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL SUSTRATO DE ALBAHACA (*OCINUM BASILICUM L.*) POR DESTILACIÓN.**

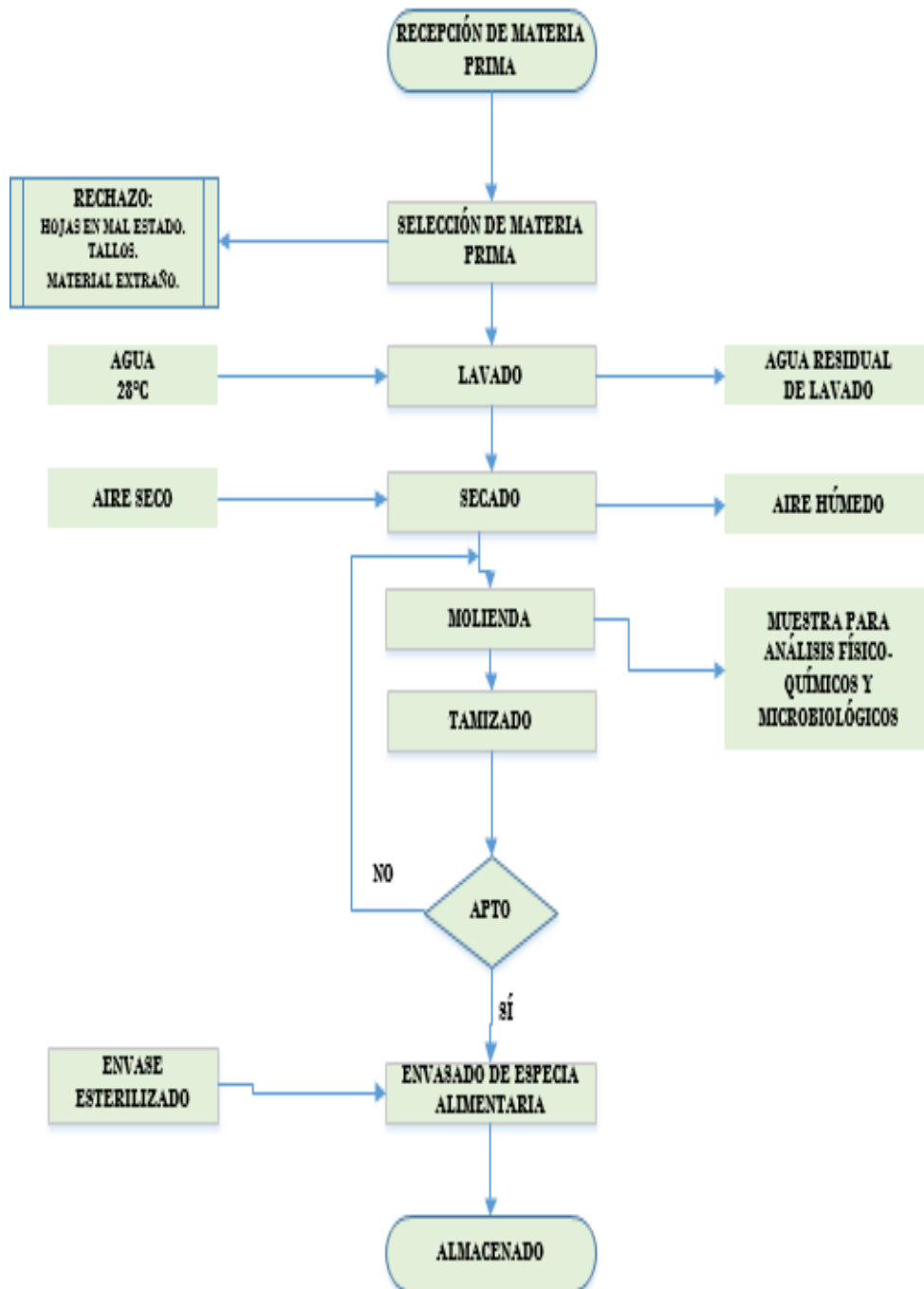


**GRÁFICO 3: DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL SUSTRATO DE ALBAHACA (*OCINUM BASILICUM L.*) (*Ocinum basilicum L.*) POR LIXIVIACIÓN.**





**GRÁFICO 4: DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE UNA ESPECIA ALIMENTARIA A PARTIR DE LAS HOJAS DE ALBAHACA (*OCINUM BASILICUM L.*) (*Ocinum basilicum L.*).**



## Diagrama por equipo de procesos.

El layout para los distintos procesos mencionados en los diagramas de flujo, se encontrará en el **Anexo F**.

## Análisis y discusión de los resultados.

### Balance de materia.

La nomenclatura usada en este apartado se encuentra en el **Anexo A**.

### Balance de masa de selección de materia prima.

La materia prima adquirida se clasificó, teniendo como prioridad, hojas frescas y en buen estado para su posterior uso correspondiente (sustratos y especia alimentaria).

En las primeras experimentaciones se utilizó una pequeña cantidad de materia prima proveniente del “**Mercado 10 de Agosto**” para la obtención de los extractos. La materia prima para la elaboración de la especia alimentaria y de sus respectivos análisis, se adquirió en el “**Mercado de Monte Bello**”. El balance es el siguiente:

$$E = S$$

Balance de Materia de 1109 g de Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) fresca:

$$E = S + A$$

$$1109 \text{ g MP} = 373,6 \text{ g H} + 344,4 \text{ T} + 391 \text{ g R}$$

$$1109 \text{ g E} = 1109 \text{ g S}$$

Balance de Materia de 291,8 g de Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) fresca:

$$E = S + A$$

$$291,8 \text{ g MP} = 112,8 \text{ g H} + 102,13 \text{ T} + 76,87 \text{ g R}$$

$$291,8 \text{ g E} = 291,8 \text{ g S}$$

### Balance de masa de lavado de materia prima.

En este proceso, solo se realizó una inmersión de la materia prima seleccionada en agua con un recipiente transparente de capacidad de cuatro litros. Las primeras

experimentaciones presentaron pérdidas eran mínimas; por ende este cálculo solo reflejará las pérdidas del lavado para la especia alimentaria, mas no para los extractos.

Balance de Materia de 2000 g de Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) fresca.

$$\begin{aligned} E &= S+A \\ 2003 \text{ g } \mathbf{MP} + 4000 \text{ g } \mathbf{W} &= 3500 \text{ g } \mathbf{ML} + 2503 \text{ g } \mathbf{L} \\ 6003 \text{ g } \mathbf{E} &= 6003 \text{ g} \end{aligned}$$

### **Balance de materia de secado.**

El proceso de secado se llevó a cabo con algunas muestras y a distintas temperaturas. El balance es el siguiente:

$$E = S$$

A continuación se mostrará dos cálculos de secado (por calor y por enfriamiento), los demás serán tabulados directamente.

Balance de secado (por calor) de 112,8 g de materia prima.

$$\begin{aligned} E &= S \\ 112,8 \text{ g } \mathbf{MW} &= 13,8 \text{ g } \mathbf{MS} + 99 \text{ g } \mathbf{P} \\ 112,8 \text{ g } \mathbf{E} &= 112,8 \text{ g } \mathbf{S} \end{aligned}$$

Balance de secado (por enfriamiento) de 116 g de materia prima.

$$\begin{aligned} E &= S \\ 116 \text{ g } \mathbf{MW} &= 13 \text{ g } \mathbf{MS} + 103 \text{ g } \mathbf{P} \\ 116 \text{ g } \mathbf{E} &= 116 \text{ g } \mathbf{S} \end{aligned}$$

## **Balance de materia de molienda.**

En esta etapa se aumenta el área de contacto de las muestras secas y se verifica las pérdidas del proceso. El balance es el siguiente:

$$E = S$$

El balance a continuación mostrará las pérdidas (acumulación) que existe por esta operación unitaria.

Balance de molienda de 13,8 g de hojas secadas por calor.

$$E = S$$

$$13,8 \text{ g MS} = 13,5\text{g PS} + 0,3\text{g A}$$

$$13,8 \text{ g E} = 13,8 \text{ g S}$$

## **Balance de materia de la extracción sólido – líquido**

Para la obtención del sustrato de albahaca (*Ocimum basilicum L.*) se usó diferentes cantidades de muestras secas (entre 8 a 13 gramos) con 200 ml de solvente (metanol 99,8% y agua acidulada 5%) en cada batch.

El balance es el siguiente:

$$E = S + A + P$$

El primer paso para este balance es convertir a gramos los 200 ml del solvente mediante el uso de la densidad; para el caso del agua será 200 g y para el metanol 158,4 g (D= 0,792 g/ml).

Debido a que se realizaron algunas extracciones, solo se explicará el balance de dos de ellos y los demás serán tabulados directamente.

Balance de Materia de 13,5 g de Albahaca en polvo + 200 ml de metanol.

$$E=S+A+P$$

$$13,5 \text{ g PS} + 158,4 \text{ g D} = 9,9 \text{ g B} + 0,4 \text{ g A} + 26 \text{ g D} + 1,8 \text{ g P} + 133,8 \text{ X}$$
$$171,9 \text{ g E} = 171,9 \text{ g S}$$

Balance de Materia de 8,9 g de Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) en polvo + 200 ml de agua acidulada:

$$E= S+A+P$$

$$8,9 \text{ g MP} + 200 \text{ g D} = 5,6 \text{ g B} + 1 \text{ g A} + 48 \text{ g D} + 4 \text{ g P} + 150,3 \text{ X}$$
$$208,9 \text{ g E} = 208,9 \text{ g S}$$

### **Balance de materia de filtración.**

La operación de filtración se realizó previo a la recuperación del solvente y obtención del sustrato de albahaca (*Ocinum basilicum L.*) (***Ocinum basilicum L.***).

El balance utilizará la misma nomenclatura que en la anterior operación:

$$E= S+A+P$$

A continuación se mostrarán los balances de filtración de dos muestras, los demás serán tabulados directamente.

Balance de Materia de 133,8 g de extracto Metanólico.

$$E= S+A+P$$

$$133,8 \text{ g X} = 1 \text{ g A} + 3,6 \text{ g P} + 129,2 \text{ F}$$
$$132,8 \text{ g} = 132,8 \text{ g}$$

Balance de Materia de 150,3 g de extracto acuoso (agua acidulada 5%).

$$E= S+A+P$$

$$150,3 \text{ g X} = 0,1 \text{ g A} + 1,6 \text{ g P} + 148,6 \text{ F}$$
$$150,3 \text{ g} = 150,3 \text{ g}$$

## Balance de materia de recuperación de solvente.

En esta operación se obtuvo el sustrato de albahaca (*Ocinum basilicumL.*), y se recuperó parte del solvente usado durante el proceso de extracción. El balance es el siguiente:

$$E=S+A+P$$

A continuación se mostrará los balances de recuperación de solvente de dos muestras, los demás serán tabulados directamente.

Balance de Materia de 129,2 g de extracto metanólico filtrado.

$$E= S+A+P+X$$

$$129,2gX=1,2gA+1gP+126gR+1gX$$

$$129,2 g = 129,2 g$$

Balance de Materia de 148,2 g de extracto acuoso (agua acidulada 5%) filtrado.

$$E= S+A+P+ X$$

$$148, 2 g X = 1, 2 g A + 17 g P + 129 g S + 1 g X$$

$$148,2 g = 148,2 g$$

## Balance de materia de destilación por arrastre de vapor.

Para la obtención del aceite esencial de albahaca (*Ocinum basilicum L.*) se usó varios pesos de muestras frescas (entre 140 a 250 gramos) con 600 ml de agua en cada batch. El balance es el siguiente:

$$E= S+A+P$$

Se usará la misma nomenclatura aplicada en la operación unitaria de extracción - líquido.

### Balance de Muestra #1

$$\text{MP} + \text{D} = \text{B} + \text{D} + \text{X} + \text{A}$$

$$142 \text{ g MP} + 600 \text{ g D} = 141,27 \text{ g B} + 400 \text{ g D} + 0,73 \text{ g X} + 200 \text{ g A}$$

$$742 \text{ g E} = 742 \text{ g S}$$

### Balance de Muestra #2

$$\text{MP} + \text{D} = \text{B} + \text{D} + \text{X} + \text{A}$$

$$225 \text{ g MP} + 600 \text{ g D} = 223,87 \text{ g B} + 400 \text{ g D} + 1,13 \text{ g X} + 200 \text{ g A}$$

$$825 \text{ g E} = 825 \text{ g S}$$

## Balance de materia del envasado de la especia alimentaria.

La especia alimentaria fue envasada en frasco de 35 g cada una. Para la obtención de 5 frascos se presenta el siguiente balance:

$$\frac{15 \text{ g Albahaca seca (Ocinum basilicum L.)}}{1 \text{ frasco de especia}} \times 5 \text{ frascos} = 75 \text{ g de Albahaca}$$

Esta es la cantidad teórica necesaria de Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) (***Ocinum basilicum L.***) para el llenado de los seis frascos de la especia; no obstante en la práctica existe merma en el proceso de envasado, por tanto se aumentó un 5% de materia seca por dichas pérdidas.

## Balance de energía.

En el **Anexo B** se encontrará la nomenclatura utilizada en este apartado.

### Balance de energía de secado.

El calor removido de las hojas de albahaca (***Ocinum basilicum L.***), es el calor latente. La fórmula es la siguiente:

$$Q = m \cdot \lambda_{\text{vapor}}$$

Tabla 20: Balance de Energía de Secado

SECADO	CÁLCULO DEL CALOR LATENTE								
	T	W	I	I	V	V	L	Q	P
	(°C)	(g)	(h)	(s)	(KJ/mol)	(KJ/g)	(KJ/g)	(KJ)	(KJ/s)
POR CALOR	50	99	25,5	91800	40,656	2,258667	0,334	223,608	0,00244
	50	226	22	79200	40,656	2,258667	0,334	510,91	0,00645
POR ENFRIAMIENTO	-16,5	103	384	1382400	40,656	2,258667	0,334	205,697	0,00015
	5,5	215	96	345600	40,656	2,258667	0,334	485,613	0,00141
	5,5	38	48	172800	40,656	2,258667	0,334	84,7	0,00049

### Balancedeenergíadelproceso de extracciónsólido- líquido.

Debido a que existen algunas muestras, solo se mostrará un balance de energía:

Ecuación para el balance de energía del solvente en el balón de calentamiento.

**Q manta** = Q solvente (sensible + latente) + Q balón + Qp conducción y convección  
+ Q p radiación

En el **Anexo D** se encontrarán las respectivas capacidades caloríficas de este apartado al igual que cálculos para las curvas de secado.

Este balance de energía mostrará a continuación la cantidad de energía utilizada y disipada, al momento de utilizar metanol como solvente con un 40% de la capacidad de calefacción de la manta; en un tiempo de operación de una hora y media.

A continuación, se muestra el balance de energía del condensador del sistema de extracción sólido –líquido; cuando se usa el metanol como solvente, con el mismo tiempo de operación del anterior cálculo.



Ecuación para el balance de energía del sistema de enfriamiento:

Qg por el sistema de enfriamiento = Qp por el vapor del solvente

$$Mr * Cp * \Delta T - Qr = Mc * \lambda v$$

$$247,42 \text{ kg} * 4,187 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} * (30 - 29,5)^\circ\text{C} = 0,1308529 * 1104 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} + Qr$$

$$517,97377 \text{ KJ} - 144,4616 \text{ KJ} = Qr$$

$$373,51217 \text{ KJ} = Qr$$

## Balancedeenergíadelprocesodedestilación por arrastre de vapor

Ecuación para el balance de energía del solvente en el balón de calentamiento.

$$\begin{aligned} \mathbf{Q \text{ manta}} &= \mathbf{Q \text{ solvente (sensible + latente)}} + \mathbf{Q \text{ balón}} + \mathbf{Qp \text{ conducción y convección}} \\ &+ \mathbf{Q \text{ p radiación}} \end{aligned}$$

En este cálculo, se muestra el balance de energía del balón de calentamiento a un tiempo de operación de 3 horas con un 50% de la capacidad de calefacción de lamanta.

$$\begin{aligned} 300 \text{ watts} \left( \frac{\text{J}}{\text{s}} \right) * 0,50 * 10800 \text{ s} &= 350 \text{ g} * 0,8507 \frac{\text{J}}{\text{g} * ^\circ\text{C}} * (100 - 29)^\circ\text{C} \\ &+ 600 \text{ g} * 4,187 \frac{\text{J}}{\text{g} * ^\circ\text{C}} * (100 - 29)^\circ\text{C} + Mv * 2258,667 \frac{\text{J}}{\text{g}} + 0,75 \text{ Q manta} \end{aligned}$$

$$1620000 \text{ J} = 21139,895 \text{ J} + 178366,2 \text{ J} + Mv * 2258,667 \frac{\text{J}}{\text{g}} + 1,215 \text{ e}^6 \text{ J}$$

$$205493,905 \text{ J} = Mv * 2258,667 \frac{\text{J}}{\text{g}}$$

$$Mv = 90,9802 \text{ g}$$

## Resultados experimentales.

### Caracterización Taxonómica.

El personal del Herbario Guay, de la Facultad de Ciencias Naturales, de la Universidad de Guayaquil, confirmó que la muestra recolectada y con la que se realizó la investigación era *Ocinum basilicum L.*, del género *Ocinum* y de la familia *Lamiaceae*.

