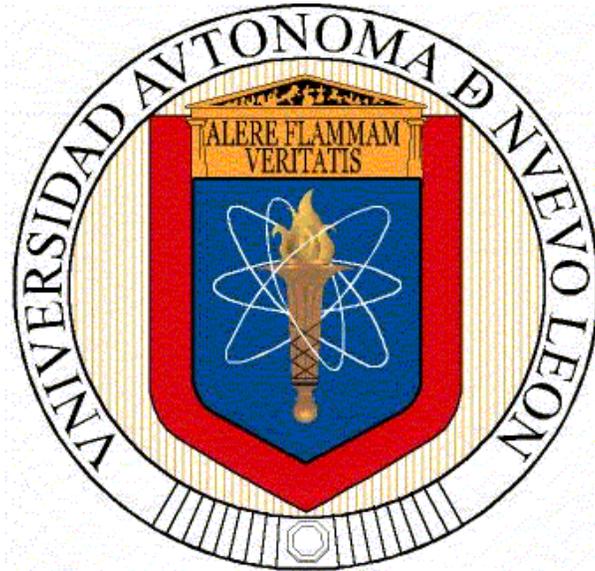


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

**EVALUACIÓN ESTACIONAL DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD  
DEL ACEITE ESENCIAL EN PLANTAS DE ORÉGANO (*Poliomintha  
longiflora* Gray) EN DOS SISTEMAS DE CULTIVO**

**QUE PRESENTA  
PABLO ALAN RODRÍGUEZ SALINAS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**ESCOBEDO, N. L. DICIEMBRE 2014**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

**EVALUACIÓN ESTACIONAL DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD  
DEL ACEITE ESENCIAL EN PLANTAS DE ORÉGANO  
(*Poliomintha longiflora* Gray) EN DOS SISTEMAS DE CULTIVO**

**PRESENTA  
PABLO ALAN RODRÍGUEZ SALINAS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**Escobedo, N. L. Diciembre 2014**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**EVALUACIÓN ESTACIONAL DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD  
DEL ACEITE ESENCIAL EN PLANTAS DE ORÉGANO  
(*Poliomintha longiflora* Gray) EN DOS SISTEMAS DE CULTIVO**

**TESIS  
QUE PRESENTA**

**PABLO ALAN RODRÍGUEZ SALINAS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**Escobedo, N. L. Diciembre 2014**

ESTA TESIS FUE REVISADA Y APROBADA POR EL  
COMITÉ PARTICULAR COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

COMITÉ PARTICULAR

---

Dra. Juana Aranda Ruiz  
Asesor principal

---

Ph. D. Emilio Olivares Sáenz  
Asesor auxiliar

---

Dr. Ernesto Javier Sánchez Alejo  
Asesor auxiliar

---

Dr. Ernesto Javier Sánchez Alejo  
Subdirector de Estudios de Posgrado

## **DEDICATORIA**

A Dios, creador y sustentador de todas las cosas, por permitirme concluir mis estudios profesionales.

A mi esposa, Angélica A. Benavides Rodríguez e hijos Pablo Rafael Rodríguez Benavides e Izabela Zoe Rodríguez Benavides por su apoyo durante esta etapa de mi vida.

A mis padres, Pablo Rodríguez Velázquez y Rosamaría Salinas Benavides por formarme como persona y por su ejemplo de honestidad y trabajo.

A mis hermanos y sus familias, Rosa María Rodríguez Salinas, Juan Pablo Rodríguez Salinas y Diana Navarro

A mis compañeros de generación y maestros por todos los momentos vividos en el aula de clase.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Dra. Juana Aranda Ruiz por su ayuda, valiosos consejos y valiosa aportación para la realización de este trabajo.

Al Dr. Emilio Olivares Sáenz y al Dr. Ernesto Javier Sánchez Alejo por formar parte del Comité de Tesis y por sus valiosas sugerencias en la revisión del presente trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y a la Facultad de Agronomía por permitirme realizar mis estudios de posgrado.

Al Ing. Manuel Iribe Coronel por ayudarme a realizar parte de mi investigación, así como su orientación en el desarrollo del mismo.

Al MVZ Angélica Benavides Rodríguez y al M.C. Edward Alexander Espinoza Sánchez por su ayuda y sugerencias en el escrito del presente trabajo.

A los compañeros de Maestría y Doctorado por darme su apoyo, amistad y los gratos momentos que vivimos durante mi estancia en la facultad.

## INDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS .....	x
INDICE DE FIGURAS .....	xi
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. El orégano .....	4
2.1.1. Especies de orégano .....	4
2.2. Orégano en México .....	8
2.3. Usos del orégano .....	9
2.3.1. Usos en la industria .....	9
2.3.2. Usos medicinales .....	10
2.4. Aceite esencial .....	10
2.4.1. Producción de aceites esenciales en las plantas .....	11
2.4.2. Usos microbiológicos del aceite de orégano .....	13
2.4.3. Métodos de extracción de aceites esenciales .....	14
2.5. Cromatografía aplicada a aceites esenciales .....	15
2.5.1. Componentes principales de aceites esenciales .....	15
2.6. Tecnología para el establecimiento de cultivos .....	16
2.6.1. Propagación de orégano .....	17
2.6.2. Condiciones agronómicas .....	18
2.6.3. Densidades de siembra .....	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	19

3.1.	Área de estudio .....	19
3.2.	Tratamientos y diseño experimental .....	20
3.3.	Manejo del cultivo .....	20
3.4.	Evaluaciones de desarrollo del cultivo de orégano .....	21
3.4.1.	Diámetro de copa .....	21
3.4.2.	Altura de las plantas .....	22
3.4.3.	Corte de las plantas.....	22
3.4.4.	Secado de plantas de orégano .....	23
3.4.5.	Obtención de hoja seca .....	23
3.5.	Determinaciones de aceites esenciales .....	25
3.5.1.	Extracción de los aceites esenciales .....	25
3.6.	Análisis de aceite esencial .....	26
3.6.1.	Equipo .....	26
3.6.2.	Descripción de las condiciones de análisis.....	26
3.6.3.	Cuantificación por estándar externo .....	26
3.7.	Análisis estadísticos .....	27
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	29
4.1.	Diámetro de copa.....	29
4.2.	Altura de las plantas.....	31
4.3.	Producción de materia verde .....	31
4.4.	Producción de materia seca.....	33
4.5.	Peso de hoja seca.....	35
4.6.	Relación hoja-tallo.....	36
4.7.	Producción de aceite.....	37
4.8.	Calibración del equipo.....	39
4.8.1.	Tiempo de retención de estándares .....	39
4.8.2.	Timol.....	40

4.8.3. Carvacrol .....	40
4.9. Calidad del aceite.....	41
4.9.1. Timol.....	41
4.9.2. Carvacrol .....	42
5. CONCLUSIONES .....	44
6. RECOMENDACIONES.....	45
7. BIBLIOGRAFÍA.....	46

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Especies usadas comercialmente a nivel mundial con el nombre de orégano .....	5
2	Comparación de medias de la evaluación de las variables de producción de orégano ( <i>Poliomintha longiflora</i> Gray) en dos sistemas de cultivo: malla sombra y cielo abierto.....	30
3	Producción anual de aceite en plantas de orégano ( <i>Poliomintha longiflora</i> Gray) en el año (invierno 2012, resto 2013), bajo dos sistemas de cultivo: malla sombra y cielo abierto.....	38
4	Calidad del aceite en plantas de orégano ( <i>Poliomintha longiflora</i> Gray) en el año (invierno 2012, resto 2013), bajo dos sistemas de cultivo: malla sombra y cielo abierto.....	42