### Curvas de Secado.

Las temperaturas bajo las cuales se secó las distintas muestras de Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) fueron: 50 °C, 5,5°C y -16,5°C. Para el caso específico del secado por liofilización, los primeros nueve días se congeló la muestra a -16,5°C y para los días posteriores se procedió a cambiar la muestra al compartimiento del refrigerador; donde la temperatura promedio usada fue de 5,5°C.

GRÁFICO 5: Curva de secado por calor.

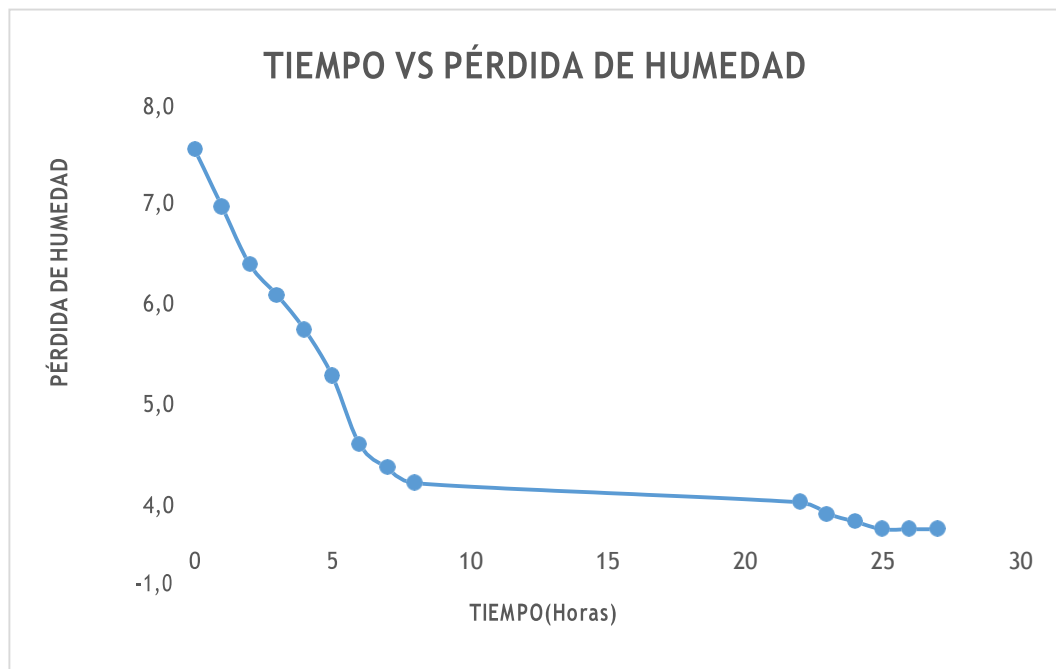
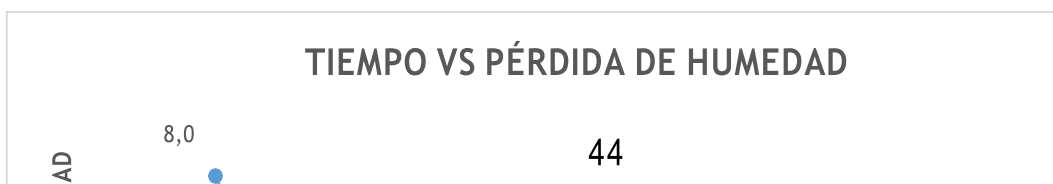
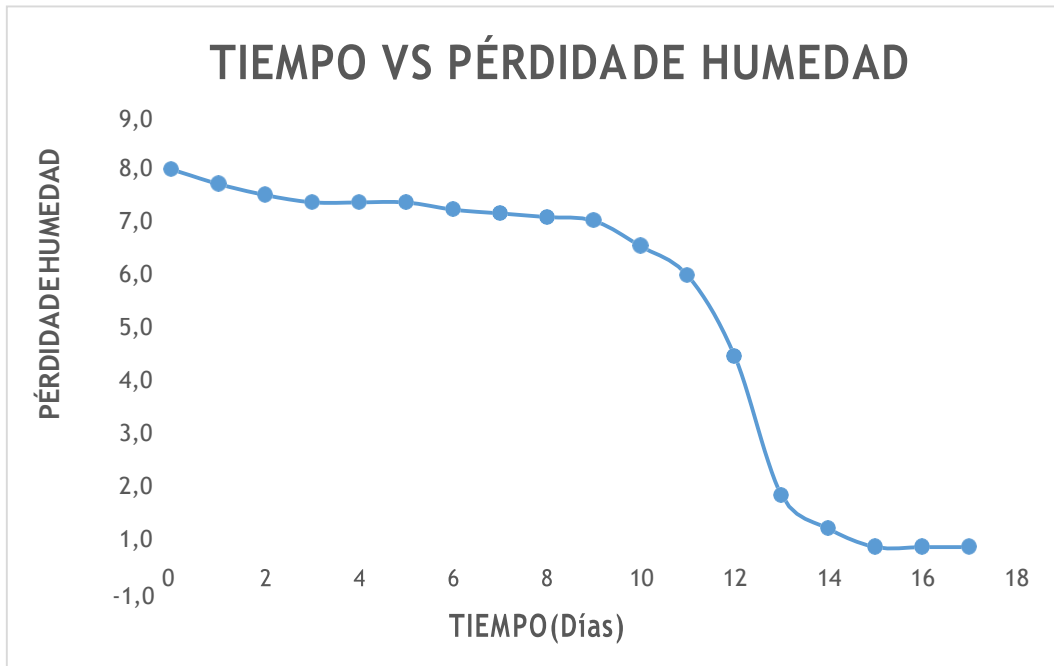


GRÁFICO 6: Curva de secado por enfriamiento.





**. GRÁFICO 7: Curva de secado por liofilización.**



## Resultados de operaciones finales.

### Capacidad antioxidante.

Las muestras a continuación fueron preparadas para medición de la absorbancia de los antioxidantes mediante en el equipo espectrofotométrico “Genesys 10” Las muestras analizadas son:

**Muestra A:** Aceite proveniente de la lixiviación de Albahaca (*Ocimum basilicum L.*) secada por calor con metanol puro (99,8%).

**Muestra B:** Aceite proveniente de la lixiviación de Albahaca (*Ocimum basilicum L.*) secada por calor con agua acidulada (5%)

**Muestra C:** Aceite proveniente de la lixiviación de Albahaca (*Ocimum basilicum L.*) secada por enfriamiento con metanol puro (99,8%).

**Muestra D:** Aceite proveniente de la lixiviación de Albahaca (*Ocimum basilicum L.*) secada por enfriamiento con agua acidulada (5%)

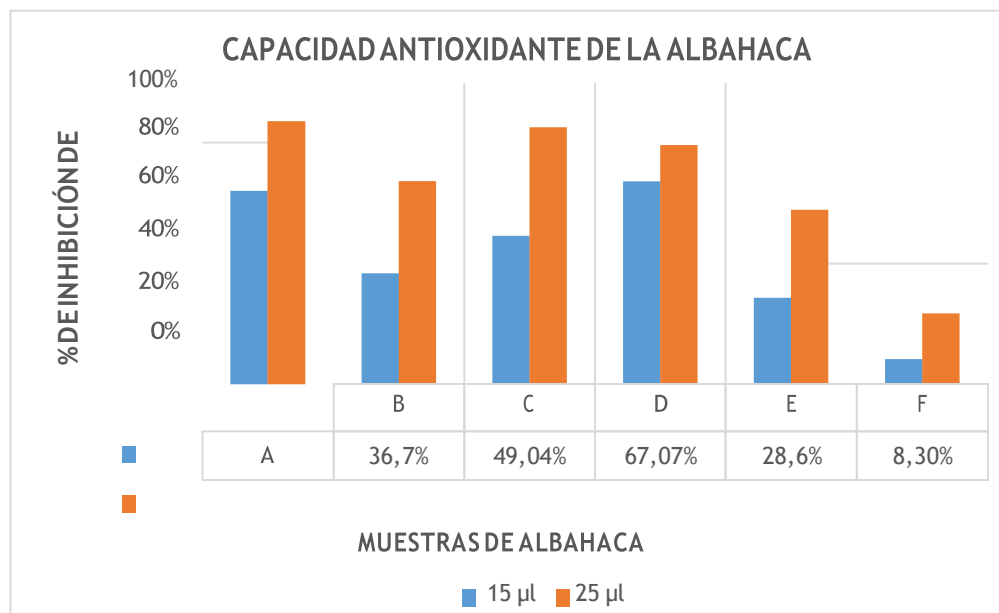
**Muestra E:** Aceite esencial.

**Muestra F:** Macerado de hojas frescas en metanol.

Cada análisis de muestra tiene un tiempo de residencia estándar de 870 segundos en el equipo (en este tiempo se generan los datos de absorbancia).

En la **Tabla 24** se encuentra un resumen de los resultados de la medición de la capacidad antioxidante de las muestras analizadas en el transcurso de este trabajo de investigación.

GRÁFICO : Capacidad antioxidante de muestras de Albahaca (*Ocinum basilicum*).



### Tamizaje fitoquímico.

La marcha fitoquímica solamente se realizó a los aceites con los resultados más altos a la inhibición de radicales libres.

La nomenclatura usada en la tabla siguiente es la misma encontrada en el **Anexo C**; en el cual se describe la marcha fitoquímica usada con una abreviatura sencilla de cada ensayo.

**Muestra B:** Aceite proveniente de la lixiviación de Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) secada por calor con agua acidulada (5%)

**Muestra C:** Aceite proveniente de la lixiviación de Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) secada por enfriamiento con metanol puro (99,8%).

**Muestra D:** Aceite proveniente de la lixiviación de Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) secada por enfriamiento con agua acidulada (5%)

**Muestra E:** Aceite esencial.

**Muestra F:** Macerado de hojas frescas en metanol.

Las curvas y datos de absorbancia; junto con sus porcentajes de inhibición se mostrarán

en el **Anexo E**.

En la **Tabla 24** se encuentra un resumen de los resultados de la medición de la capacidad antioxidante de las muestras analizadas en el transcurso de este trabajo de investigación.

## **Análisis de calidad de la especia alimentaria.**

Solo el análisis microbiológico de salmonella, se realizó en el Laboratorio AVVE, los demás se realizaron en el Instituto de Investigaciones Tecnológicas de la Facultad de Ingeniería Química.

## **Análisis e interpretación de resultados.**

En base a los datos obtenidos en esta experimentación y establecidos en el siguiente análisis:

### **Análisis de rendimiento de materia prima:**

La notable diferencia entre los rendimientos del Mercado “10 de Agosto” y “Monte Bello”, se debe principalmente a:

1. Materia prima fresca.
2. Materia prima con pocos rasgos de enfermedades, daños físico-químicos, ataque de insectos o vejez.
3. Deshojado tardío de la planta adquirida.
4. Lugar y condiciones de almacenamiento de la materia prima.

De acuerdo con la investigación realizada, el tiempo máximo de almacenamiento de la materia prima sin seleccionar es de 30 minutos y de hojas seleccionadas es de 6 horas desde su adquisición; posterior a ello la planta empieza a degradarse por condiciones naturales.

En el caso de la materia prima no deshojada, la degradación de la planta se acelera por mecanismos de transferencia de masa (sabia bruta y elaborada); ocasionando un bajo rendimiento en peso (8,35%) como se indica en la **Tabla E2**. Dentro de la investigación realizada se determinó el porcentaje de merma de selección de materia prima, el cual era equivalente a 16,2 % en hojas rechazadas. El rechazo es basado en el punto 2; el cual no es recuperable dentro del proceso.

#### **Análisis de rendimiento de secado:**

La pequeña variación existente entre el rendimiento promedio del secado por calor y por enfriamiento se debe a:

- Área de contacto de la planta.
- Tiempo de operación.
- Temperatura de operación.
- Estado funcional del equipo de secado utilizado.

Si el área superficial del material a secar no es adecuada (pequeña) y por el contrario es grande; existirán problemas relacionados con la transferencia de calor (conducción, convección y radiación); y por ende no existirá un correcto secado. Los tiempos de operación cambiarán debido al problema surgido por una inadecuada distribución de la materia a secarse.

En esta investigación se determinó que el secado por calor (50 °C) mantiene las características organolépticas típicas de una especia alimentaria, por otro lado al secar por enfriamiento (5,5°C) realza estas características (siendo esta cualidad apreciada por muchos consumidores); no obstante el costo energético y de producción de este proceso antes mencionado, encarece el precio del producto terminado.

### **Análisis de rendimiento de molienda:**

El rendimiento promedio obtenido en esta operación es alto. La diferencia no radica en el tipo de secado previo de las muestras; sino del tipo de molienda usada y de la acumulación por cada carga en el molino. En el caso particular de esta investigación, al usar un molino de disco, la disminución del tamaño de la materia seca fue tan eficiente, que las pérdidas existentes del proceso eran ocasionadas por el polvo de Albahaca (*Ocimum basilicum L.*) encontrado en el piso al término de la operación.

### **Análisis de rendimiento de lixiviación:**

El rendimiento obtenido por esta operación unitaria es muy bajo; a pesar de ello se puede notar una diferencia del 23,72 % entre los aceites obtenidos por lixiviación con metanol y las muestra secadas por calor (1,075%) y por enfriamiento (0,82%). Dentro de los resultados obtenidos también existen aceites provenientes de la lixiviación con agua acidulada y muestras secadas por calor (0,67%) y por enfriamiento (0,61%); las cuales tienen una diferencia del 8,9% entre los rendimientos.

Las características organolépticas de los aceites obtenidos por muestras secadas por enfriamiento son notablemente más intensas y agradables que los otros aceites mencionados.

### **Análisis de rendimiento de destilación:**

Según (DAZA, BENAVIDES, LÓPEZ, HOYOS, & IZQUIERDO, 2011), indica que los rendimientos en aceite esencial a partir de las hojas tiernas y viejas de Albahaca (*Ocimum basilicum L.*) fueron de 0,111 % y 0,139% respectivamente; al igual que (Briseño Ruiz , Aguilar García , & Villegas Espinoza , 2013), el cual indica un rendimiento en peso de aceite esencial entre 0,3% y 0,4 % de la planta recién cultivada. El rendimiento promedio obtenido (0,505 %) en esta experimentación fue superior a los mencionados anteriormente.

### **Análisis de las curvas de secado:**



En base a los datos obtenidos en esta experimentación y representados en las gráficas **D2, D3 y D4**, surge el siguiente análisis:

La gráfica **D2**, denota la tendencia decreciente de pérdida de humedad por parte de las hojas de Albahaca (*Ocimum basilicum L.*), al aplicarle calor a una temperatura estándar de 50°C. El punto crítico de secado es al tiempo de 22 horas y humedad en base seca de 0,5077 g agua/g materia seca; luego del cual pasado 5 horas, la muestra queda seca e idónea para cualquier post-proceso.

La gráfica **D3**, demuestra el comportamiento de secado por enfriamiento a una temperatura de 5,5°C, por parte de la materia prima utilizada en un lapso de 10 días. El punto crítico de secado es al tiempo de 5 días y humedad en base seca de 1,0233 g agua/g materia seca; luego del cual pasado 5 días, la curva de secado se muestra constante y por tanto el proceso de secado culminado.

La gráfica **D4**, refleja dos comportamientos presentes en esta operación unitaria: la pérdida constante de humedad (7,2308 g agua/g materia seca) desde el tercer día hasta el quinto, y la pérdida súbita de humedad desde el término de la congelación de las hojas (6,8462 g agua/g materia seca) al noveno día; hasta el punto crítico del secado por evaporación (1,0769 g agua/g materia seca) al treceavo día.