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Proceso de formación de metabolitos secundarios (alcaloides, fenilpropanoides y terpenos) de plantas a partir de glucosa del metabolismo primario .....	11
2	Formación de isopreno a partir de la síntesis del ácido mevalónico mediante la acetil-CO-A .....	13
3	Área de estudio marcado con rojo, Rancho Tanque Nuevo, Higueras, N.L. México, 25° 58' 7" N y 100° 0' 03" W; izquierdo (cielo abierto) y derecho (malla sombra).....	19
4	Medición del diámetro de la copa en plantas de orégano <i>Poliomintha longiflora</i> (Gray) Municipio de Higueras, N.L.....	21
5	Medición de altura en plantas de orégano <i>Poliomintha longiflora</i> (Gray) Municipio de Higueras, N.L.....	22
6	Poda de 2/3 partes de la planta (A) de orégano <i>Poliomintha longiflora</i> (Gray). Bascula de pesado (B) para el material vegetal obtenido Municipio de Higueras, N.L.....	23
7	Cuarto de secado (ORGANICAL <sup>®</sup> ) de material vegetal <i>Poliomintha longiflora</i> (Gray) (A) a temperatura de 55-60 °C por 72 h, (B) en el Municipio de Higueras, N.L.....	24
8	Separación de hoja seca de los tallos (Zarandeo con criba) (A) de plantas de orégano <i>Poliomintha longiflora</i> (Gray) y obtención de hoja seca (B) para su almacenamiento en bolsas de papel en el Municipio de Higueras, N.L.....	24
9	Producción de materia verde (kg ha <sup>-1</sup> ) en plantas de orégano ( <i>Poliomintha longiflora</i> Gray) en diferentes estaciones del año (invierno 2012, resto 2013) .....	32

10	Grafica de los promedios mensuales de temperatura y precipitación durante el año 2013.....	33
11	Producción de materia seca (kg ha <sup>-1</sup> ) en plantas de orégano ( <i>Poliomintha longiflora</i> Gray) en las diferentes estaciones del año (invierno 2012, resto 2013) .....	34
12	Producción de hoja seca (kg ha <sup>-1</sup> ) en plantas de orégano ( <i>Poliomintha longiflora</i> Gray) en las diferentes estaciones del año (invierno 2012, resto 2013) .....	35
13	Rendimiento de la producción de aceite en plantas de orégano en las diferentes estaciones del año (invierno 2012, resto 2013) .....	38
14	Cromatograma que muestra el orden de elusión de los estándares de timol y carvacrol componentes mayoritarios del aceite esencial de orégano <i>Poliomintha longiflora</i> (Gray).	39
15	Curva estándar de calibración para la cuantificación de timol en aceite de orégano <i>Poliomintha longiflora</i> (Gray) en las cuatro estaciones del año.....	40
16	Curva estándar de calibración para la cuantificación de carvacrol en aceite de orégano <i>Poliomintha longiflora</i> (Gray) en las cuatro estaciones del año.....	41

## RESUMEN

Orégano liso (*Poliomintha longiflora* Gray) es un recurso natural de las regiones áridas y semiáridas del norte de México, al igual que otras aromáticas silvestres. Esta planta brinda un recurso económico a los habitantes de las poblaciones marginadas, sin embargo la actividad de recolección desmedida ha ocasionado una sobreexplotación poniendo en riesgo su sustentabilidad.

Al igual que otras plantas de importancia económica, el orégano liso requiere de investigación dirigida al mantenimiento de este recurso, mediante el establecimiento de cultivos empleando tecnologías agrícolas de vanguardia que permitan la rentabilidad de este recurso.

En el presente trabajo se evaluó la respuesta productiva del orégano liso (*Poliomintha longiflora* Gray) establecido en dos sistemas de cultivo (cielo abierto y malla sombra), manejando una densidad de población de 15 900 plantas ha<sup>-1</sup>, con una distancia entre surcos de 133 cm y 47 cm entre plantas. Para la evaluación de los parámetros productivos se realizó un muestreo aleatorio tomando como unidad experimental 5 plantas por surco dando un total de 10 surcos por tratamiento. El

muestreo se realizó antes de la floración durante las cuatro estaciones del año, midiendo las variables de altura y diámetro de copa aérea, producción de materia verde, materia seca (hojas y tallos), peso seco de hojas, producción y calidad del aceite esencial.

Los análisis de varianza a los que fueron sometidos los resultados obtenidos, mostraron que en la estación de verano existió diferencia estadística en el tratamiento de malla sombra en las variables de producción verde, producción seca y peso de hoja seca, asimismo; se encontró diferencia en las variables de altura y diámetro de copa aérea y producción de aceite esencial. Por otro lado, el análisis de los componentes mayoritarios timol y carvacrol se realizaron al 20 % de las muestras y mostraron mayor concentración en primavera y se observó una tendencia a una mayor acumulación de carvacrol en el sistema de campo abierto.

## ABSTRACT

Oregano (*Poliomintha longiflora* Gray) is a natural resource in arid and semi-arid regions of northern Mexico. This plant, provides economic resources to people of low income. However, harvest of wild plant has caused excessive overexploitation endangering their sustainability.

In the same way, like other plants of economic importance, oregano needs research to find the technology to cultivate this plant as a crop.

In the present work, two farming systems (field conditions and under mesh shade) of oregano (*Poliomintha longiflora* Gray) were established. A plant density of 15 900 plants ha<sup>-1</sup> was used, with a row spacing of 133 cm and 47 cm between plants. The experiment was established under a completely random experimental design, using an experimental unit of 5 plants and 10 replications. Sampling was done before flowering during the four seasons, measuring plant height, crown diameter, production of fresh matter, dry matter (leaves and stems), leaf dry weight, yield and quality of essential oil.

The analysis of variance showed that in the summer season mesh shade had higher means for: fresh production, dry production and dry weight of leaf also; also differences were found between the production system for height and crown diameter of air and essential oil production. The analysis of tymol and carvacrol were made to 20 % of the samples and showed higher concentrations in spring and the carvacrol was presented in higher concentrations in the field cropping system.

## 1. INTRODUCCIÓN

México es considerado un país con una alta diversidad debido a la cantidad de especies que alberga (Mittermeier *et al.*, 1997; Sarukhán y Dirzo, 2001). Muchas de las especies que aquí se encuentran son plantas aromáticas con alto valor económico como el orégano que es utilizado como ingrediente en gastronomía (Villavicencio *et al.*, 2010). El nivel de importancia es tal que su producción global anual oscila en 12 000 toneladas al año, de las que México aporta 4 000 toneladas distribuidas en aproximadamente 35.5 millones de ha (Meléndez, 1991; CONAFOR, 2008) mayoritariamente obtenidas de poblaciones silvestres contribuyendo a la economía de poblaciones marginadas (Castillo, 1986; Villavicencio *et al.*, 2010; Aguilar-Murillo *et al.*, 2013).

En México existen dos tipos orégano que son altamente explotados para su producción conocidos como orégano chino (*Lippia berlandieri* Schauer y *Lippia graveolens* H.B.K.) cuya producción está localizada en la región noroeste, y el orégano liso (*Poliomintha longiflora*) de la región noreste (Alanís y Ballester, 2007); sin embargo, este último ha sido escasamente estudiado, no obstante, su sobreexplotación aunada a la escasa producción ocasiona una alerta en la sustentabilidad de este recurso por lo que se ha recomendado la propagación masiva

de este cultivo para permitir la reforestación en aéreas dañadas sin dejar de lado su aprovechamiento comercial (Aranda *et al.*, 2009).

La alta demanda de orégano puede estar relacionada con su aroma y sabor dados por mezclas complejas de compuestos orgánicos volátiles, entre ellos se encuentran los aceites esenciales de los que se conocen aproximadamente 4000 estos compuestos se encuentran en la superficie foliar en dos tipos de tricomas los capitados y los peltados, se ha observado que estas estructuras disminuyen cuando la planta es sometida a altos índices de aridez (Günther, 1948; Martínez-Natarén *et al.*, 2011). El carvacrol y el timol son dos componentes mayoritarios encontrados en el aceite esencial de orégano. Álvarez (1999), Burt (2004) y Méndez (2000) reportan un incremento en el contenido de estos componentes cuando las plantas son sometidas a estrés. El aceite esencial de orégano se ha utilizado como un agentes antioxidante en alimentos (Zheng y Shiow, 2001; Ahn *et al.*, 2004; Paredes *et al.*, 2007), además se ha mostrado un efecto como agente antimicrobiano contra *Escherichia coli* 0157:H7, *Listeria* y *Salmonella* (Cutter, 2000); y fungicida contra *Fusarium oxysporum* y *Phymatotrichum omnivorum* inhibiendo su crecimiento (Cueto *et al.*, 2010; Valero, 2012).

Debido a la alta demanda de orégano en México se requieren alternativas de agricultura de vanguardia para su aprovechamiento sostenible como cultivos en malla sombra o invernaderos tanto para fines de reforestación como para su eficiente manejo agronómico (Cih-Dzul *et al.*, 2011).

**Hipótesis:** la producción de biomasa y componentes químicos de las plantas son influenciadas entre algunos factores por: estado fisiológico de las plantas, la temporada (estación) y las condiciones particulares del cultivo (silvestre, cultivo abierto o protegido); por lo tanto, la producción de plantas de orégano liso (*Poliomintha longiflora* Gray) cultivadas bajo malla y cielo abierto variará en cantidad de biomasa y de aceites esenciales.

**Objetivo:** Evaluar la productividad en base a biomasa seca del orégano (*Poliomintha longiflora* Gray), producción y calidad de aceite esencial bajo dos sistemas de cultivo (cielo abierto y malla sombra) durante las cuatro estaciones del año.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. El orégano

Es una planta dicotiledónea del orden Labiales de origen Europeo y Asia occidental cuyo nombre significa la belleza de las montañas, que llega a medir 2 m de altura, presenta hojas opuestas, ovales y anchas de tamaño variable (2-5 cm), con bordes enteros o ligeramente dentados y con vellosidad en el haz, flores blancas a rosadas ubicadas en inflorescencias terminales muy ramificadas protegidas por hojas (Pitzer, 1973; Muñoz, 2002;).

#### 2.1.1. Especies de orégano

Comercialmente el orégano se refiere a un grupo de especies con características similares ubicados en dos grandes grupos de diversos orígenes botánicos comúnmente llamados orégano Europeo y orégano Mexicano (Cuadro 1). Se han reportado 61 especies contenidas en 17 géneros de seis familias bajo este nombre, de las cuales el género *Origanum* (familia *Labiatae*) conocido como orégano Europeos es considerado el más importante; sin embargo, en el continente americano los géneros *Lanata* y *Lippia* (familia *Verbenaceae*) conocidos como

oréganos Mexicanos son los más preponderantes. Existen otras familias (*Rubiaceae*, *Scrophulariaceae*, *Apiaceae* y *Asteraceae*) que tienen un impacto productivo limitado (Paludosi, 1997).

Cuadro 1. Especies usadas comercialmente a nivel mundial con el nombre de orégano (Paludosi, 1997).

Familia	Especie	Nombre comercial
Labiatae	<i>Calamintha potosina</i> Schaf	orégano de la sierra, orégano, organum
	<i>Coleus amboinicus</i> Lour. (syn. <i>C. aromaticus</i> Benth)	orégano, orégano brujo, orégano de Cartagena, orégano de España, orégano Francés
	<i>Coleus aromaticus</i> Benth	orégano de España, orégano, organum
	<i>Hedeoma floribunda</i> Standl	orégano, organum
	<i>Hedeoma incona</i> Torr	Orégano
	<i>Hedeoma patens</i> Jones	orégano, organum
	<i>Hyotis albina</i> H.B.K.	orégano, organum
	<i>Hyptis americana</i> (Aubl) Urb. ( <i>H. gonocephala</i> Gris.)	Orégano
	<i>Hyptis capitata</i> Jacq	orégano, organum
	<i>Hyptis pectinata</i> Poit	orégano, organum
	<i>Hyptis suaveolens</i> (L) Poit	orégano, orégano cimarron, Organum
	<i>Monarda austromontana</i> Epling	orégano, organum
	<i>Ocimum basilicum</i> L.	orégano, organum
	<i>Origanum compactum</i> Benth (syn. <i>O. glandulosum</i> Salzm, ex Benth)	orégano, organum
	<i>Origanum dictamnus</i> L. ( <i>Majorana dictamnus</i> L.)	orégano, organum
	<i>Origanum elongatum</i> (Bonnet) Emberger et Maire	orégano, organum
	<i>Origanum floribundum</i> Munby ( <i>O. cinereum</i> Noe)	orégano, organum
<i>Origanum grosil</i> Pau et Font Quer ex letsvaart	orégano, organum	
<i>Origanum majorana</i> L.	Orégano	
<i>Origanum microphyllum</i>	orégano, organum	

	(Benth) Vogel			
	<i>Origanum onites</i> L. (syn. <i>O. amyrrneum</i> L.)	Turkish	oregano, origanum	oregano,
	<i>Origanum scabrum</i> Boiss et Heldr (syn. <i>O. pulchrum</i> Boiss et Heldr)		orégano, origanum	
	<i>Origanum syriacum</i> L. var. <i>Syriacum</i> (syn. <i>O. maru</i> L.)		orégano, origanum	
	<i>Origanum vulgare</i> L. subsp. <i>gracile</i> (Koch) letsvaart (syn. <i>O. gracile</i> Koch, <i>O. tyttanthum</i> Gontscharov)		orégano, origanum	
	<i>Origanum vulgare</i> subsp. <i>hirtum</i> (Link) letsvaart (syn. <i>O. hirtum</i> link)		orégano, origanum	
	<i>Origanum vulgare</i> subsp. <i>virens</i> (Hoffmanns et Link) letsvaart (syn. <i>O. virens</i> Hoffmanns et Link)		orégano, origanum, verde	orégano
	<i>Origanum vulgare</i> subsp. <i>viride</i> (Boiss.) Hayek (syn. <i>O. viride</i> Halacsy (syn. <i>O. heracleoticum</i> L.)	Greek	orégano, origanum	orégano,
	<i>Origanum vulgare</i> L. subsp. <i>vulgare</i> (syn. <i>Thymus organum</i> (L) Kuntze)		orégano, origanum	
	<i>Origanum vulgare</i> L.		orégano, orenga,	orégano de España
	<i>Poliomintha longiflora</i> Gray		Orégano	
	<i>Salvia</i> sp.		Orégano	
	<i>Satureja thymbra</i> L.		orégano cabruno,	orégano, origanum
	<i>Thymus capitatus</i> (L.) Hoffmanns et Link (syn. <i>Coridothymus capitatus</i> (L.) Rchb.f.)		orégano español,	orégano, origanum
Verbenaceae	<i>Lantana citrosa</i> (Small) Modenke		orégano xiu,	orégano, origanum
	<i>Lantana glandulosissima</i> Hayek		orégano xiu,	orégano silvestre, orégano, origanum
	<i>Lantana hirsuta</i> Mart. et Gall		oreganillo del monte,	orégano, origanum
	<i>Lantana involucrata</i> L.		orégano, origanum	
	<i>Lantana purpurea</i> (Jacq.) Benth.& Hook. (syn. <i>Lippia purpurea</i> Jacq)		orégano, origanum	
	<i>Lantana trifolia</i> L.		orégano, origanum	