Desde el punto de vista de economía energética, el proceso de liofilización es rentable debido a que la cantidad de energía necesaria para secar la muestra de Albahaca (*Ocimum basilicum L.*) es de 0,1488 W tal como lo indica la **Tabla 4.7**; usando solamente el 0,1033% de la capacidad total de energía del equipo usado. A pesar de que este tipo de secado se lo realiza en un tiempo extenso (en este caso 17 días), las características organolépticas se intensifican; siendo una opción adecuada para la elaboración de una especia alimentaria.

El secado (50°C) aplicado a las hojas de Albahaca (*Ocimum basilicum L.*) es el mejor desde el punto de vista de tiempo de operación y consumo energético; debido a que usando solamente el 0,122 % de la capacidad total del equipo utilizado, se obtiene una muestra seca, cercana a la humedad requerida por la **NTE INEN 2532:2010 - Especias y Condimentos**.

Entre una de las características importantes de este tipo de secado, es que

mantiene un fuerte aroma, y otras características organolépticas típicas de una especia alimentaria.

### **Análisis de los resultados de capacidad antioxidante:**

La capacidad antioxidante encontrada por parte de la **Muestra F (fresca)**, da entender que la relación existente entre los microlitros ( $\mu\text{l}$ ) utilizados para este ensayo, no es directamente proporcional. Al usar 15  $\mu\text{l}$  de muestra, la actividad antioxidante fue del 8,30%; si la relación hubiese sido directamente proporcional al usar 25  $\mu\text{l}$  debió haber existido un porcentaje de inhibición de 13,83%, no obstante la realidad fue otra, debido a que se obtuvo alrededor de tres veces más inhibición de radicales libres.

Las muestras provenientes de la lixiviación con metanol (**A y C**), evidencian una capacidad antioxidante mayor a las demás muestras extraídas con agua acidulada (**B y D**), al usar 25  $\mu\text{l}$  en la experimentación.

Dentro de la investigación, existe una diferencia notable entre el porcentaje de inhibición (36,7% y 67,07%) de las muestras (**B y D**) a 15  $\mu\text{l}$ ; siendo su aceite extraído por el mismo solvente, pero con un tratamiento térmico diferente de su materia prima.

El aceite esencial (**Muestra E**), al igual que la **Muestra F (fresca)**, manifiesta una relación inversamente proporcional; siendo su porcentaje más alto de inhibición (57,26%), pero en comparación con las muestras por lixiviación fue el más bajo .

### **Análisis de los resultados de ensayo fitoquímico:**

De acuerdo a los porcentajes de inhibición a los radicales libres, obtenidos en esta experimentación, se procedió a caracterizar de manera cualitativa, los compuestos presentes en las muestras con mayor capacidad antioxidante; siendo estas la muestra A y C respectivamente. Los compuestos encontrados al realizar este ensayo fueron para la muestra A los siguientes: compuestos reductores, triterpenos y esteroides, saponinas, resinas, alcaloides, fenoles (taninos del tipo pirocatecólicos); y para la muestra C solamente: saponinas, alcaloides, fenoles (taninos del tipo pirocatecólicos) y flavonoides (flavonas).

## **Análisis de resultados fisicoquímicos y microbiológicos, realizados a de la especia alimentaria.**

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, nos dan una resultado preciso de la calidad alimentaria de un producto. Conociendo los puntos de control de calidad dentro de la norma, se priorizó el control de la contaminación directa y cruzada, que puede existir después del proceso de secado.

Según lo establece los resultados de la tabla 4.3.4.3.1 y 4.3.4.3.2, las muestra analizadas para los ensayos de calidad, de la especia alimentaria se encuentran conforme, en base a lo dictaminado en la **NTE INEN 2532:2010- Especies y Condimentos. Requisitos.**



## CONCLUSIONES

- Se alcanzó el objetivo inicial al determinar el nivel de antioxidantes de la planta. Al aplicar las operaciones unitarias de lixiviación y destilación por arrastre de vapor; se obtuvieron las cantidades promedio de 1 g aceite/ 13 g de M.S. y 1,13 g aceite esencial/ 600 g.
- La capacidad antioxidante de las muestras utilizadas para el ensayo, fueron cuantificadas; determinándose un alto poder inhibitorio a los radicales libres de: 87% y 84,9%.
- La lixiviación por su fácil operación, se constituyó en la herramienta que permitió obtener los mejores resultados.
- Aplicando la **NTE INEN 2532:2010**, se obtuvieron las hojas deshidratadas de Albahaca (*Ocimum basilicum L*), con todo su potencial antioxidante.



## BIBLIOGRAFÍA

- Alipi, A. M., & Pichardo, J. M. (23 de 07 de 2009). *www.conabio.gob.mx*. Obtenido de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/lamiaceae/ocimum-micranthum/fichas/ficha.htm>
- Ángeles Carvajal, A. (2013). *La nutrición en la Red*. Obtenido de Universidad Complutense de Madrid: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-28-cap-14-alimentos.pdf>
- Braca, A. (2008). Estudio Químico Biológico de las Plantas Medicinales - Flora Ecuatoriana. *Curso Teórico Didáctico de la Escuela Politécnica del Ejército*. Ecuador.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. Recuperado el 16 de Febrero de 2016, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643895800085>
- Briseño Ruiz, S. E., Aguilar García, M., & Villegas Espinoza, J. A. (2013). *El cultivo de la Albahaca (Ocimum basilicum L.)*. Baja California Sur-México.
- Calderon, D. (2007). Extraction of the phenolic compounds from free tomato (solanum betaceum sent). *Tesis previa a la obtención del Título de Master of Science in Food Technology, Universidad Gent y Katholieke Universiteit Leuven, Gent*, pp 22-25.
- CORFO-Chile. (Abril de 2011). *Portal de antioxidantes*. Obtenido de Instituto de Nutrición y tecnología de Alimentos: <http://www.portalantioxidantes.com/antioxidantes/>
- DAZA, K., BENAVIDES, V., LÓPEZ, K., HOYOS, D., & IZQUIERDO, E. (2011). *Evaluación del rendimiento de extracción del aceite esencial en las hojas de Albahaca (Ocimum Basilicum L.) aplicando el método de hidrodestilación*. Universidad de Córdoba, Córdoba. Recuperado el 25 de 04 de 2016, de [https://es.scribd.com/doc/52848757/ARICULO-ACEITE-DE-ALBAHACA-\(OCINUM-BASILICUM-L.\)](https://es.scribd.com/doc/52848757/ARICULO-ACEITE-DE-ALBAHACA-(OCINUM-BASILICUM-L.))
- Dueñas Ricaurte, J. C. (2009). Extracción y caracterización de principios activos de estructura fenólica con propiedades antioxidantes y antibacterianas, a partir de residuos del aprovechamiento de la alcachofa.

- Dutra, R. C., Leite, M. N., & Barbosa, N. R. (18 de Abril de 2008). Cuantificación de los componentes fenólicos y actividad antioxidante de *Pterodon emarginatus* vogel semillas. *International Journal of Molecular Sciences*, 606-614. Recuperado el 15 de Febrero de 2016, de <http://www.mdpi.com/1422-0067/9/4/606/htm>
- García, J. J. (9 de Mayo de 2006). *ALMEDIAM*. Obtenido de Almería Medio Ambiente:  
[http://www.almediam.org/Amigos%20de%20Honduras/pagina15/Plantas\\_003.htm](http://www.almediam.org/Amigos%20de%20Honduras/pagina15/Plantas_003.htm)
- Geankopolis, C. J. (1998). *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias* (Vol. 3 Edición). México: COMPAÑÍA EDITORIAL CONTINENTAL, S.A. DEC.V.
- GUPTA, M. (1995). *270 Plantas Medicinales Iberoamericanas*. Santa Fé de Bogota-Colombia: Editorial Presencia Ltda.
- Henrik Balslev, H. (2008). *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador*. Quito.
- IMERI, A., KUPE, L., SHEHU, J., DODONA, E., BARDHI, N., & VLADI, V. (2014). ESSENTIAL OIL COMPOSITION IN THREE CULTIVARS OF OCIMUM L. IN ALBANIA. *ARCHIVES OF BIOLOGICAL SCIENCES*, 4. Recuperado el 15 de Febrero de 2016, de <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0354-4664/2014/0354-466414046411.pdf>
- Lopez Blancas, E., Martínez Damian, M. T., Colinas León, M. T., Bautista-Bañuelos, C., Martínez Solís, J., & Rodríguez Pérez, J. E. (30 de Junio de 2014). ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ENZIMÁTICA DE ALBAHACA (OCIMUM BASILICUM L.) 'ALMACENADA EN REFRIGERACIÓN. *Scientific Electronic Library Online*, 1-12. Recuperado el 30 de Enero de 2016, de <http://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v25n2/a04v25n2.pdf>
- Miranda Martínez, P. (2012). Curso teórico práctico "Productos naturales con interés agrícola y farmacológico". *Manual de tamizaje fitoquímico*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador. Recuperado el 25 de 02 de 2016
- National Nutrient Database for Standard Reference. (2000). *Agricultural Research Service*. Obtenido de United States Department of Agriculture:  
<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/293?fgcd=&manu=&lfacet=&format=&count=&max=35&offset=&sort=fg&qlookup=02044>



- Naveda González, G. F. (Marzo de 2010). Establecimiento de un proceso de obtención de extracto de ruda (*Ruta graveolens*), con alto contenido de polifenoles. Quito, Pichincha, Ecuador.
- OLMEDO ROMERO , R. I., ORELLANA LÓPEZ, G. D., & TENAS PÉREZ , A. M. (Marzo de 2003). Elaboración de una loción repelente a partir de los extractos y aceites esenciales de *Ocimum Micranthum* (Albahaca) y *Cymbopogon nardus* (Citronella). *Trabajo de graduación*. San Salvador, El Salvador: Universidad del Salvador.
- ORREGO ALZATE , C. E. (2008). ORREGO ALZATE , CARLOS EDUARDO ;. En C. E. ORREGO ALZATE, *Congelación y liofilización de alimentos* (pág. 57). Manizales-Colombia: OrregoA.C.E.
- Parzanese, M. (27 de Diciembre de 2015). *Tecnología para la Industria Alimentaria*. Obtenido de Ministerio de Agroindustria--Presidencia de la Nación:  
[http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha\\_03\\_Liofilizados.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_03_Liofilizados.pdf)
- PERRY, R. (2001). Manual del Ingeniero Químico. Tomo 1 6ta edición. México. Mc Graw.
- PERRY, R. T. (2001). Manual del Ingeniero Químico. México: McGraw Hill.
- Ramos Llica, Q., Castañeda, Castañeda, D., & Ibañez Vásquez, D. A. (2008). Evaluación de la capacidad antioxidante de plantas medicinales peruanas nativas e introducidas. *Revista Academica Peru Salud*, 15(1), 42-46. Recuperado el 16 de Febrero de 2016, de  
[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/rev\\_academia/2008\\_n1/pdf/a11v15n1.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/rev_academia/2008_n1/pdf/a11v15n1.pdf)
- Rojano, B. A., Gaviria, C. A., Gil, M. A., Saez, J. A., Schinella, G., & Tournier, H. (13 de Mayo de 2008). ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL ISOESPINTANOL. *VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 15(1), 173-181. Recuperado el 16 de 02 de 2016, de  
<http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v15n1/v15n1a21.pdf>
- S. Foust, A., A. Wenzel, L., W. Clump, C., Maus, L., & Bryce Andersen, L. (2006). Principios de Operación Unitarias. México: Compañía Editorial Continental.
- Touriño Eirin, S. (2009). Contribución al establecimiento de las bases científicas para el uso de las fracciones polifenólicas y fibra dietética antioxidante en la prevención del cáncer. 3-35. Catalunya, Barcelona, España. Recuperado el 11 de Febrero de 2016, de

[http://digital.csic.es/bitstream/10261/24459/1/Touri%C3%B1o\\_Sonia.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/24459/1/Touri%C3%B1o_Sonia.pdf)

Veerle Van den, E., & Cueva, E. (2008). Uso de Plantas como aditivos en la alimentación. En H. Henrik Balslev, *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador* (págs. 67-68). Quito.

Vega Marrero, G., Escandón, M., Soto, R., & Mendoza, A. (Octubre de 2012). *Instructivo técnico del cultivo de la albahaca (Ocimum basilicum L.) en Cuba*. Obtenido de [http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5178/albahaca \(Ocimum basilicum L.\).pdf](http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5178/albahaca%20(Ocimum%20basilicum%20L.).pdf)

Venereo Gutierrez, J. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 31(2), 126-133.



## **Anexo A- Nomenclatura de los balances de materia.**

### **Nomenclatura para las operaciones lavado y selección de materia prima:**

<b>E=</b> Entrada.	<b>R=</b> Hojas rechazadas.	<b>T=</b> Tallos.
<b>S=</b> Salida.	<b>MP=</b> Albahaca	<b>W=</b> Agua
<b>H=</b> Hojas	( <i>Ocinum basilicum L.</i> )	<b>L=</b> Agua de lavado.
	Fresca. <b>ML=</b> Hojas	
	lavadas.	

### **Nomenclatura para la operación secado y molienda:**

<b>E=</b> Entrada.	<b>MW=</b> Hojas Frescas lavadas.
<b>S=</b> Salida.	<b>A=</b> Acumulación.
<b>P=</b> Pérdida de Humedad.	<b>PS=</b> Polvo seco.
<b>MS=</b> Hojas secas	

### **Nomenclatura de las operaciones de lixiviación, filtración y recuperación de solvente:**

<b>E=</b> Entrada.	<b>PS=</b> Polvo seco	<b>MP=</b> Albahaca
<b>S=</b> Salida.	<b>A=</b> Acumulación	( <i>Ocinum</i>
<b>P=</b> Pérdidas por	<b>D=</b> Solvente.	<i>basilicum L.</i> ).
solvente.	<b>X=</b> Extracto.	<b>F=</b> Filtrado.
<b>B=</b> Bagazo.		<b>R=</b> Solvente
		recuperado

### **Nomenclatura de la operación de destilación por arrastre de vapor:**

<b>E=</b> Entrada.	<b>P=</b> Pérdidas por	<b>X=</b> Extracto.
<b>S=</b> Salida.	solvente.	<b>D=</b> Solvente.
<b>A=</b> Acumulación.	<b>B=</b> Bagazo.	

## Anexo B – Nomenclatura de los balances de energía.

### Nomenclatura de las operaciones de secado, lixiviación y destilación por arrastre de vapor:

**W**= Agua evaporada.

**T**= Temperatura de operación.

**V**= Landa de vapor.

**L**= Landa de fusión

**P**= Potencia Calorífica.

**Q**= Calor

**Q<sub>λ</sub>** = Calor latente

**Q<sub>p</sub>** = Calor perdido.

**Q<sub>g</sub>**= Calor ganado.

**Q<sub>r</sub>**= Calor que puede remover aun el sistema.

**M<sub>v</sub>**= Masa de

vapor.

**M<sub>b</sub>**= Masa del balón.

**M<sub>c</sub>**=Masa del condensado.

**M<sub>s</sub>**= Masa del solvente.

**M<sub>r</sub>** = Masa del refrigerante.

## **Anexo C-Tamizaje fitoquímico.**

### **Compuestos Reductores.**

**Ensayo de Fehling (EFE).**- Para ello, si la alícuota del extracto no se encuentra en agua, debe evaporarse el solvente en baño de agua y el residuo disolverse en 1-2 ml de agua. Se adicionan 2 ml del reactivo y se calienta en baño de agua 5-10 minutos la mezcla. El ensayo se considera positivo; si la solución se colorea de rojo o aparece precipitado rojo. El reactivo se prepara de la siguiente forma:

**Solución A:** Pesar 35 g de sulfato cúprico hidratado cristalizado y disolver con agua hasta un volumen total de 1000 ml.

**Solución B:** Pesar 150 g de tartrato de sodio y potasio y 40 g de hidróxido de sodio y disolver en agua hasta un volumen de 1000 ml. Las soluciones se tienen preparadas de forma independiente y se mezclan en igual cantidad de volumen de cada una de ellas justo en el momento de realizar el ensayo. Dicha mezcla es la que se adiciona a la alícuota a evaluar.