	<i>Lantana velutina</i> Mart. & Gal.	orégano xiu, orégano, organum
	<i>Lippia myriocephala</i> Sachlecht. & Cham.	Oreganillo
	<i>Lippia affinis</i> Schau.	Orégano
	<i>Lippia alba</i> (Mill) N.E. Br. (syn. <i>L. involucrata</i> L.)	orégano, organum
	<i>Lippia berlandieri</i> Schau	Orégano
	<i>Lippia cardiostegia</i> Benth	oreganillo, orégano montes, organum
	<i>Lippia formosa</i> T.S. Brandeg.	orégano, organum
	<i>Lippia geisseana</i> (R.A. Phill.) Soler.	orégano, organum
	<i>Lippia graveolens</i> H.B.K.	orégano mexicano, orégano cimarron, orégano, organum
	<i>Lippia helleri</i> Britton	orégano del país, orégano, organum
	<i>Lippia micromera</i> Schau	orégano del país, orégano, organum
	<i>Lippia micromera</i> var. <i>helleri</i> (Britton) Moldenke	Oregano
	<i>Lippia organoides</i> H.B.K.	orégano, oregano del país
	<i>Lippia palmeri</i> var. <i>spicata</i> Rose	Orégano
	<i>Lippia palmeri</i> Wats	orégano, organum
	<i>Lippia umbellata</i> Cav.	oreganillo, orégano montes, organum
	<i>Lippia velutina</i> Mart. et Galeotti	orégano, organum
Rubiaceae	<i>Borreria</i> sp.	orégano, organum
Scrophulariaceae	<i>Limnophila stolonifera</i> (Blanco) Merr.	orégano, organum
Apiaceae	<i>Eryngium foetidum</i> L.	orégano de Cartagena, orégano, organum
Asteraceae	<i>Coeosanthus veronicaefolius</i> H.B.K.	orégano del cerro, orégano del monte, orégano del campo
	<i>Eupatorium macrophyllum</i> L. (syn. <i>Hebeclinium macrophyllum</i> DC.)	orégano, organum

---

## 2.2. Orégano en México

El orégano mexicano es considerado un recurso no maderable con distribución silvestre en 24 Estados del país que con una producción anual de 4000 toneladas per cápita distribuidos en aproximadamente 35.5 millones de ha (Meléndez, 1991; CONAFOR, 2008) representa una importante fuente de ingresos para poblaciones marginadas y se encuentra en expansión debido a la alta demanda (Villavicencio *et al.*, 2010); reportes indican que la posible causa del aumento de mercado sea resultado de la prohibición del consumo de orégano proveniente de Grecia y Turquía causado por su posible contaminación radiactiva consecuencia del accidente de Chernobyl en la antigua Unión Soviética (Meléndez, 1991).

De los Estados de México donde el orégano es cultivado, en la región noreste muestra alta producción, tanto que compite con otras actividades económicamente preponderantes como la obtención de cera de candelilla, la extracción de fibra de lechuguilla y palma samandoca; la mayor parte de la producción *per cápita* es exportada hacia los países vecinos del norte (Meléndez, 1991). Debido al potencial económico que muestra, existe un incremento en la explotación en las zonas áridas y semiáridas de México que pone en riesgo la sustentabilidad de la producción, causada por prácticas erróneas de recolección, por lo que se han desarrollado manuales técnicos para el manejo y aprovechamiento adecuado de las poblaciones naturales, así como; de su comercialización eficiente evitando la sobreexplotación y su extinción subsecuente (Villavicencio *et al.*, 2010).

En el centro de México (Estados de Durango, Guanajuato, Jalisco, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas) el orégano mayormente comercializado es el orégano chino (*Lippia berlandieri* Schauer y *Lippia graveolens* H.B.K.) con una producción silvestre de 100 g por planta (3.5 kg de materia verde por kg de hoja) dependiente de la temporada de lluvias y cosechada en el segundo trimestre del año pudiendo prolongarse a finales de año (García, 2012); no obstante, en los Estados de, Coahuila, Tamaulipas y Nuevo León la especie más cultivada es *Poliomintha longiflora*; este último concentrado en Allende, Linares, Monterrey e Higuera (Localidades de la Sierra de Picachos: Las Rucias, Los Pinos, El Camaján, La Caja Pinta, Infiernillo, Cerritos y Los Picos) con un periodo más prolongado que el orégano chino (4 a 7 meses del año) (Castillo, 1986). Debido a la demanda tanto nacional como internacional, las poblaciones naturales de orégano se han visto afectadas, y esta presión ha propiciado el desarrollo de tecnología para el establecimiento de cultivos eficientes (Pitzer, 1973; Villavicencio *et al.*, 2010).

## **2.3. Usos del orégano**

### **2.3.1. Usos en la industria**

En la industria alimentaria el orégano es un ingrediente importante, las hojas son utilizadas como condimento en platillos típicos (pozole, menudo y barbacoa) además de ser utilizado por compañías de alimento para sazonar guisos, salsas, aderezos,

aceitunas, pastas, quesos, sopas pre-cocidas, frijoles envasados, encurtidos de chiles y moles en polvo (CONOFOR, 2008).

El orégano presenta afinidad gastronómica con otras especias como el tomillo (*Thymus spp.*) para realizar mezclas para marinados y aderezos. Otros usos que proporcionan sus cualidades sensoriales es la utilización como fijador de olores (CONAFOR 2008), utilizándolo en la producción de licores, cosméticos, jabones y perfumería.

### **2.3.2. Usos medicinales**

En México, el orégano se ha empleado por diferentes grupos étnicos como tratamiento para trastornos nerviosos, diuréticos y anoxias, así como tónico expectorante, antihistamínico, antiparasitario, antirreumático, dermatitis, desinfectante y cicatrizante (Rivero, *et al.*, 2011; Lewis, 1990; Linares y Bye, 1987) estas propiedades son atribuidas a la presencia de carvacrol (5-isopropil-2-metilfenol) y de timol (5-metil-2-isopropilfenol) dos compuestos encontrados en su aceite esenciales (Álvarez, 1999; Burt, 2004; Méndez, 2000).

## **2.4. Aceite esencial**

Los aceites esenciales son mezclas de sustancias aromáticas obtenidas de plantas, de compleja composición química y contienen principalmente compuestos orgánicos líquidos ligeramente volátiles (Figura 1). Para la formación de los aceites

las plantas destinan parte del carbono asimilado a la síntesis de moléculas orgánicas, estos aceites parecen desarrollarse como metabolitos secundarios al no intervenir en procesos fotosintéticos, respiratorios, asimilación de nutrientes, transporte de solutos, síntesis de proteínas, carbohidratos o lípidos (Méndez, 2000).

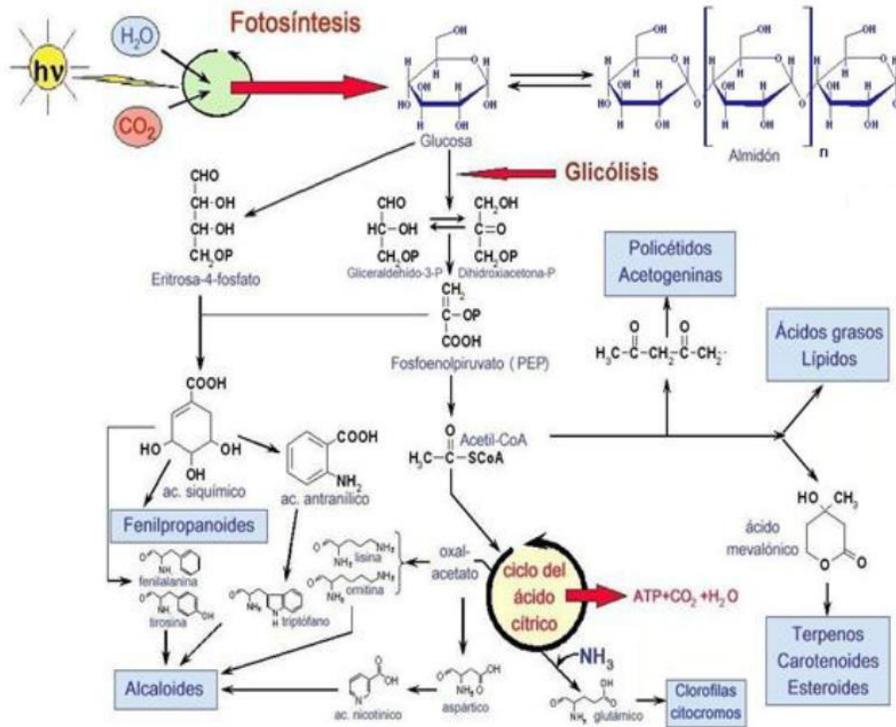


Figura 1. Proceso de formación de metabolitos secundarios (alcaloides, fenilpropanoides y terpenos) de plantas a partir de glucosa del metabolismo primario según Avalos y Pérez-Urria (2009).