### **Triterpenos y esteroides.**

**Ensayo de Liebermann-Burchard (ELB).**- Para ello, si la alícuota del extracto no se encuentra en cloroformo, debe evaporarse el solvente en baño de agua y el residuo redisolverse en 1 ml de cloroformo. Se adiciona 1 ml de anhídrido acético y se mezcla bien. Por la pared del tubo de ensayos se dejan resbalar 2-3 gotas de ácido sulfúrico concentrado sin agitar. Un ensayo positivo se tiene por un cambio rápido de coloración:

- Rosado-azul muy rápido
- Verde intenso-visible aunque rápido.
- Verde oscuro-negro-final de la reacción.

A veces el ensayo queda en dos fases o desarrollo de color. Muy pocas veces puede observarse el primer cambio. El tercer cambio generalmente ocurre cuando el material evaluado tiene cantidades significativas de estos compuestos.

La reacción de **Liebermann-Burchard** se emplea también para diferenciar las estructuras esteroideas de los Triterpenoides, las primeras producen coloraciones azul ó azul verdoso, mientras que para las segundas se observa rojo, rosado o púrpura. Estas coloraciones pueden variar por interferencias producidas por carotenos, xantofilas y esteroideas saturados; que pueden estar presentes.

**IMPORTANTE:** Para realizar este ensayo no puede haber agua en el medio de la reacción pues ésta con el ácido sulfúrico reacciona de forma violenta y puede ocurrir un accidente.

### **Saponinas:**

**Ensayo de la espuma (ESP).**- Permite reconocer en un extracto la presencia de saponinas, tanto como del tipo esteroideal como triterpénica. De modo que si la alícuota se encuentra en alcohol, se diluye con 5 veces su volumen en agua y se agita la mezcla fuertemente durante 5-10 minutos. El ensayo se considera positivo si aparece espuma en la superficie del líquido de más de 2 mm de altura y persistente por más de 2 minutos.

**Ensayo de resinas (ERS).**- Para detectar este tipo de compuesto, adicione a 2ml de la solución alcohólica, 10 ml de agua destilada. La aparición de un precipitado, indica un ensayo positivo.

### **Alcaloides:**

**Ensayo de Dragendorff (EDR).**- Permite reconocer en un extracto la presencia de alcaloides, para ello, si la alícuota del extracto está disuelta en un solvente orgánico, este debe evaporarse en baño de agua y el residuo redisolverse en 1 ml de ácido clorhídrico concentrado, (calentar suavemente y dejar enfriar hasta acidez). Con la solución acuosa ácida se realiza el ensayo, añadiendo 3 gotas de reactivo de Dragendorff, si hay opalescencia se considera (+), turbidez definida (++) , precipitado (+++).

## Compuestos fenólicos.

**Ensayo del cloruro férrico (ECF).**- Si el extracto de la planta se realiza con alcohol, el ensayo determina tanto fenoles como taninos. A una alícuota de extracto alcohólico se le adicionan 3 gotas de una solución de tricloruro férrico al 5% en solución salina fisiológica (cloruro de sodio al 9% en agua).

- Desarrollo de una coloración rojo-vino, compuestos fenólicos en general.
- Desarrollo de una coloración verde intensa, taninos del tipo pirocatecólicos.
- Desarrollo de una coloración azul, taninos del tipo piro galotánicos.

## Flavonoides.

**Ensayo de Shinoda (ESN).**- Si la alícuota del extracto se encuentra en alcohol, diluir con 1 ml de ácido clorhídrico concentrado y un pedacito de cinta de magnesio metálico. Después de la reacción se espera 5 minutos, para posteriormente añadir 1 ml de alcohol amílico y mezcla las fases y se deja reposar hasta que se separen.

El ensayo se considera positivo, cuando el alcohol amílico se colorea de:

- Color naranja a rojo: Flavonas
- Color rojo carmín: Flavonoles y Flavononoles
- Color de carmín a magenta: Flavononas.

## Anexo D – Balances de energía.

### Cálculo de las capacidades caloríficas.

Primero se encontrará la capacidad calorífica de los solventes utilizados, posterior a ello la capacidad calorífica del balón usado.

### Cálculo de las capacidades caloríficas de los solventes.

Para este cálculo se usó la tabla #23 del capítulo de termofísica de Wattson:

Para este cálculo se realizó una interpolación:

$Cp\left(\frac{kcal}{kg \cdot C}\right)$	$T(^{\circ}C)$	
0,566	0	
$x$	29	$x = 0,6023 \frac{kcal}{kg \cdot C}$
0,616	40	$y = 2,5216 \frac{KJ}{kg \cdot C}$



### **Cálculo de la capacidad calorífica (cp.) del metanol:**

Para este cálculo se realizó una interpolación:

Se utilizó un factor de conversión (4,187 J= 1 cal) para llevarlos a unidades del sistema internacional (SI).

### **Cálculo de la capacidad calorífica (cp.) del agua:**

El calor específico del agua empleado fue de 4,187 KJ/kg\*°C.

### **Cálculo de la capacidad calorífica (cp.) del HCl:**

Para encontrar el calor específico del HCl (l) se usó la regla de Koop para líquidos, debido a que en tablas de capacidades caloríficas no se encontraba el HCl en fase líquida; solo en fase gaseosa.

#### **Regla de Koop**

H= 4,3; Cl= 8 ; HCl= 12,3 cal/ mol\*°C

Para llevarlo a unidades del sistema internacional se multiplico el valor encontrado para el peso molecular del ácido: 36,45 g/mol y para un factor de conversión.

$$Cp_{HCl} = (12,3 \text{ cal/ mol}^{\circ}\text{C}) * (36,45 \text{ g/mol}) * (4,187 \text{ J/cal}) = 1,413 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}.$$

### **Cálculo de la capacidad calorífica (cp.) del balón de calentamiento:**

Para encontrar el calor específico del balón de calentamiento se usó la regla de Koop para sólidos, debido a que es un balón del tipo.

#### **Regla de Koop**

Si = 3,8; O = 4; Otros= 6,2.

Para llevarlo a unidades del sistema internacional, se multiplico el valor encontrado para el peso molecular de cada compuesto y para un factor de conversión (4,187J= 1 cal).

$$PM_{SiO_2} = 60,08 \text{ g/mol}; PM_{CaO} = 56 \text{ g/mol}; PM_{Na_2O} = 61,98 \text{ g/mol}$$

**Tabla D1: Componentes y capacidad calorífica del balón de calentamiento.**

Porcentajes (%)	Componentes	Cp. (cal/mol*°C)	Cp. (cal/g*°C)
71-75	SiO <sub>2</sub>	11,8	0,1434
10-15	CaO	10,2	0,0228
12-16	Na <sub>2</sub> O	16,4	0,0370

El calor específico del balón es la sumatoria del calor específico de todos sus componentes multiplicado por sus respectivos porcentajes.

$$Cp. \text{ Balón} = (0,2032 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}) * (4,187 \text{ J/cal}) = 0,8507 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}.$$

### **Curvas de secado de las hojas de Albahaca (*Ocinum basilicum L*).**

En la realización de este trabajo de investigación se realizaron tres tipos de secado:

- Secado por calor.
- Secado por enfriamiento.
- Secado por liofilización.

Para el cálculo de la humedad(X) se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Humedad}(X) = \frac{\text{Peso de muestra húmeda} - \text{Peso de muestra seca}}{\text{Peso de muestra seca}}$$
$$\text{Humedad}(X) = \frac{112,8 \text{ g} - 13,8 \text{ g}}{13,8 \text{ g}} = 7,1739 \frac{\text{g Agua}}{\text{g Materia seca}}$$

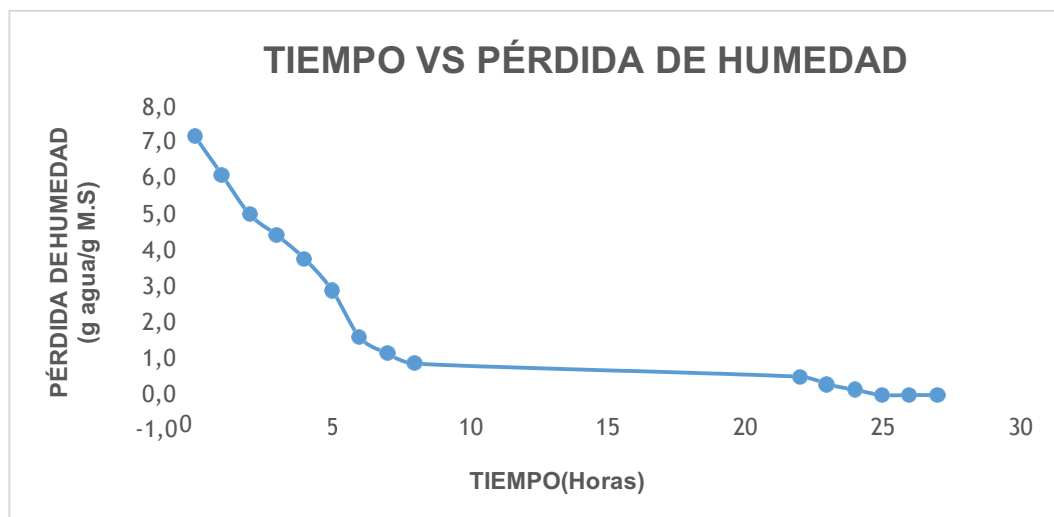
Para todas las tablas de secado se aplicó esta fórmula; y consecuentemente se obtuvo las curvas de secado correspondientes.

**Secado por calor:**

**Tabla D2: Contenido de humedad de muestra secada por calor.**

Horas	Peso de Albahaca (Ocimum basilicum L.)	Humedad (X)
(h)	(g)	(g agua/g M.S)
0	112,8	7,1739
1	97,8	6,0870
2	82,8	5,0000
3	74,8	4,4203
4	65,8	3,7681
5	53,8	2,8986
6	35,8	1,5942
7	29,8	1,1594
8	25,8	0,8696
22	20,8	0,5072
23	17,8	0,2899
24	15,8	0,1449
25	13,8	0
26	13,8	0
27	13,8	0

**Gráfica D2: Curva de secado por calor.**

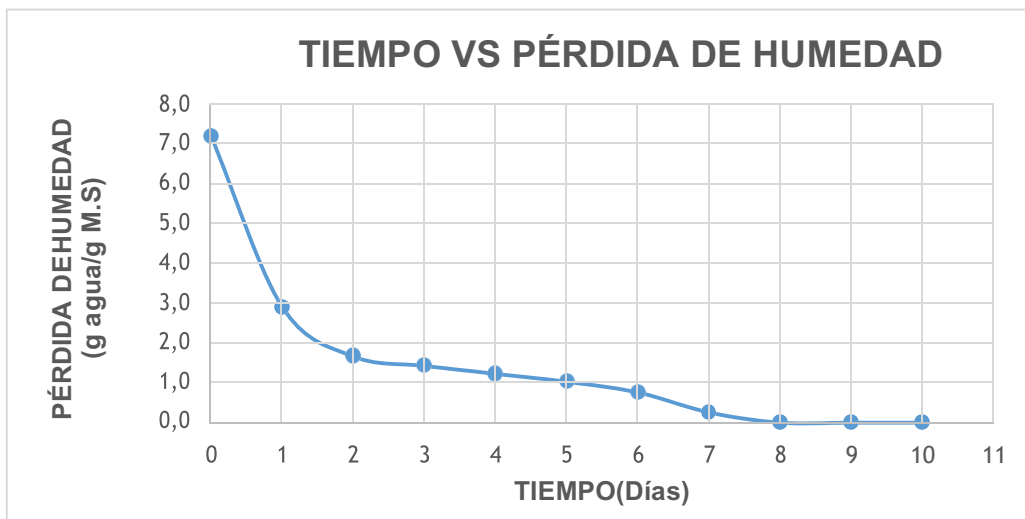


**Secado por enfriamiento:**

**Tabla D3: Contenido de humedad de muestra secada por enfriamiento.**

DÍAS	Peso de albahaca (Ocimum basilicum L.)	Humedad (X)
(d)	(g)	(g agua/g M.S)
0	245	7,1667
1	116,7	2,8900
2	79,7	1,6567
3	72,7	1,4233
4	66,7	1,2233
5	60,7	1,0233
6	52,7	0,7567
7	37,7	0,2567
8	30	0
9	30	0
10	30	0

**Gráfica D3: Curva de secado por enfriamiento.**



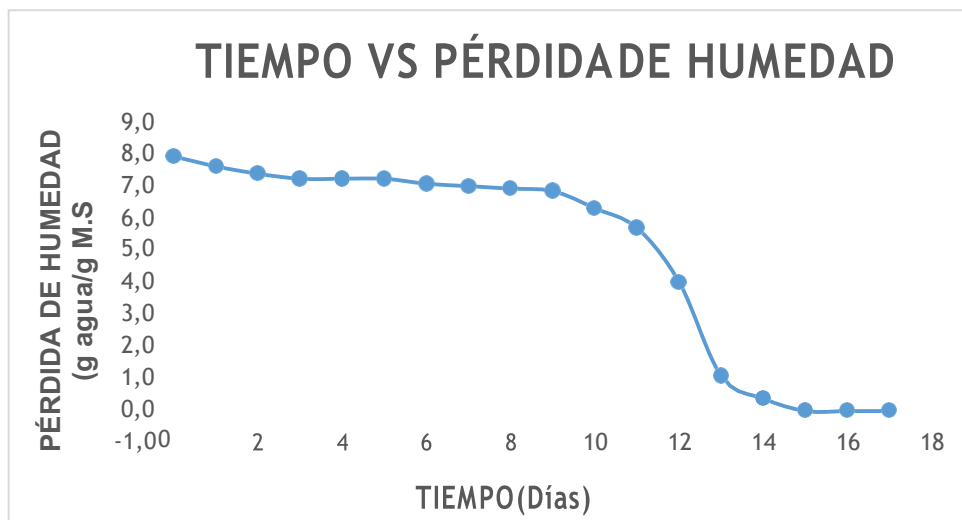
### Secado por liofilización:

Tabla D4: Contenido de humedad de muestra con aplicación de secado por liofilización <sup>(1)</sup>.

OPERACIÓN APLICADA	Día	Peso perdido	Humedad (X)
	(d)	(g)	(g agua/g M.S)
CONGELACIÓN	0	116	7,9231
	1	112	7,6154
	2	109	7,3846
	3	107	7,2308
	4	107	7,2308
	5	107	7,2308
	6	105	7,0769
	7	104	7,0000
	8	103	6,9231
	9	102	6,8462
SECADO POR ENFRIAMIENTO	10	95	6,3077
	11	87	5,6923
	12	65	4,0000
	13	27	1,0769
	14	18	0,3846
	15	13	0
	16	13	0
	17	13	0

(1) Se considera "liofilización", debido a que la muestra ha pasado por un proceso similar al de la operación unitaria mencionada; no obstante la muestra fue secada a pesar del prolongado tiempo de operación.

Gráfica D4: Curva de secado por liofilización.



## Anexo E- Rendimiento y mermas de proceso.

### Operaciones preliminares.

#### Rendimiento y mermas de selección de materia prima.

Los rendimientos de la materia prima usada para la obtención de los sustratos de albahaca (*Ocinum basilicum L.*) (Aceite y aceite esencial) y la especia alimentaria, variaran en base varios factores ya mencionados en el trabajo de investigación.

La nomenclatura utilizada para las operaciones preliminares se detalla a continuación:

#### Nomenclatura:

<b>C=</b> Rendimiento en peso.	<b>R=</b> Hojas rechazadas.	<b>MS=</b> Materia seca.
<b>H=</b> Hojas en buen estado.	<b>MP=</b> Albahaca ( <i>Ocinum basilicum L.</i> ) fresca adquirida.	<b>P =</b> Pérdida
<b>T=</b> Tallos separados.	<b>M=</b> Merma de Proceso.	<b>PS=</b> Polvo seco.

A continuación se mostrarán la nomenclatura y los cálculos respectivos para esta operación:

Rendimiento en peso de Albahaca (*Ocinum basilicum L*), adquirida en el “Mercado 10 de Agosto”:

$$C = \frac{H}{MP} * 100 \quad ; \quad C = \frac{374}{1109} * 100 = 33,72\%$$

$$M = \frac{R}{MP} * 100 \quad ; \quad M = \frac{391}{1109} * 100 = 35,26\%$$

$$M = \frac{T}{MP} * 100 \quad ; \quad M = \frac{344}{1109} * 100 = 31,02\%$$

Los demás cálculos serán tabulados a continuación:

**Tabla E1: Rendimientos y mermas del proceso de selección de materia prima.**

SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA	RENDIMIENTO		
	C-H	M-T	M-R
	(%)	(%)	(%)
Secado por calor	33,69	31,06	35,26
	38,66	35,00	26,34
Secado por enfriamiento	40,28	34,72	25,00
	39,82	24,78	35,40
	40,83	23,17	36,00
Destilación	38,17	26,88	34,95
	39,96	23,98	36,06

El promedio de rendimiento de las hojas en buen estado es de 38,77%, debido a que el tallo ni las hojas en mal estado se usaron en las operaciones indicadas en la **Tabla E1**.

Rendimiento en peso de Albahaca (*Ocinum basilicum L*), adquirida en el “Mercado de transferencia de víveres de Monte Bello”:

$$C = \frac{H}{MP} * 100 \quad ; \quad C = \frac{680}{1961} * 100 = 34,68\%$$

$$M = \frac{R}{MP} * 100 \quad ; \quad M = \frac{473}{1961} * 100 = 24,12\%$$

$$M = \frac{T}{MP} * 100 \quad ; \quad M = \frac{808}{1961} * 100 = 41,20\%$$

Los demás cálculos serán tabulados a continuación:

**Tabla E2: Rendimientos y mermas del proceso de selección de materia prima.** <sup>(1)</sup>

MP	T <sub>E</sub>	H	T	R	T <sub>S</sub>	C-H	M-T	M-R
(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	(%)	(%)
1866	1866	423	719	724	1866	21,56	39,29	39,15
1635	1635	474	623	538	1635	28,99	38,10	32,91
1961	1961	680	808	473	1961	34,68	41,20	24,12
4278	4278	1353	1688	1237	4278	31,63	39,46	28,92
3643	3643	876	1550	1417	3843	24,05	42,55	38,90
4355	4355	363,7	1397,3	2594	4355	8,35	32,08	59,56
2443	2443	971	1061	411	2443	39,75	43,43	16,82

(1) La diferencia de rendimientos es debido a la variación entre los tiempos de deshojado, en el caso del más bajo (8,35%) fue deshojado después de 12 horas de haberse adquirido; no obstante el deshojado de la materia prima con mayor rendimiento (39,75%) fue prácticamente de inmediato (30 minutos después de adquirida a los proveedores al por mayor en "Monte Bello").

### Rendimiento de la operación de secado.

En este apartado se encontrará el rendimiento del secado de la albahaca (*Ocinum basilicum L*) con relación a la cantidad de materia prima utilizada.

Rendimiento en peso del secado de Albahaca (*Ocinum basilicum L*).

$$C = \frac{MS}{MP} * 100 ; C = \frac{13,8}{112,8} * 100 = 12,23\%$$

Los demás cálculos serán tabulados a continuación:

**Tabla E3: Rendimiento de secado de la materia prima para lixiviación.**

SECADO	RENDIMIENTO	RENDIMIENTO
	MS-C	MS-C
	(%)	(%)
Secado por calor	12,23	13,03
	14,86	
	12,00	
Secado por enfriamiento	11,21	13,37
	12,24	
	16,67	



Para el caso de la materia prima usada para la especia alimentaria y sus respectivos análisis de calidad se obtuvieron los siguientes rendimientos a diferentes tiempos de operación.

Rendimiento en peso del secado de Albahaca (*Ocinum basilicum L*).

$$C = \frac{MS}{MP} * 100 \quad ; \quad C = \frac{116,3}{964} * 100 = 12,06\%$$

Los demás cálculos serán tabulados a continuación:

**Tabla E4: Rendimiento de secado de la materia prima para la especia alimentaria.** <sup>(1)</sup>

SECADO POR CALOR	RENDIMIENTO MS-C
TIEMPO DE SECADO	(%)
(días)	
1,33	12,06
2	12,75
3	8,78
2	10,43
10	12,86
<b>PROMEDIO</b>	<b>11,376</b>

(1) Los rendimientos encontrados varían en función de la humedad pérdida por día de secado y la temperatura aplicada.

### **Rendimiento de la operación de molienda.**

Esta operación se aplicó seguido de la obtención de la materia seca (por calor o enfriamiento); de los cuales se obtuvieron los siguientes rendimientos.

Rendimiento en peso de la molienda de Albahaca (*Ocinum basilicum L*).

$$C = \frac{PS}{MS} * 100 \quad ; \quad C = \frac{2}{240} * 100 = 99,17\%$$

**Tabla E5: Rendimiento de molienda de la materia prima para la operación de lixiviación.**

MOLIENDA	RENDIMIENTO			RENDIMIENTO PROMEDIO
	PS-C	PS-M	TOTAL	PS-C
	(%)	(%)	(%)	(%)
Secadas por calor	97,83	2,17	100,00	98,52
	98,55	1,45	100,00	
	99,17	0,83	100,00	
Secado por enfriamiento	96,15	3,85	100,00	97,05
	99,00	1	100,00	
	96,00	4	100,00	

Para el caso de la especia alimentaria los rendimientos en peso están dentro de los rendimientos mostrados en la tabla anterior. A continuación se muestra los cálculos respectivos:

$$C = \frac{PS}{MS} * 100 \quad ; \quad C = \frac{2}{240} * 100 = 99,17\%$$

Rendimiento en peso de la molienda de Albahaca (*Ocimum basilicum L*).

**Tabla E6: Rendimiento de molienda de la materia prima para la especia alimentaria.**

MOLIENDA	RENDIMIENTO		
	PS-C	PS-M	TOTAL
	(%)	(%)	(%)
Secadas por calor	99,40	0,60	100,00
	99,88	0,12	100,00
	99,32	0,68	100,00
	99,77	0,23	100,00
	99,05	0,95	100,00
	99,11	0,89	100,00
<b>PROMEDIO PS-C</b>	94,42		

## Operaciones durante el proceso.

### Rendimiento de la operación de lixiviación.

Los rendimientos obtenidos en este apartado están basados en el balance de materia del punto 4.1.5.

La nomenclatura utilizada se detalla a continuación:

#### Nomenclatura:

<b>C=</b> Rendimiento en peso.	<b>R=</b> Retención de sólidos.	<b>A=</b> Acumulación en el balón.
<b>M=</b> Merma de proceso.	<b>F =</b> Extracto filtrado.	<b>D=</b> Pérdidas por volatilización del solvente.
<b>M=</b> Materia prima	<b>I=</b> Impurezas del extracto.	<b>L=</b> Recuperación de solvente.
<b>E=</b> Extracto lixiviado.	<b>X=</b> Sustrato obtenido (aceite).	
<b>PS=</b> Polvo seco.		

Rendimiento en peso de la lixiviación de Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) (***Ocinum basilicum L.***):

$$C = \frac{E}{MS} * 100 ; C = \frac{3,2}{13,5} * 100 = 23,70\%$$

Tabla E7: Rendimiento de extracción sólido-líquido. <sup>(1)</sup>

MUESTRAS SECAS	RENDIMIENTO DE SÓLIDO			RENDIMIENTO PROMEDIO	
	E-C	R-M	TOTAL	E-C	
	(%)	(%)	(%)	(%)	
				Me.	Ac.
Calor	23,70	76,30	100,00	21,48	
	19,26	80,74	100,00		
	25,84	74,16	100,00		25,84
Frío	17,60	82,40	100,00	17,60	
	23,61	76,39	100,00		23,61

(1) Para obtener el rendimiento real de aceite extraído por lixiviación se tiene que dividir el sustrato obtenido en la "recuperación del solvente" para el material seco utilizado en esta operación.

### Rendimiento de la operación de filtración.

Los rendimientos obtenidos en este apartado están basados en el balance de materia del punto 4.1.6.

Rendimiento de la filtración del extracto de Albahaca (*Ocinum basilicum L.*):

$$C = \frac{F}{E} * 100 \quad ; \quad C = \frac{129,2}{133,8} * 100 = 96,56\%$$

Tabla E8: Rendimiento de filtración. <sup>(1)</sup>

EXTRACTOS A FILTRAR	RENDIMIENTO DE FILTRACIÓN				RENDIMIENTO PROMEDIO	
	F-C (%)	I-M (%)	D-M (%)	TOTAL (%)	F-C (%)	
					Me.	Ac.
Secadas por calor.	96,56	0,75	2,69	100,00	94,49	
	92,42	0,38	7,21	100,00		
	98,60	0,07	1,33	100,00		98,60
Secadas por enfriamiento.	98,60	0,30	1,11	100,00	98,60	
	98,61	0,12	1,27	100,00		98,61

(1) En este caso la simbología E, este incluye el solvente; debido a que el rendimiento obtenido se basa en un balance general.

### Rendimiento de la operación de recuperación de solvente.

Los rendimientos obtenidos en este apartado están basados en el balance de materia del punto 4.1.7.

Rendimiento recuperación de solvente y obtención del sustrato de Albahaca (*Ocinum basilicum L.*).

$$L - C = \frac{L}{F} * 100 \quad ; \quad L - C = \frac{126}{129,2} * 100 = 97,52\%$$

$$X - C = \frac{X}{F} * 100 \quad ; \quad X - C = \frac{1}{129,2} * 100 = 0,77\%$$

**Tabla E9: Rendimiento de recuperación de solvente.**

RECUPERACIÓN DE SOLVENTE	RENDIMIENTO DE RECUPERACIÓN DE SOLVENTE					RENDIMIENTO PROMEDIO	
	X-C	A-M	D-M	L-C	TOTAL	X-C	
MUESTRAS	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	Me. (%)	Ac.
Secadas por calor.	0,77	0,93	0,77	97,52	100,00	1,075	
	1,38	0,32	17,06	81,23	100,00		
	0,67	0,81	11,47	87,04	100,00		0,67
Secadas por enfriamiento.	0,82	0,52	4,27	94,38	100,00	0,82	
	0,61	0,31	10,34	88,74	100,00		0,61

**Rendimiento de la operación de destilación por arrastre de vapor.**

Los rendimientos obtenidos en este apartado están basados en el balance de materia del punto **4.1.8**.

Rendimiento de la operación de destilación por arrastre de vapor de las hojas de Albahaca (*Ocimum basilicum L*):

$$C = \frac{X}{MP} * 100 \quad ; \quad C = \frac{0,73}{142} * 100 = 0,51\%$$

$$C = \frac{X}{MP} * 100 \quad ; \quad C = \frac{1,133}{225} * 100 = 0,50\%$$

**Operaciones finales.**

**Medición de la capacidad antioxidante.**

El porcentaje de inhibición a los radicales libres se obtuvo mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ Inhibición: } \frac{Abs.Inicial - Abs.final}{Absorbancia inicial} * 100$$

Esta fórmula se aplicara para todas las muestras analizadas.

**Tabla E.10. Muestras para calibración del Espectrofotómetro**

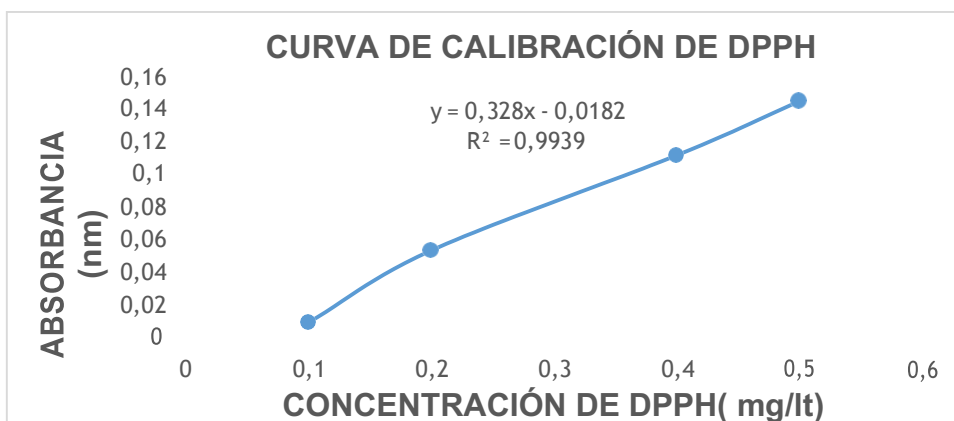
Muestras	DPPH (ml)	Metanol 99,8% (ml)
1	1	9
2	2	8
3	4	6
4	5	5

En primer lugar se hizo la calibración del equipo del cual se obtuvo los siguientes datos de absorbancia a 517 nanómetros (nm).

**Tabla H1: Calibración del equipo espectrofotométrico.**

Concentración (mg/lts)	ABS (nm)
0,1	0,01
0,2	0,054
0,4	0,112
0,5	0,145
1	1,182

**Gráfico H1: Curva de calibración de DPPH**

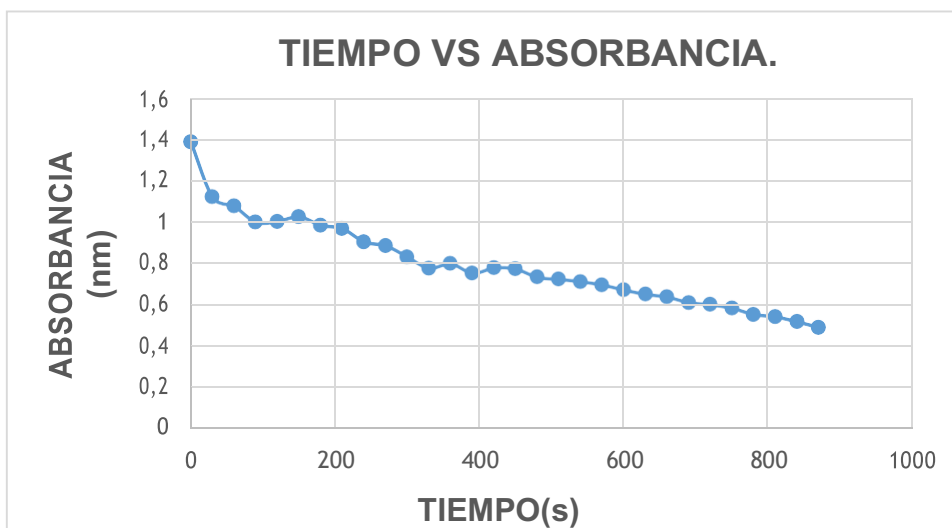


Los resultados que se mostrarán a continuación tienen la nomenclatura enunciada en el punto 4.3.2. ; el cual indica que tipo de muestra es la analizada.