#### 2.4.1. Producción de aceites esenciales en las plantas

En plantas aromáticas, los aceites esenciales son sintetizados y almacenados en los tricomas glandulares que se encuentran en las hojas cuya variación depende

más de condiciones ambientales que de la especie (Gershenzon *et al.*, 1989; McCaskill y Croteau, 1995).

Los tricomas glandulares se caracterizan por poseer un tallo, base y cabeza constituida de una o más células (Fahn, 1986; Bosabalidis, 2002); estos tricomas se dividen en peltados y capitados según sus funciones. Los tricomas peltados están implicados en la producción de aceites esenciales con gran espacio de almacenamiento; se les considera pelos glandulares a largo plazo que son lanzados al exterior sólo cuando la planta entra en condiciones de estrés (alta temperatura y baja humedad del aire), por lo que, son importantes para defensa de la planta para mantener la homeostasis.

Los tricomas capitados secretan igualmente aceites esenciales y flavonoides pero en menor medida que los peltados, y su capacidad de almacenamiento es limitada; se les considera pelos glandulares a corto plazo pues secretan aceites inmediatamente después de su producción para fines de actuar como lubricación que facilitan la expansión de las hojas; los tricomas peltados parecen ser los más abundantes (170 tricomas por mm<sup>2</sup> en envés y 60 tricomas por mm<sup>2</sup> en el haz) en comparación con los capitados (25 tricomas por mm<sup>2</sup> en el haz y 25 tricomas por mm<sup>2</sup> en el envés) cuya densidad puede disminuir hasta un 30% por los índices de aridez (Combrick *et al.*, 2007; Martínez-Natarén *et al.*, 2011).

Los aceites esenciales son una mezcla compleja de compuestos orgánicos dependientes de las condiciones climáticas (Dafarera *et al.*, 2000); sin embargo, en el orégano están constituidos principalmente por Terpenos y se encuentran formados por la unión de dos o más unidades de isoprenos (2-metil-1,3-butadieno) que son una cadena de cinco átomos de carbono con un metilo ramificado, clasificándose según el número de isoprenos que se unen. Sin embargo, su biosíntesis no es realizada por polimerización, sino a través de una molécula más complicada de 6 carbonos: el ácido mevalónico; el cual es sintetizado a partir del grupo acetato (Acetil-CO-A) (Primo, 1995; Koolman y Röhm 2004) (Figura 1).

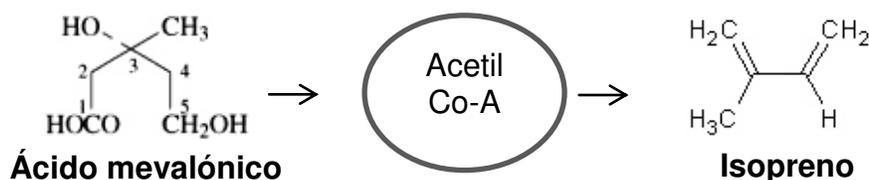


Figura 2. Formación de isopreno a partir de la síntesis del ácido mevalónico mediante la Acetil-Co-A (Primo, 1995).

#### 2.4.2. Usos microbiológicos del aceite de orégano

En los últimos años la utilización de compuestos orgánicos ha tomado un auge importante en la que los aceites esenciales de orégano han mostrado resultados promisorios; utilizando extractos de orégano se logró inhibir el crecimiento de *Fusarium oxysporum* sin efectos colaterales en germinación de semilla de tomate (Cueto *et al.*, 2010). Asimismo, *Phymatotrichopsis omnívora*, causante de la pudrición texana también ha sido controlado *in vitro* por medio de aceites extraídos

de orégano (Valero *et al.*, 2012), además presentó un efecto inhibitor sobre cepas de *Escherichia coli* 0157:H7, *Listeria monocytigenes* y *Salmonella typhimurium* asociadas con la carne de res (Paredes *et al.*, 2007; Ahn *et al.*, 2004; Zheng y Shioh 2001; Cutter, 2000).

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

La extracción de aceites esenciales se ha realizado desde hace siglos en Oriente Medio, Grecia y Roma, antes del siglo XVI; por otra parte, en sus inicios estaba enfocada a la obtención de aguas de flores. Los aceites se obtenían a partir de flores y raíces.

En la actualidad se han aplicado diferentes metodologías para extraer los aceites de orégano dándole un valor agregado al cultivo; sin embargo, dada la alta cantidad de aceites esenciales que se conocen (aproximadamente 4000), se hace imposible la obtención de todos ellos, aunado que algunos aceites se encuentran en una baja concentración en las plantas, hace poco redituable la obtención práctica (Ortuño, 2006).

Los aceites esenciales se pueden extraer mediante métodos de prensado, por solventes volátiles, enfleurage, fluidos supercríticos, y comúnmente por destilación por arrastre de vapor que separa sustancias insolubles en agua y ligeramente

volátiles de otras no volátiles, como resinas o sales inorgánicas u otros compuestos orgánicos no arrastrables (Günther, 1948; Flores *et al.*, 2011).

## **2.5. Cromatografía aplicada a aceites esenciales**

Recientemente se ha dado importancia a la cromatografía para el estudio de pigmentos vegetales afines a sulfato de calcio; estas se logran mediante la distribución de los constituyentes de una mezcla entre dos fases, (fase estacionaria y fase móvil) que permiten la separación. Dado que el aceite esencial de orégano se ha convertido en un producto de exportación (más del 90 % de la producción nacional), la cromatografía se ha utilizado para identificar sus componentes; otro tipo de cromatografía utilizada para el análisis de aceites de orégano es la cromatografía de gases empleada para el análisis y la separación de mezclas gaseosas (Joseph, 1975).

### **2.5.1. Componentes principales de aceites esenciales**

El contenido de aceites esenciales varía dependiendo de la especie estado de salud del organismo; Además, se ha identificado que los componentes principales del aceite de orégano son carvacrol (-isopropil-2-metilfenol) y de timol (5-metil-2-isopropilfenol) (65.8-77.3 %), estos aparecen en diferentes proporciones; así, en el género *Lippia* el carvacrol se presenta en un 13 % mientras que el timol un 12.5 %, aunque se han reportado hasta el 55 % de carvacrol en este género; no obstante, en

el género *Poliomintha* la acumulación de carvacrol puede llegar hasta un 18% mientras que en el género *Origanum* la acumulación de carvacrol es diferente en especies como *O. onites* (29.6 %) y *O. minutiflorum* (56.1 %); los niveles de timol por su parte, también son diferentes en estas especies 17.1 % y 2.9% respectivamente (Erlar y Cetin, 2009; Rivero *et al.*, 2011); sin embargo, los niveles de estos componentes aumentan cuando las plantas son sometidas a condiciones de estrés (Rivero *et al.*, 2011).

## **2.6. Tecnología para el establecimiento de cultivos**

Actualmente para la producción de orégano se han utilizado sistemas de cultivo, bajo malla sombra e invernaderos pues permiten modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos para un crecimiento óptimo y por ende, un alto rendimiento. A su vez, estos sistemas permiten controlar las condiciones de producción obteniendo productos de calidad con mejores precios de mercado y mayor nivel de inocuidad (Castellanos, 2009).

En este sentido, el uso de malla sombra incrementa el rendimiento hasta en un 150%, mejorando la calidad del fruto (uniformidad, tamaño, color), eficientando en el uso del agua y disminuyendo los daños por aves, insectos, viento y temperaturas extremas (Cih-Dzul *et al.*, 2011; Rodríguez *et al.*, 2004); sin embargo, si bien este método aporta grandes beneficios, el tipo de malla a utilizar depende del tipo de insectos contra los que se desea proteger, la circulación de aire deseada y los

efectos de la malla sobre la luz incidente (Castellanos, 2009). Dada la popularidad del cultivo de orégano, instituciones gubernamentales han desarrollado proyectos de establecimiento de *Lippia berlandieri* (Schauer) bajo cultivo protegido con malla sombra para aumentar la producción de biomasa (Nieto *et al.*, 2012).