**Tabla H2: Capacidad antioxidante de Muestra A utilizando 15 microlitros (15 µl=0,015ml)**

Tiempo (seg)	ABS (nm)
0,055	1,386
30,055	1,121
60,058	1,077
90,054	1
120,054	1,004
150,056	1,027
180,057	0,985
210,008	0,97
240,008	0,905
270,008	0,887
300,007	0,833
330,009	0,778
360,008	0,801
390,009	0,754
420,008	0,78
450,008	0,775
480,007	0,735
510,009	0,725
540,008	0,714
570,007	0,698
600,008	0,674
630,007	0,653
660,008	0,64
690,009	0,613
720,008	0,603
750,01	0,586
780,008	0,556
810,009	0,545
840,008	0,521
870,009	0,494

**Gráfico H2: Curva de absorbancia de 15 µl de la Muestra A**

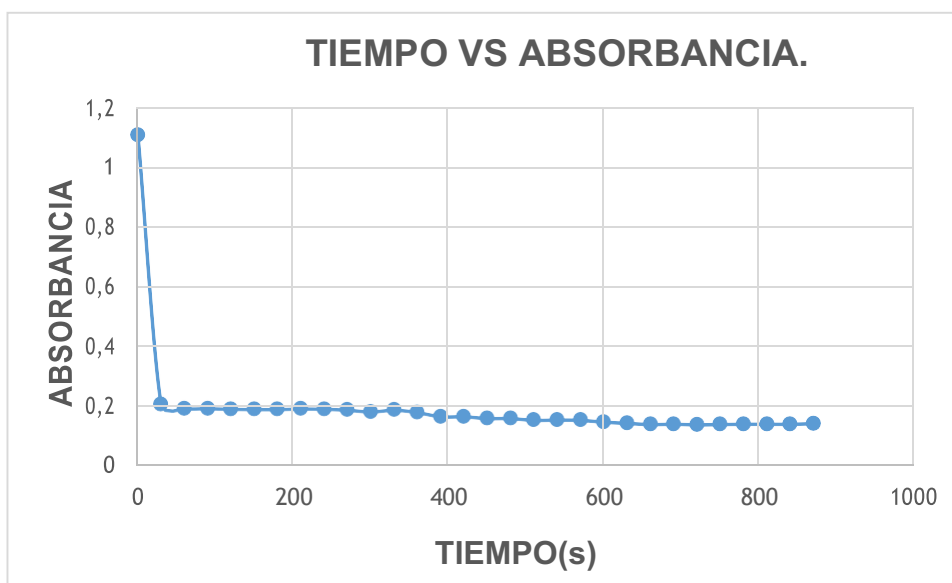


$$\% \text{ Inhibición: } \left[ \frac{1,386 - 0,494}{1,386} \right] * 100 = 64,36\%$$

**Tabla H3: Capacidad antioxidante de Muestra A utilizando 25 microlitros (25 µl=0,025ml)**

Tiempo (seg)	ABS (nm)
0,052	1,109
30,054	0,208
60,053	0,195
90,052	0,195
120,054	0,193
150,053	0,192
180,052	0,192
210,053	0,194
240,053	0,193
270,052	0,19
300,055	0,184
330,054	0,19
360,054	0,182
390,052	0,168
420,052	0,168
450,053	0,162
480,054	0,162
510,053	0,156
540,054	0,157
570,055	0,156
600,055	0,15
630,054	0,146
660,054	0,142
690,053	0,143
720,006	0,141
750,005	0,142
780,008	0,143
810,006	0,143
840,006	0,143
870,006	0,145

**Gráfico H3: Curva de absorbancia de 25 µl de la Muestra A**



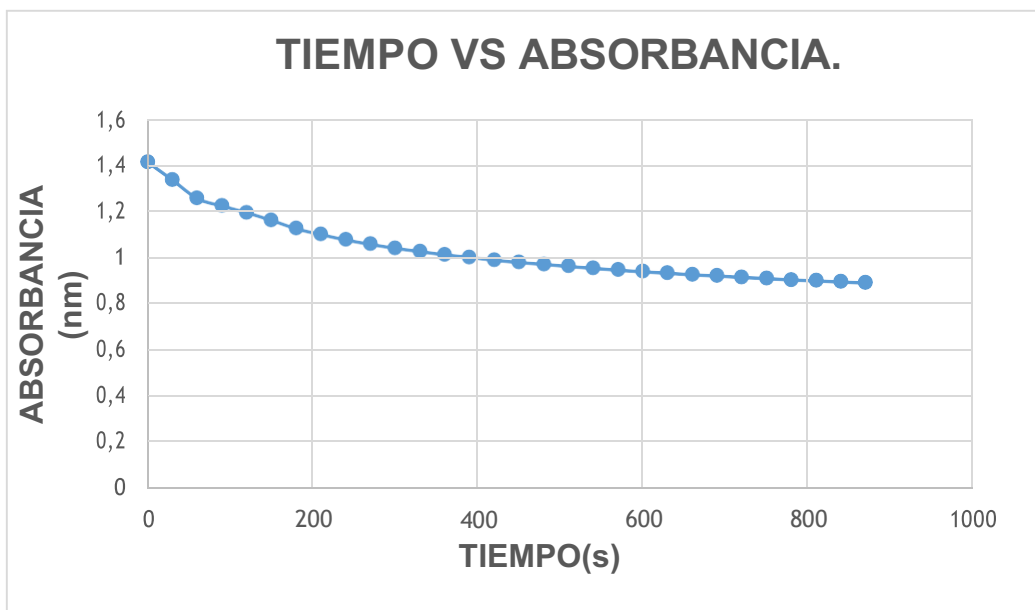
$$\% \text{ Inhibición: } \left[ \frac{1,109 - 0,145}{1,109} \right] * 100 = 86,93\%$$



**Tabla H4: Capacidad antioxidante de Muestra B utilizando 15 microlitros (15 µl=0,015ml)**

Tiempo (seg)	ABS (nm)
0,05	1,414
30,052	1,337
60,051	1,258
90,05	1,226
120,052	1,197
150,051	1,164
180,05	1,128
210,05	1,103
240,052	1,08
270,051	1,061
300,05	1,044
330,051	1,03
360,052	1,016
390,05	1,005
420,052	0,993
450,053	0,983
480,05	0,975
510,051	0,966
540,003	0,958
570,005	0,95
600,005	0,943
630,003	0,937
660,005	0,93
690,005	0,925
720,004	0,919
750,004	0,914
780,002	0,908
810,004	0,904
840,004	0,899
870,005	0,895

**Gráfico H4: Curva de absorbancia de 15 µl de la Muestra B**

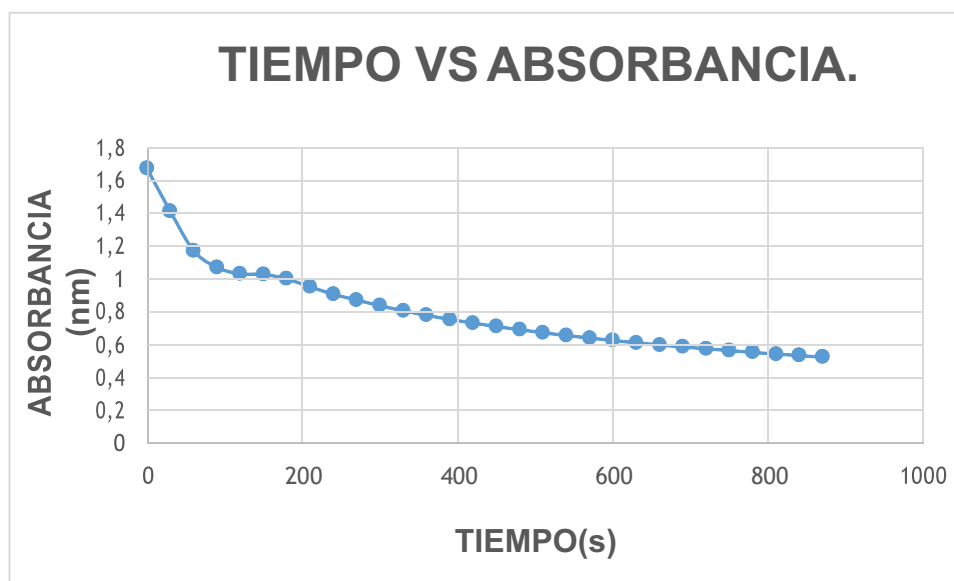


$$\% \text{ Inhibición: } \left[ \frac{1,414 - 0,895}{1,414} \right] * 100 = 36,70\%$$

**Tabla H5: Capacidad antioxidante de Muestra B utilizando 25 microlitros (25 µl=0,025ml)**

<b>Tiempo (seg)</b>	<b>ABS (nm)</b>	300,057	0,847	660,056	0,61
		330,057	0,816	690,055	0,598
0,057	1,674	360,056	0,789	720,058	0,587
30,055	1,417	390,056	0,764	750,055	0,576
60,056	1,179	420,056	0,742	780,056	0,565
90,055	1,078	450,055	0,721	810,055	0,555
120,056	1,039	480,057	0,702	840,058	0,546
150,057	1,036	510,057	0,684	870,055	0,536
180,058	1,008	540,055	0,667		
210,057	0,961	570,056	0,652		
240,055	0,916	600,056	0,637		
270,058	0,881	630,058	0,623		

**Gráfico H5: Curva de absorbancia de 25 µl de la Muestra B**

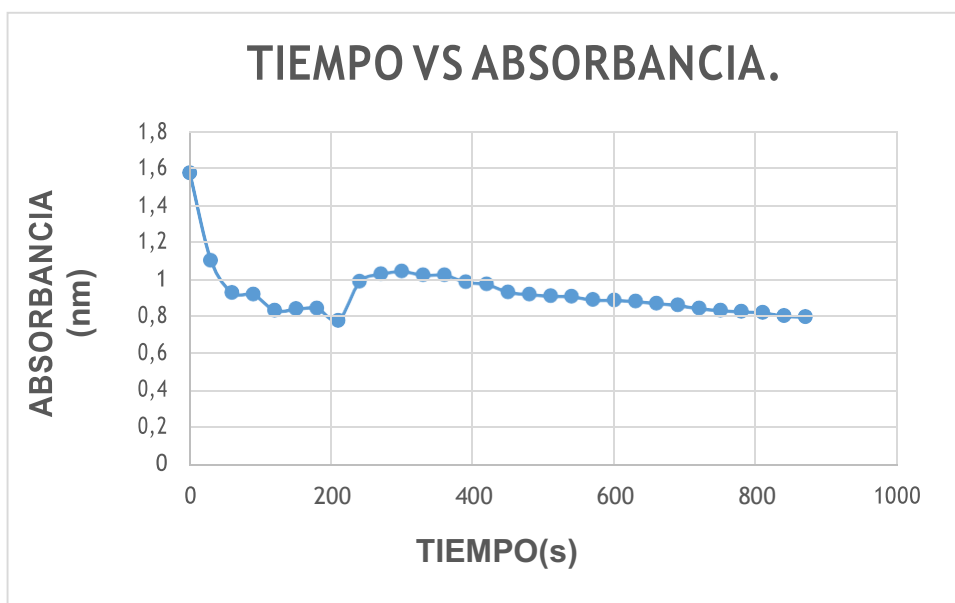


$$\% \text{ Inhibición: } \left[ \frac{1,674 - 0,536}{1,674} \right] * 100 = 67,98\%$$

**Tabla H6: Capacidad antioxidante de Muestra C utilizando 15 microlitros (15 µl=0,015ml)**

Tiempo (seg)	ABS (nm)
0,056	1,572
30,058	1,102
60,058	0,93
90,056	0,921
120,059	0,835
150,056	0,842
180,059	0,847
210,057	0,781
240,059	0,991
270,059	1,029
300,059	1,045
330,058	1,024
360,057	1,025
390,059	0,987
420,059	0,975
450,059	0,933
480,057	0,921
510,058	0,912
540,058	0,909
570,058	0,891
600,058	0,89
630,057	0,883
660,058	0,873
690,058	0,862
720,059	0,845
750,057	0,835
780,058	0,828
810,057	0,823
840,057	0,805
870,058	0,801

**Gráfico H6: Curva de absorbancia de 15 µl de la Muestra C**

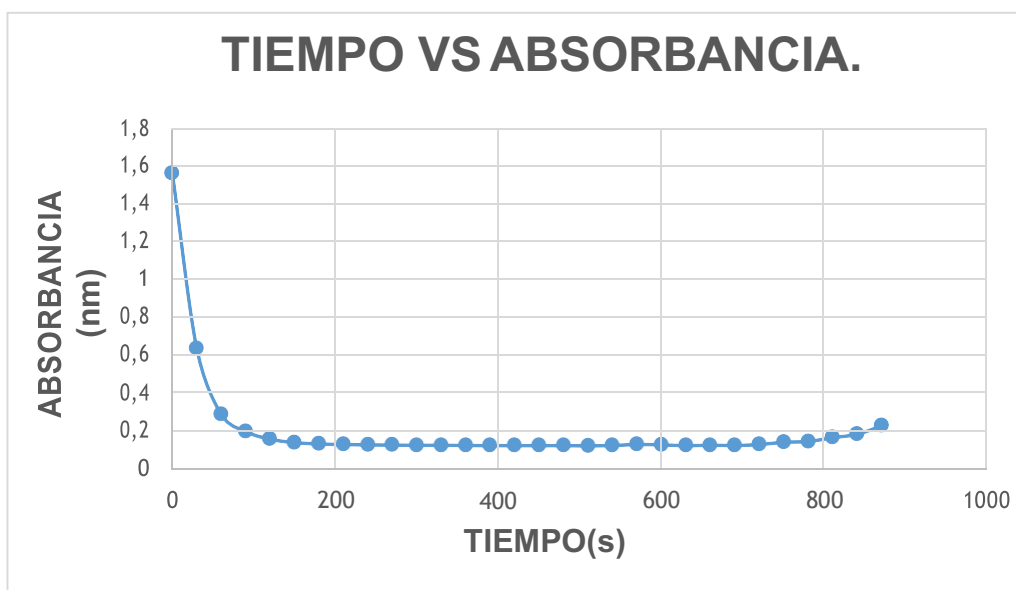


$$\% \text{ Inhibición: } \left[ \frac{1,572 - 0,801}{1,572} \right] * 100 = 49,04\%$$

**Tabla H7: Capacidad antioxidante de Muestra C utilizando 25 microlitros (25 µl=0,025ml)**

Tiempo (seg)	ABS (nm)
0,064	1,559
30	0,639
60,001	0,294
90,003	0,204
120,002	0,164
150	0,146
180,001	0,139
210,001	0,136
240	0,134
270,001	0,133
300,001	0,132
330,002	0,132
360	0,131
390,001	0,13
420,002	0,13
450,001	0,13
480	0,13
510,002	0,129
540,002	0,131
570,003	0,136
600,001	0,134
630,001	0,13
660,001	0,132
690	0,131
720,001	0,136
750,002	0,148
780,001	0,152
810	0,172
840,001	0,19
870,003	0,234

**Gráfico H7: Curva de absorbancia de 25 µl de la Muestra C**

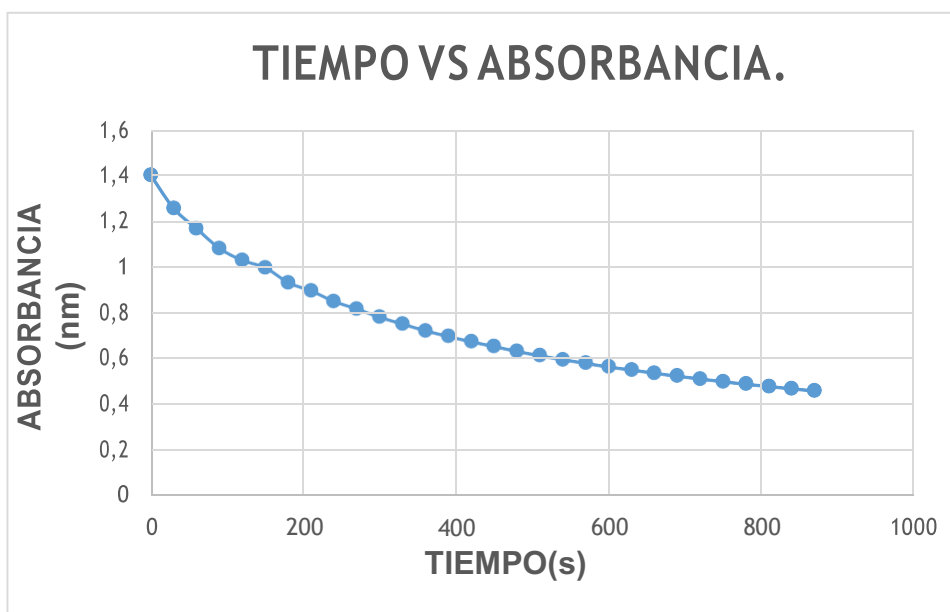


$$\% \text{ Inhibición: } \left[ \frac{1,4 - 0,536}{1,674} \right] * 100 = 67,98\%$$

**Tabla H8: Capacidad antioxidante de Muestra D utilizando 15 microlitros (15 µl=0,015ml)**

Tiempo (seg)	ABS (nm)
0,06	1,4
30,062	1,256
60,062	1,168
90,059	1,082
120,061	1,03
150,06	0,998
180,06	0,933
210,061	0,897
240,059	0,851
270,06	0,818
300,062	0,782
330,06	0,752
360,061	0,723
390,062	0,698
420,059	0,675
450,059	0,654
480,061	0,633
510,06	0,614
540,06	0,597
570,061	0,581
600,059	0,565
630,059	0,552
660,06	0,538
690,061	0,525
720,061	0,513
750,06	0,501
780	0,49
810,062	0,48
840,06	0,47
870,06	0,461

**Gráfico H8: Curva de absorbancia de 15 µl de la Muestra D**

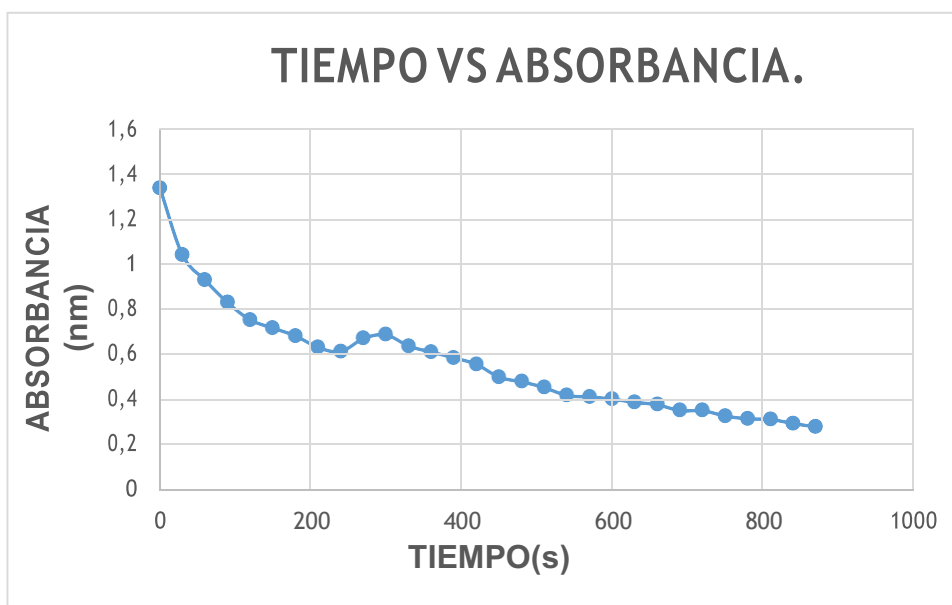


$$\% \text{ Inhibición: } \left[ \frac{1,4 - 0,461}{1,4} \right] * 100 = 67,07\%$$