### **2.6.1. Propagación de orégano**

La propagación del orégano se realiza a partir de estacas obtenidas de plantas madre, este método es el más utilizado debido a la facilidad de obtención del material vegetal y la forma de instalar un huerto, en este sentido, debe considerarse la etapa fenología de la planta donante y el terreno en el cual se instalaran las plantas, pues la emisión de raíces es mayormente eficiente en substratos con capacidad de retención de humedad que muestran buena aireación y buen drenaje (Blando *et al.*, 2005); no obstante, la planta responde adecuadamente a la fertilización orgánica (gallinaza) de 30 Ton ha<sup>-1</sup> (Nieto *et al.*, 2012).

Por otro lado, el orégano es adaptable a las condiciones ambientales pues cultivos de *Lippia* bajo diferentes condiciones climáticas no muestran diferencias significativas en producción de semilla (Mata-González y Meléndez-González, 2005; Ocampo *et al.*, 2009).

### **2.6.2. Condiciones agronómicas**

El orégano es una planta que se desarrolla en diferentes tipos de suelo (pedregosos, laderas y cañadas) con altitudes de 400 a 2000 msnm; sin embargo, su óptimo desarrollo se establece a los 1400 y 1800 msnm (Huerta, 1997). Debido a la capacidad de adaptación del cultivo, las preparaciones de terreno de siembra son las mismas para diferentes localidades (barbecho, rastreo, surcado e instalación de canales de riego). Aun con la capacidad de adaptación, la planta prefiere suelos no arcillosos de ahí la necesidad de buscar suelos con buen drenaje para evitar enfermedades en los cultivos (Mata-González y Meléndez-González, 2005). El orégano requiere siete riegos anuales, con una lámina por riego de 10 cm para la producción de más de 2 Ton ha<sup>-1</sup> de materia seca (Villanueva y Hernández, 2001).

### **2.6.3. Densidades de siembra**

Para el cultivo de orégano no está establecida una distancia de siembra entre plantas o hileras; sin embargo, utilizar densidades de siembra menor podría aumentar la producción de biomasa al evitar la competencia de nutrientes, como se demostró con cultivos de *Lippia*: 10 000 plantas por hectárea: 2640 kg; 25 000 plantas por hectárea: 1816 kg (Meléndez, 1991; Flores *et al.*, 2011;).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Área de estudio

El experimento se llevó a cabo en el Rancho Tanque Nuevo, camino al Rancho el Coyote km 0.7, municipio de Higueras, Nuevo León, México, se encuentra a una altura de 490 msnm ubicado geográficamente a los 25° 58' 7" latitud norte y 100° 0' 03" longitud oeste. El clima predominante en la región es semiárido, con vegetación mayoritariamente xerofitos, precipitaciones anuales de 200 a 450 mm y 25 °C de temperatura media anual (Figura 3) (INEGI, 2012).



Figura 3. Área de estudio marcado con rojo, Rancho Tanque Nuevo, Higueras, N.L. México, 25°58'7" N y 100° 0'03" W; izquierdo (cielo abierto) y derecho (malla sombra) (INEGI, 2012).

### **3.2. Tratamientos y diseño experimental**

Los tratamientos evaluados en el experimento fueron: 1. Siembra bajo malla sombra por el cual se utilizó una malla del 50 % y 2. Siembra al cielo abierto. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con dos tratamientos y diez repeticiones, en los análisis estadísticos se incluyeron como factor las estaciones del año.

### **3.3. Manejo del cultivo**

Las plantas se establecieron a una distancia entre surcos de 133 cm y 47 cm entre plantas, con una densidad de 15 900 plantas ha<sup>-1</sup>. Se aplicaron 12 Ton ha<sup>-1</sup> de gallinaza como abono de establecimiento y como única fuente de nutrientes. Después de cada corte se deshierbó y se aplicó materia orgánica a razón 3 Ton ha<sup>-1</sup> cada tres meses (el cultivo cuenta con certificado orgánico de USDA Organic y Bioagricert). El riego se aplicó por goteo utilizando para malla sombra un riego semanal de 38.6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, mientras que para cielo abierto se utilizaron 77.2 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> la cantidad diferencial de riego entre los tratamiento se debió a que de acuerdo con medidas de humedad de suelo se encontró una mayor pérdida de agua por evaporación en campo abierto comparado con el sistema protegido, encontrando los requerimientos de riego antes señalados.

### 3.4. Evaluaciones de desarrollo del cultivo de orégano

Los muestreos se efectuaron en cuatro periodos de evaluación: invierno (1 marzo); primavera (1 mayo), verano (6 septiembre), otoño (29 octubre); 10 muestras compuestas de cinco plantas con competencia completa de cada unidad experimental y fueron tomadas al azar en cada sistema de producción.

#### 3.4.1. Diámetro de copa

Esta variable se tomó en cada una de las plantas seleccionadas en las cuatro estaciones del año (invierno 2012, resto 2013). Para la evaluación se utilizó una cinta métrica, *Pretul*, midiendo de extremo a extremo la máxima cobertura de la planta (Figura 4).



Figura 4. Medición del diámetro de la copa en plantas de orégano *Poliomintha longiflora* (Gray) Municipio de Higueras, NL.

### 3.4.2. Altura de las plantas

La altura se evaluó en las cuatro estaciones del año (invierno 2012, resto 2013) en cada una de las plantas seleccionadas, midiendo desde el suelo al tallo con mayor altura (Figura 5).



Figura 5. Medición de altura en plantas de orégano *Poliomintha longiflora* (Gray) Municipio de Higueras, NL.

### 3.4.3. Corte de las plantas

La producción de materia verde se llevó a cabo realizando la poda del orégano con una Hoz *Truper* en las cuatro estaciones del año, procurando remover 2/3 partes del volumen total de la planta, guardándolas en cajones para su manejo, el peso del material vegetal se obtuvo con una báscula EQB (*Torrey*) (Figura 6).



Figura 6. Poda de 2/3 partes de la planta (A) de orégano *Poliomintha longiflora* (Gray). Báscula de pesado (B) para el material vegetal obtenido Municipio de Higueras, N.L.

#### 3.4.4. Secado de plantas de orégano

La materia verde colectada se llevó al cuarto de secado (ORGANICAL<sup>®</sup>), se colocó cada unidad experimental (surco compuesto por 5 plantas) en anaqueles de malla (Figura 7), con un 60 % HR y una temperatura de 55-60 °C por 72 h, después se pesó el material vegetal seco, utilizando una báscula L-EQ (Torrey).

#### 3.4.5. Obtención de hoja seca

Para la obtención de la hoja seca se realizó el zarandeo que consistió en agitar el material vegetal de forma manual y con ayuda de una criba (ORGANICAL<sup>®</sup>), obteniendo el desprendimiento de las hojas del tallo (Figura 8), posteriormente se

registró el peso de la materia seca con una báscula L-EQ (Torrey), y después se colocó en bolsas de papel previamente identificadas para su transportación.

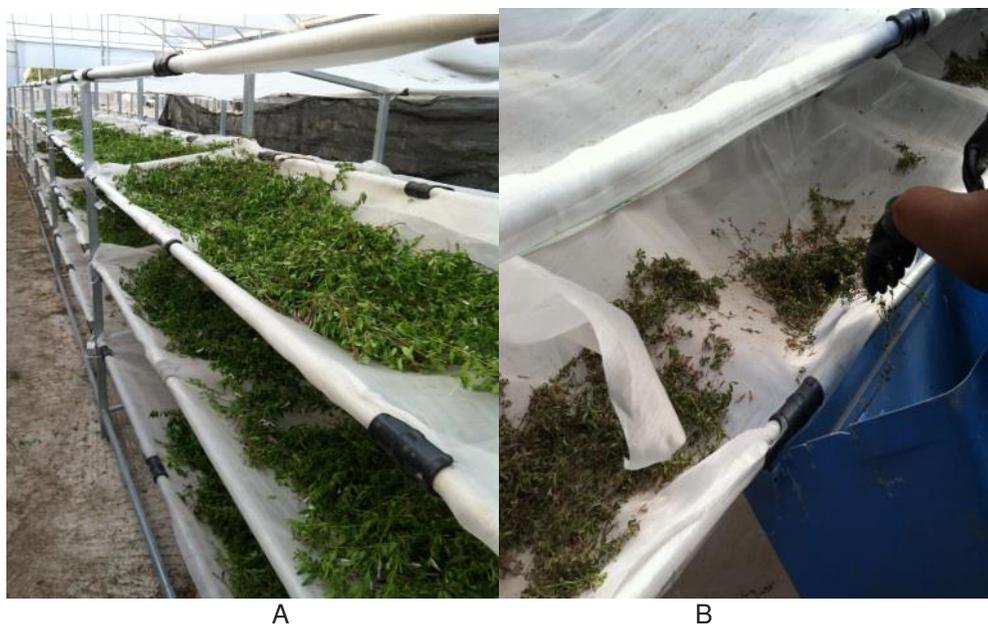


Figura 7. Cuarto de secado (ORGANICAL®) de material vegetal *Polioimntha longiflora* (Gray) (A) a temperatura de 55-60 °C por 72 h, (B) en el Municipio de Higueras, N.L.

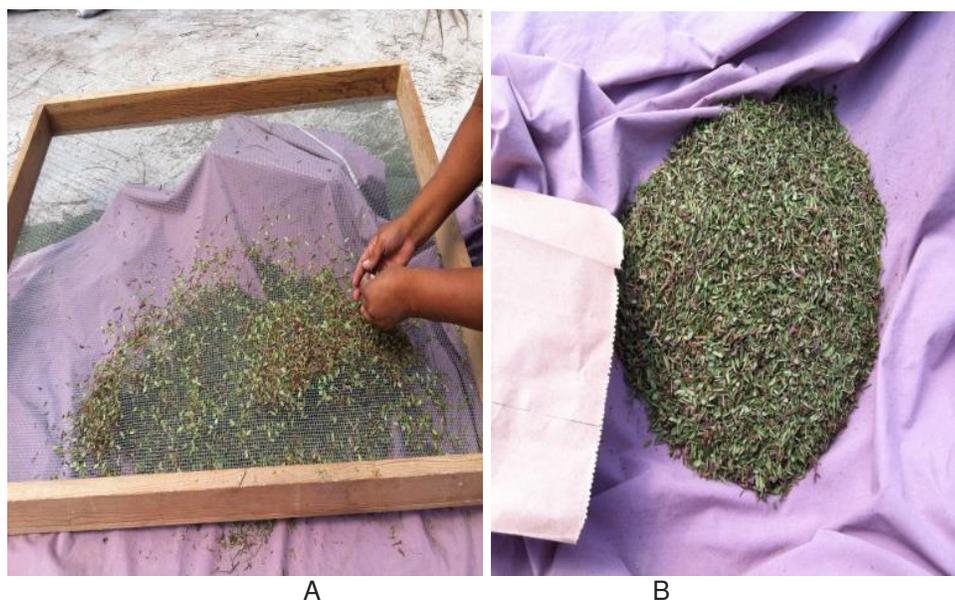


Figura 8. Separación de hoja seca de los tallos (Zarandeo con criba) (A) de plantas de orégano *Polioimntha longiflora* (Gray) y obtención de hoja seca (B) para su almacenamiento en bolsas de papel en el Municipio de Higueras, N.L.

### **3.5. Determinaciones de aceites esenciales**

Para la determinación del contenido de aceites esenciales, el material vegetal fue transportado al Laboratorio de Biotecnología Microbiana, del Centro de Investigación y Desarrollo de la Industria Alimentaria (CIDIA-FAUANL), Campus de Ciencias Agropecuarias, Municipio de General Escobedo, Nuevo León, México. La extracción se realizó por destilación con arrastre de vapor basada en el protocolo propuesto por Flores *et al.* (2011).

#### **3.5.1. Extracción de los aceites esenciales**

Una muestra de 50 g de hoja seca de orégano se sometió a un proceso de destilación en un equipo prototipo; la muestra se depositó en un recipiente receptor que se encontraba conectado mediante una manguera a un depósito generador de vapor, que a su vez; estaba colocado sobre una plancha de calentamiento. El depósito generador de vapor contenía 5 L de agua destilada. El aceite fue arrastrado por el vapor y condensado en un sistema refrigerante y posteriormente se captó en un embudo de separación, por diferencia de densidades, el agua se drenó y se captó el aceite en un tubo eppendorf de 1 mL que previamente había sido registrado su peso y etiquetado con la descripción de la muestra que se iba a almacenar. Finalmente se pesó el aceite contenido en el tubo de almacén, los aceites fueron colocados en un congelador a -20 °C.

## **3.6. Análisis de aceite esencial**

### **3.6.1. Equipo**

Las determinaciones se realizaron en un cromatógrafo de gases Varian 3600 y con una columna capilar BD-1 (30 m X 0.32 mm I.D. X 5.0  $\mu\text{m}$  espesor de la película de columna) con una composición de 100 % dimetilpolisiloxano; usando Helio como gas acarreador y un detector de ionización de flama (FID).

### **3.6.2. Descripción de las condiciones de análisis.**

Mediante un software instalado en una computadora se desarrolló un método de análisis. Se establecieron las condiciones de elusión en gradiente que consistió de la siguiente manera: la columna inició a una temperatura de 60 °C, que aumentó 5 °C cada minuto hasta alcanzar la temperatura de 100 °C, posteriormente se mantuvo por 15 minutos, después aumentó a razón de 25 °C por minuto hasta alcanzar una temperatura de 250 °C, donde se mantuvo por 10 minutos.

### **3.6.3. Cuantificación por estándar externo**

La cuantificación de los componentes de los aceites esenciales de orégano se llevó a cabo para timol y carvacrol los cuales son los compuestos mayoritarios. Se preparó una solución patrón de 20 mg mL<sup>-1</sup> de los estándares (timol:carvacrol) diluida en cloroformo:etanol (1:1).

Los tiempos de retención para timol:carvacrol se determinaron realizando una inyección de una solución de  $10 \text{ mg mL}^{-1}$  del estándar y se corroboró el orden de elusión aplicando al vial (una solución de  $10 \text{ mg mL}^{-1}$  del estándar) una mayor concentración de timol. Después de la aplicación de timol se observó el incremento en el área de pico registrado.

La solución de timol:carvacrol ( $20 \text{ mg mL}^{-1}$ ) se disolvió en cloroformo:etanol en concentraciones de:  $10 \text{ mg mL}^{-1}$ ,  $8 \text{ mg mL}^{-1}$ ,  $6 \text{ mg mL}^{-1}$ ,  $4 \text{ mg mL}^{-1}$ ,  $2 \text{ mg mL}^{-1}$  y  $1 \text{ mg mL}^{-1}$ , posteriormente se inyectó de forma manual la cantidad de  $2 \mu\text{L}$  en el cromatógrafo de gases, con la información obtenida como área bajo la curva del pico de elusión (Y) y la concentración del estándar (X), se realizó un análisis de regresión, que mostró la linealidad del método de análisis y proporcionó la ecuación de predicción, para obtener los valores de timol y carvacrol de las muestras de aceite.

### **3.7. Análisis estadísticos**

Los datos obtenidos de la medición de las variables, fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) bajo un modelo de parcelas divididas, (Steel y Torrie, 1960) teniendo como parcela grande, las cuatro estaciones del año y dentro de ellas los dos sistemas de siembra (malla sombra y cielo abierto) como parcela pequeña, dando una combinación de ocho tratamientos con 10 repeticiones cada uno. Para lo anterior se utilizó el paquete estadístico SPSS Versión 20.0 (IBM). Para las variables

significativas en el ANOVA, se realizó una comparación de medias por la prueba de Tukey utilizando el programa estadístico Diseños Experimentales FAUANL (Olivares, 2012).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Diámetro de copa

El análisis de varianza para el diámetro de copa mostró diferencias altamente significativas para los sistemas de producción, las estaciones del año y la interacción entre los factores ( $p \leq 0.01$ ). En el análisis de comparación de medias del diámetro de copa, se encontró que el sistemas de siembra bajo malla sombra tuvo mayores diámetros en todas las estaciones del año (Cuadro 2).