**Tabla H9: Capacidad antioxidante de Muestra D utilizando 25 microlitros (25 µl=0,025ml)**

Tiempo (seg)	ABS (nm)
0,063	1,339
30,001	1,042
60,062	0,931
90,062	0,831
120,001	0,755
150,001	0,719
180,016	0,684
210,015	0,633
240,015	0,615
270,014	0,673
300,017	0,689
330,015	0,639
360,017	0,613
390,015	0,587
420,015	0,558
450,015	0,501
480,015	0,481
510,015	0,455
540,016	0,42
570,017	0,414
600,015	0,404
630,016	0,39
660,016	0,379
690,015	0,353
720,017	0,353
750,016	0,329
780,017	0,317
810,015	0,314
840,015	0,296
870,015	0,281

**Gráfico H9: Curva de absorbancia de 25 µl de la Muestra D**

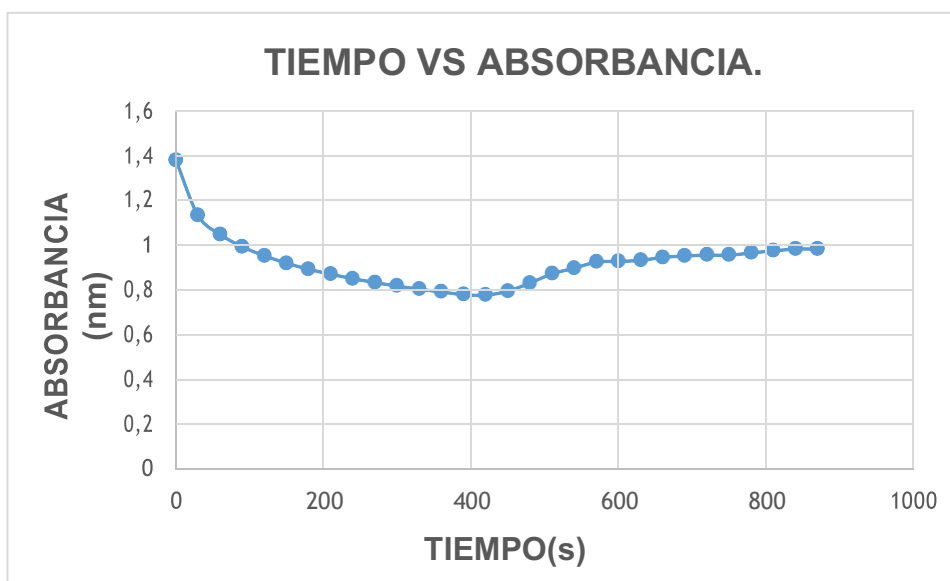


$$\% \text{ Inhibición: } \left[ \frac{1,339 - 0,281}{1,339} \right] * 100 = 79,01\%$$

**Tabla H10: Capacidad antioxidante de Muestra E utilizando 15 microlitros (15 µl=0,015ml)**

Tiempo (seg)	ABS (nm)
0,06	1,381
30,06	1,135
60,06	1,051
90,061	0,996
120,061	0,956
150,059	0,923
180,061	0,896
210,061	0,874
240,061	0,854
270,061	0,837
300,059	0,821
330,059	0,807
360,06	0,795
390,058	0,783
420,061	0,781
450,059	0,799
480,061	0,835
510,06	0,876
540,061	0,901
570,059	0,928
600,058	0,931
630,06	0,936
660,06	0,949
690,06	0,955
720,061	0,959
750,06	0,959
780,06	0,969
810,062	0,978
840,061	0,986
870,061	0,986

**Gráfico H10: Curva de absorbancia de 15 µl de la Muestra E**

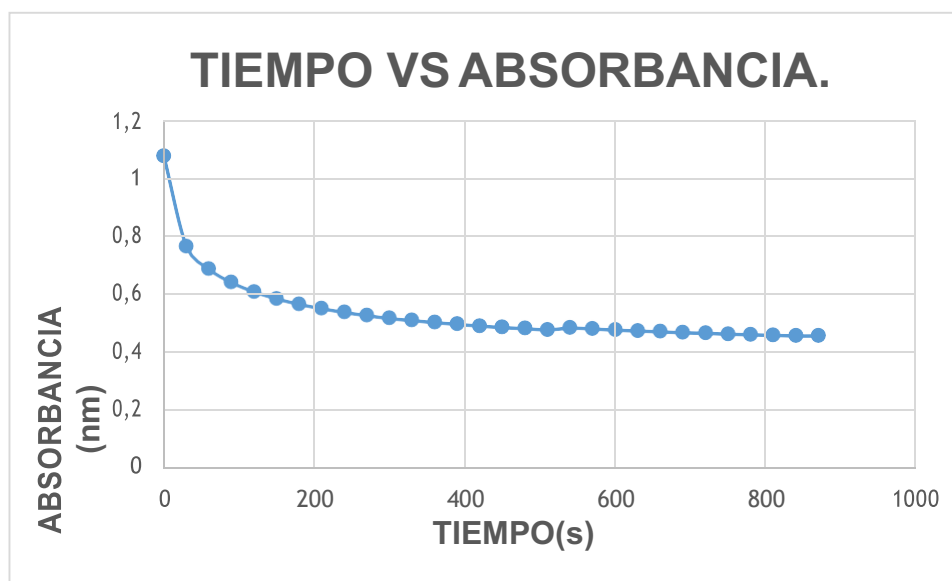


$$\% \text{ Inhibición: } \left[ \frac{1,381 - 0,986}{1,381} \right] * 100 = 28,60\%$$

**Tabla H11: Capacidad antioxidante de Muestra E utilizando 25 microlitros (25 µl=0,025ml)**

<b>Tiempo (seg)</b>	<b>ABS (nm)</b>	300,002	0,517	660,063	0,471
		330,001	0,51	690,002	0,468
0,063	1,077	360,064	0,503	720,001	0,466
30,001	0,766	390,002	0,497	750,001	0,463
60	0,687	420,065	0,491	780,001	0,461
90,001	0,641	450	0,486	810,001	0,459
120,002	0,609	480	0,482	840	0,457
150	0,585	510,001	0,478	870	0,457
180,001	0,566	540,002	0,484		
210,001	0,551	570,062	0,481		
240	0,538	600	0,477		
270	0,527	630	0,474		

**Gráfico H11: Curva de absorbancia de 25 µl de la Muestra E**



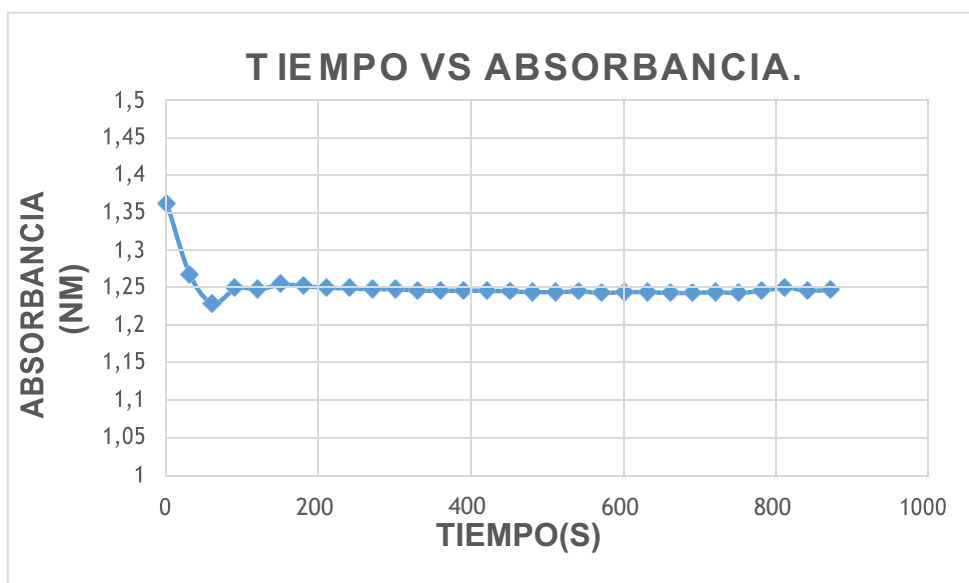
$$\% \text{ Inhibición: } \left[ \frac{1,077 - 0,457}{1,077} \right] * 100 = 57,67\%$$



**Tabla H12: Capacidad antioxidante de Muestra F utilizando 15 microlitros (15 µl=0,015ml)**

Tiempo (seg)	ABS (nm)
0,063	1,362
30,063	1,268
60,062	1,23
90,061	1,25
120,001	1,249
150,061	1,255
180,045	1,253
210,046	1,251
240,046	1,25
270,045	1,249
300,045	1,249
330,045	1,247
360,046	1,247
390,048	1,247
420,049	1,247
450,047	1,246
480,045	1,245
510,048	1,245
540,046	1,246
570,048	1,244
600,045	1,245
630,047	1,245
660,047	1,244
690,046	1,244
720,048	1,245
750,045	1,244
780,047	1,247
810,045	1,251
840,046	1,247
870,049	1,248

**Gráfico H12: Curva de absorbancia de 15 µl de la Muestra F**

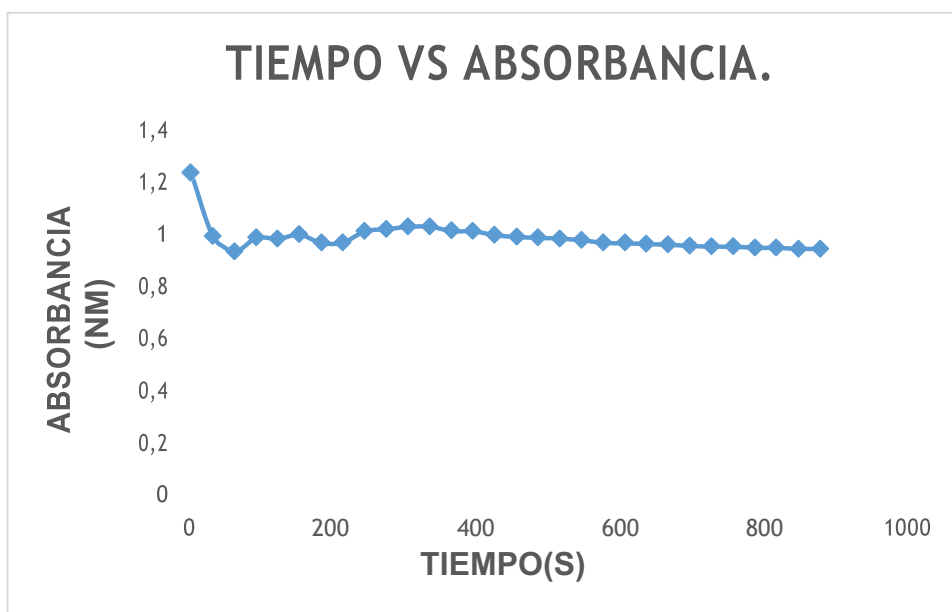


$$\% \text{ Inhibición: } \left[ \frac{1,362 - 1,248}{1,362} \right] * 100 = 8,37\%$$

**Tabla H13: Capacidad antioxidante de Muestra F utilizando 25 microlitros (25 µl=0,025ml)**

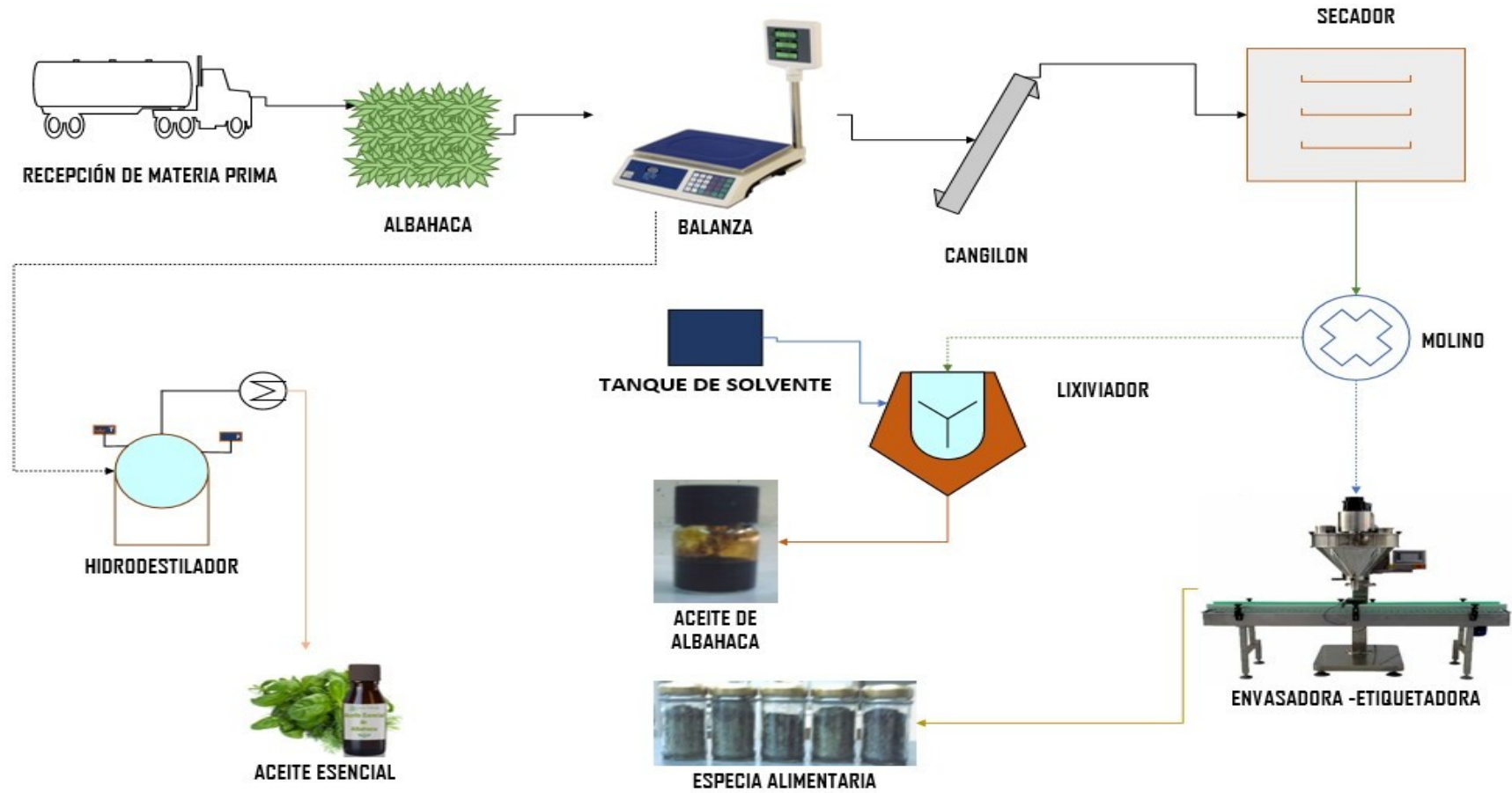
Tiempo (seg)	ABS (nm)
0,052	1,238
30,052	0,998
60,052	0,938
90,053	0,991
120,053	0,987
150,055	1,003
180,053	0,971
210,055	0,973
240,053	1,016
270,054	1,024
300,052	1,033
330,055	1,034
360,053	1,017
390,053	1,016
420,053	1,001
450,052	0,994
480,053	0,991
510,054	0,988
540,052	0,982
570,053	0,972
600,054	0,97
630,054	0,967
660,053	0,964
690,052	0,96
720,052	0,957
750,055	0,957
780,053	0,953
810,054	0,952
840,052	0,949
870,052	0,948

**Gráfico H13: Curva de absorbancia de 25 µl de la Muestra F**




$$\% \text{ Inhibición: } \left[ \frac{1,238 - 0,948}{1,238} \right] * 100 = 23,43\%$$

## Anexo F- Layout.



## Anexos G - Análisis realizados.

### Análisis Físicoquímicos.

	<b>LA-IIT-UG</b> LABORATORIO DE ALIMENTOS Universidad de Guayaquil	<b>INFORME DE ENSAYOS REALIZADOS</b>
	Cda. Universitaria, Ave. Kennedy y Francisco Boloña - Teléfono y Fax (593)(04) 2292456 Guayaquil, Ecuador	

Nº 16021

PÁGINA 1 DE 2

FECHA DE RECEPCIÓN: 7 de abril de 2016

SOLICITANTE: Sr. Ramiro Sánchez

CIUDAD: Guayaquil

MUESTRA: Albahaca deshidratada en polvo


CÓDIGO: 16021E

FECHA DE INICIO/FINAL DEL ENSAYO: 05 /05/2016 - 10/05/2016

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS	UNIDADES	VALORES	CONDICIONES AMBIENTALES	MÉTODO	OBSERVACIONES
Humedad	g/100g	6,02	25°C	EVAPORACIÓN	-----
Cenizas	g/100g	15,52	25°C	CALCINACIÓN	-----


La muestra fue tomada por el cliente

Guayaquil, 10 de mayo de 2016

  
Ing. Radium Aviles Chonillo  
Jefe de Laboratorio LA-IIT-UG

El contenido de este informe solo afecta al objeto sometido a ensayo.  
Este informe solo puede ser reproducido en su totalidad y con autorización del LA-IIT-UG

## Análisis Microbiológicos.

	LA-IIT-U.G LABORATORIO DE ALIMENTOS Universidad de Guayaquil	INFORME DE ENSAYOS REALIZADOS
	Cda. Universitaria, Ave. Kennedy y Francisco Bolfoña - Teléfono y Fax (593)(04) 2292456 E-mail: investigacioniq@ug.edu.ec - Guayaquil, Ecuador	

Nº 16021

PÁGINA 2 DE 2

FECHA DE RECEPCIÓN: 7 de abril de 2016

SOLICITANTE: Sr. Ramiro Sánchez

CIUDAD: Guayaquil

MUESTRA: Albahaca deshidratada en polvo

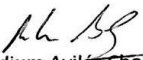
CÓDIGO: 16021E

FECHA DE INICIO/FINAL DEL ENSAYO: 05/05/2016 - 10/05/2016

ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS	UNIDADES	VALORES	CONDICIONES AMBIENTALES	MÉTODOS	OBSERVACIONES
GERMENES AEROBIOS MESOFILOS	ufc/g	0	35°Temperatura de Incubación	Recuento en placas	----
COLIFORMES TOTALES	ufc/g	0	35°Temperatura de Incubación	Recuento en placas	----
ESCHERICHIA COLI	ufc/g	0	35°Temperatura de Incubación	Recuento en placas	----
MOHOS Y LEVADURAS	ufc/g	0	35°Temperatura de Incubación	Recuento en placas	----

La muestra fue tomado por el cliente

Guayaquil, 10 de mayo 2016

  
Ing. Radium Aviles Chonillo  
Jefe de Laboratorio LA-IIT-UG

El contenido de este informe solo afecta al objeto sometido a ensayo.  
Este informe solo puede ser reproducido en su totalidad y con autorización del LA-IIT-UG



## INFORME DE ENSAYOS

Fecha de Informe: 06/04/2016 Orden: 2148 N° de Informe: 1708-16 Página: 1/1

### INFORMACIÓN DEL CLIENTE:

Nombre: SANCHEZ BARCIA RAMIRO ROMAN  
Dirección: VILLA ESPAÑA ETAPA BARCELONA VILLA 6 MANZANA 65  
Teléfono: 0993778705 Fax: -- E. Mail: --

### DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de Muestra: Especies y Condimentos  
Nombre: ALBAHACA SECA Y MOLIDA EMPACADA AL VACIO  
Descripción: Comino Molido, Oregano, Canela en polvo  
Lote: -- Fecha de Elab. -- Fecha de Exp. --  
Contenido Declarado: -- Cantidad Recibida: 1 de 205 g Condición: Normales, funda plástica  
Fecha de Recepción: 01/04/2016 Cód. de Laboratorio: EC-C-47-01-04-16 Muestreo: Realizado por el cliente  
Forma de conservación: Ambiente

### RESULTADOS

#### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Fecha de Análisis: 04/04/2016 N° de Libro y página R 37-5.10: 225/969  
Condiciones Ambientales: Temperatura: 18°C - 25°C Humedad relativa: 40% - 55 %  
Parámetros: Unidad: Resultados: \*\*Requisitos: Método de Referencia:  
Salmonella spp/25g No Detectado No Detectado DETECCIÓN MOLECULAR AOAC 031208

\*\*Requisitos Microbiológicos establecidos según Norma INEN 2532:2010 para Especies y Condimentos.

### CONCLUSIÓN

La muestra analizada CUMPLE con los Requisitos Microbiológicos establecidos según Norma INEN 2532:2010 para Especies y Condimentos.

### OBSERVACIONES

Se podrán realizar modificaciones a este documento, hasta 6 meses después de su emisión, las mismas que deberán ser respaldadas, por un requerimiento de las autoridades de salud o por un sustento técnico válido, de acuerdo al criterio del laboratorio.  
Estos resultados corresponden exclusivamente a la muestra analizada.

La contra muestra se almacena en el laboratorio por 1 mes

Prohibida su reproducción total o parcial, sin previa autorización de LABORATORIOS AVVE S.A.

Las observaciones y opiniones no se encuentran dentro del Alcance de Acreditación

Los registros generados por el análisis de la(s) muestra(s) son mantenidas en los archivos del laboratorio por 5 años

Válido sólo el Informe original

Dra. Margot Vélez de Avilés  
Gerente Técnico & Calidad

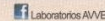
REV.10 06/05/15

Datos de Contacto:  
Dirección Laboratorio Matriz: Parque Industrial California 1, Calle Arq. Modesto Luque Rivadeneira,  
Edificio Comercial 3 Local 4 A Km. 11 1/2 vía a Daule.  
PBX Matriz: (5934) 2103206. Teléfonos Parque California 1: 2103017 / 2103026 ext. 235 Cel.: 0998078518

Dirección Laboratorio de Microbiología: Parque Industrial California 2, Bodega D44  
Km. 11 1/2 vía a Daule.  
Teléfono: (5934) 2103365 ext. 101. Teléfonos Parque California 2: 2103199 ext. 443

E-mail: margot.aviles@laboratoriosavve.com  
colzaciones.compras@laboratoriosavve.com  
paola.aviles@laboratoriosavve.com  
lorena.aviles@laboratoriosavve.com

www.laboratoriosavve.com



## Análisis Taxonómico.

Herbario GUAY  
Facultad de Ciencias Naturales  
Universidad de Guayaquil

Clase: Equisetiopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Nývák ex. Takht.

Superorden: Asteranae Takht.

Orden: Lamiales Bromhead

Familia: Lamiaceae Martinov

Género: *Ocimum* L.

Nombre científico: *Ocimum basilicum* L.

Nombre vulgar: Albahaca.

### Descripción taxonómica:

Herbácea anual, hasta 1 m de alto, glabra o glabrescente, aromática; las ramas opuestas, ascendentes. Hojas opuestas, láminas simples, membranosas, ovadas, 5-10 x 2.5-4 cm, con 5-8 pares de venas pinnadas, arcuadas, ascendentes; peciolo 1.5-3 cm. Inflorescencias en racimos terminales, erectos, 5-15 cm; cáliz verde, corola asimétrica, blanca.



Av. Juan Tanca Marengo y Av. Gómez Lince s.n.  
P.O. Box 09-01-10634  
Guayaquil-Ecuador

## Anexos H – Fotografías de la investigación.

### 1. Operaciones preliminares.



Foto 1.2. Selección de materia prima.



Foto 1.2. Peso de Hojas      Foto 1.3. Lavado de hojas seleccionadas.  
Seleccionadas.



Foto 1.3. Secado por calor (50°C) de hojas seleccionadas.





Foto 1.4. Secado por enfriamiento (-16,5°C; 5,5°C) de hojas seleccionadas.



Foto 1.5. Molienda de Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) deshidratada.



Foto 1.6 Sellado al vacío de Hojas de Albahaca (*Ocinum basilicum L.*) deshidratadas y molidas.

## 2. Operaciones durante el proceso.

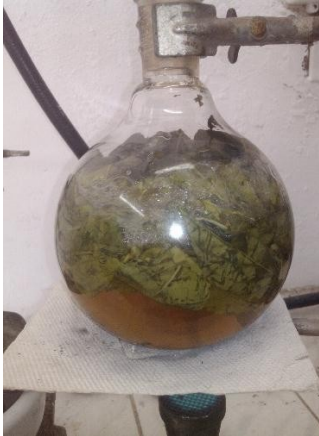


Foto 1.7 Obtención de aceite esencial.



Foto 1.8 Lixiviación de muestra seca con solvente (metanol; agua acidulada).

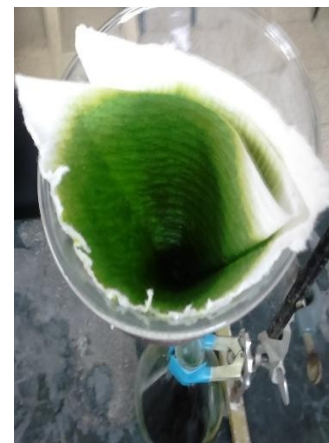


Foto 1.8 Filtración de extractos con solvente (agua acidulada; metanol).



**Foto 1.9 Recuperación de solvente (metanol; agua acidulada) y obtención de sustrato del proceso de lixiviación (aceite).**



**Foto 1.10 Maceración de hojas de Albahaca (*Ocimum basilicum* L.)**



**Foto 1.11 Envasado de especia alimentaria**

### 3. Operaciones finales.

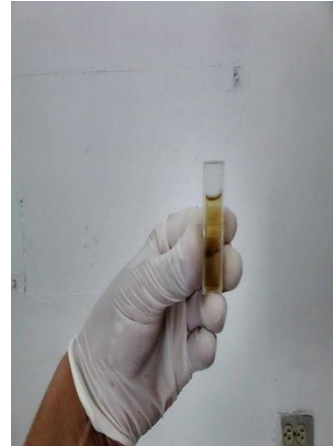
#### Medición de la capacidad antioxidante



**DPPH para calibración.**



**Adición de muestra a la cubeta espectrofotométrica**



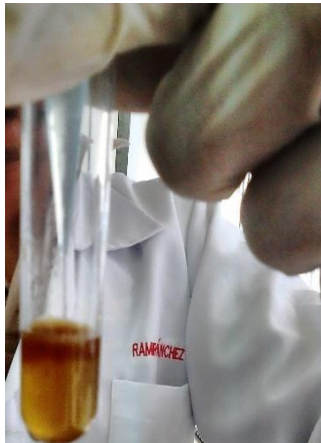
**Resultado cualitativo de inhibición de radicales libres**

#### Tamizaje Fitoquímico.

##### Ensayo para detectar Compuestos Reductores:



**Foto 2.. Adición de la alícuota de la muestra.**



**Muestra A**



**Muestra C**

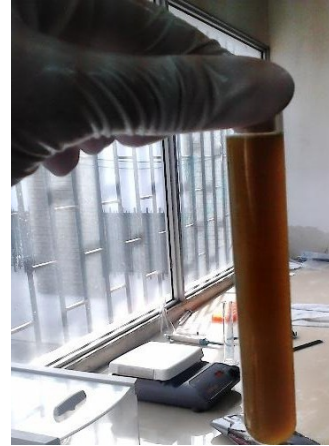
**Ensayo para detectar Resinas.**



**Adición de la  
alícuota de la muestra.**



**Muestra A**



**Muestra C**

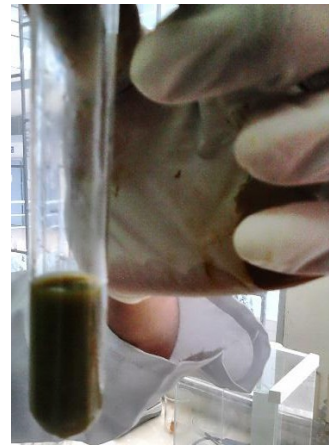
**Ensayo para detectar Triterpenos y Esteroides.**



**Adición de la  
alícuota de la muestra.**

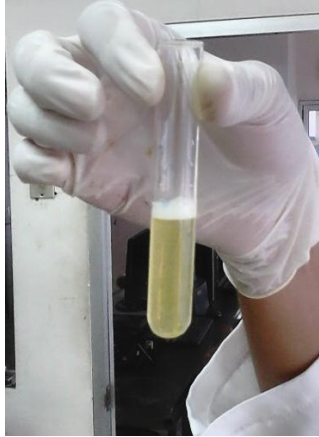


**Muestra A**



**Muestra C**

**Ensayo para detectar saponinas.**

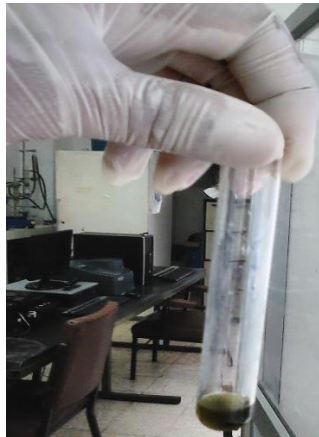


**Muestra A**



**Muestra C**

**Ensayo para detectar Flavonoides**



**Muestra A**



**Muestra C**

**Ensayo para detectar Alcaloides.**



**Muestra A**



**Muestra C**

**Ensayo para detectar Compuesto fenólicos.**



**Muestra A**



**Muestra C**

Ramiro Román Sánchez Barcia

Ingeniero Químico, Universidad Estatal de Guayaquil

Control de calidad del proceso de manufactura de distintos tipos de balanceados producidos en la empresa: Porcinos, vacunos, avícolas, acuícolas (camarón y larvas), entre otros alimentos, en sus distintas etapas de crecimiento.

Inspección de materias primas usadas para la producción.

Análisis físicos de muestras de puntos críticos del proceso productivo y de producto final en Molinos Champions S.A.

Pinturas y Químicos del Ecuador S.A. Encargado de realizar análisis físico químico y pruebas de desempeño a las pinturas emulsión base agua. Inspección de materias primas usadas para la producción. Implementación de 5S en el laboratorio de calidad.

Pruebas por competencia de las pinturas de la compañía versus las demás marcas comerciales del mercado ecuatoriano. Atención de reclamos de productos y emisión de conformidad o no conformidad del mismo.

Analista de Control de Calidad e Investigador de Productos de Chocolatería. Funciones: Encargado de realizar análisis físico-químicos y microbiológicos a los semielaborados de cacao. Investigación de fórmulas para chocolates a partir de semielaborados de cacao en CAFIESA S.A.

Facultad de Ingeniería Química - Universidad de Guayaquil Ayudante de cátedra de Mecánica de Fluidos. Planificación de clases conjunto al docente que imparte la materia.

Ayudantías semanales de clases. Presentación de proyectos en casa abierta.

Carlos Alberto Muñoz Cajiao

Master en biotecnología, Especialista en Ingeniería Genética y Biología Molecular, Ingeniero Químico, Vicedecano de la Facultad de Ingeniería Química, FISCAL (E) de la Facultad de Ingeniería Química, Director de Maestría en Gestión Ambiental. Profesor de Química en el PRE-POLITECNICO de en la ESPOL. Profesor de Química en el Colegio CRUZ DEL SUR-BALANDRA. División de Medio Ambiente (ECONOCARE), en la SGS. Profesor de Química en la ESPOL. Profesional contratado por la ESPOL en la ejecución de Proyectos de Medio Ambiente para las Industrias.

Jefe de Planta y Producción de CEVALO S.A, Planta Procesadora de Hielo Seco y Gas Carbónico. Gerente de ROJAS EXPRESS S.A. Gerente de Servicios Petroleros Ecuatorianos SERPETEC. Mejor profesor del primer nivel en la Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil en el año 1993. Mejor profesor del primer nivel en la Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil en el año 2001. Mejor Profesor del Tercer Nivel en la Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil en el año 2012.

ISBN: 978-9942-770-41-7



comp<sup>Λ</sup>s