En la comparación de medias de las estaciones dentro del sistema bajo malla sombra se encontraron los mayores diámetros de planta en verano, seguido de primavera y otoño, finalmente los menores diámetros se registraron en invierno (Cuadro 2). En el caso de la siembra en campo abierto no se encontraron diferencias importantes entre las estaciones para el diámetro de planta.

Los resultados del diámetro de la copa concuerdan con lo reportado por García (2012) quien encontró plantas con diámetros de 0.8 m. Nieto *et al.* (2012) expresan que el área foliar está relacionada con el diámetro de copa de la planta, por lo que a

mayor diámetro se incrementa la captación de luz y por lo tanto se obtiene mayor asimilación de CO<sub>2</sub>, asimismo concuerda con Franklin y Whitelam (2005) y Ayala-Tafoya *et al.* (2011) que reportan el efecto de escape al sombreado como un efecto que presentan las plantas manifestando mayor cobertura foliar.

Cuadro 2. Comparación de medias de la evaluación de las variables de producción de orégano (*Poliomintha longiflora* Gray) en dos sistemas de cultivo: malla sombra y cielo abierto.

	Invierno (2012)		Primavera (2013)		Verano (2013)		Otoño (2013)	
	Malla (T1)	Cielo (T2)	Malla (T3)	Cielo (T4)	Malla (T5)	Cielo (T6)	Malla (T7)	Cielo (T8)
Diámetro de copa (m)**	0.7 <b>c</b>	0.5 <b>e</b>	0.8 <b>b</b>	0.5 <b>de</b>	0.9 <b>a</b>	0.5 <b>de</b>	0.8 <b>bc</b>	0.6 <b>d</b>
Altura de plantas (m) **	0.6 <b>a</b>	0.4 <b>bc</b>	0.5 <b>a</b>	0.4 <b>bc</b>	0.6 <b>a</b>	0.3 <b>c</b>	0.6 <b>a</b>	0.4 <b>b</b>
Producción de materia verde (kg ha <sup>-1</sup> ) **	1183 <b>b</b>	744 <b>b</b>	789 <b>b</b>	941 <b>b</b>	3040 <b>a</b>	665 <b>b</b>	1056 <b>b</b>	903 <b>b</b>
Producción de materia seca (kg ha <sup>-1</sup> ) **	333 <b>b</b>	288 <b>b</b>	258 <b>b</b>	346 <b>b</b>	616 <b>a</b>	249 <b>b</b>	300 <b>b</b>	342 <b>b</b>
Peso de hoja seca (kg ha <sup>-1</sup> ) **	215 <b>b</b>	206 <b>b</b>	182 <b>b</b>	255 <b>b</b>	447 <b>a</b>	190 <b>b</b>	152 <b>b</b>	227 <b>b</b>
Relación hoja tallo (%) **	65 <b>c</b>	73 <b>ab</b>	71 <b>abc</b>	74 <b>a</b>	72 <b>abc</b>	77 <b>a</b>	54 <b>d</b>	67 <b>bc</b>

Sig: \*\*( $p \leq 0.01$ ). a, b, c, d, e en la misma hilera indican que hay diferencia entre los tratamientos (Prueba de Tukey).

## 4.2. Altura de las plantas

La variable altura de planta presentó los mayores valores en las plantas bajo el tratamiento de malla sombra en todas las estaciones del año ( $p \leq 0.01$ ). En la comparación de medias de las estaciones dentro del sistema de malla sombra no se encontraron diferencias significativas, sin embargo, en campo abierto se encontró la menor altura en el verano (Cuadro 2).

Los resultados en la altura de plantas de orégano bajo cultivos protegidos han sido explicado por Franklin y Whitelam (2005); Ayala-Tafoya *et al.* (2011); Nieto *et al.* (2012), como un efecto de escape al sombreado; en el que las plantas con menor radiación presentan mayor crecimiento buscando la luz. La SEMARNAT (2007) y García (2012) reportan alturas de  $0.64 \text{ m} \pm 0.067 \text{ m}$ . en plantas de orégano bajo un sistema de cultivo en campo abierto, estos resultados son similares a los encontrados en el presente trabajo.

## 4.3. Producción de materia verde

La mayor producción de materia verde se presentó en las plantas bajo el tratamiento de malla sombra en la estación de verano (T5), con una media de  $3040 \text{ kg ha}^{-1}$ , siendo estadísticamente diferente al resto de las estaciones ( $p \leq 0.01$ ) (Figura 9)

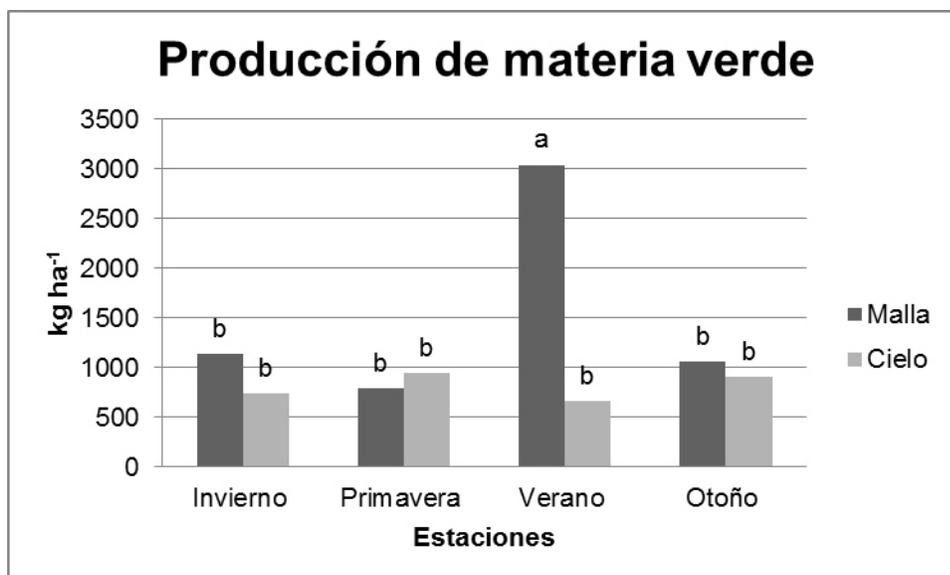


Figura 9. Producción de materia verde (kg ha<sup>-1</sup>) en plantas de orégano (*Poliomintha longiflora* Gray) en diferentes estaciones del año (invierno 2012, resto 2013) (letras diferentes indican diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) Prueba de Tukey).

El comportamiento en la producción en verde fue igual en los dos sistemas para invierno, primavera y otoño, sin embargo, es importante destacar que el menor valor promedio fue registrado en el verano ( $T6 = 665 \text{ kg ha}^{-1}$ ) en las plantas del sistema cielo abierto, evidenciando la agresividad del ambiente sobre las plantas, en contraste con las que se encontraban en el sistema de malla sombra que como ya se mencionó fueron las más productivas.

Las condiciones ambientales en los meses previos al muestreo de verano tuvieron una influencia importante sobre el crecimiento de las plantas, por un lado se registró la máxima precipitación (80 mm) y posteriormente se incrementaron las temperaturas llegando en promedio a 35 °C en el mes de julio (Figura. 10), sin embargo las plantas protegidas por la malla no se vieron tan afectadas. La malla sombra evita la

evaporación acelerada, por lo que los niveles de humedad del suelo son retenidas por más tiempo, lo que conlleva a un alto nivel de apertura estomática en las hojas y facilita el intercambio de CO<sub>2</sub> y proporciona mayor ingreso de nutrientes a la planta; siendo esta explicación lo que exponen algunos investigadores (Franks, 2007; Cih-Dzul *et al.*, 2011; Nieto *et al.*, 2012). Así también; Rodríguez *et al.* (2004) reportaron que los cultivos bajo malla sombra superan al 100% el rendimiento al compararlos con sistemas de cielo abierto.

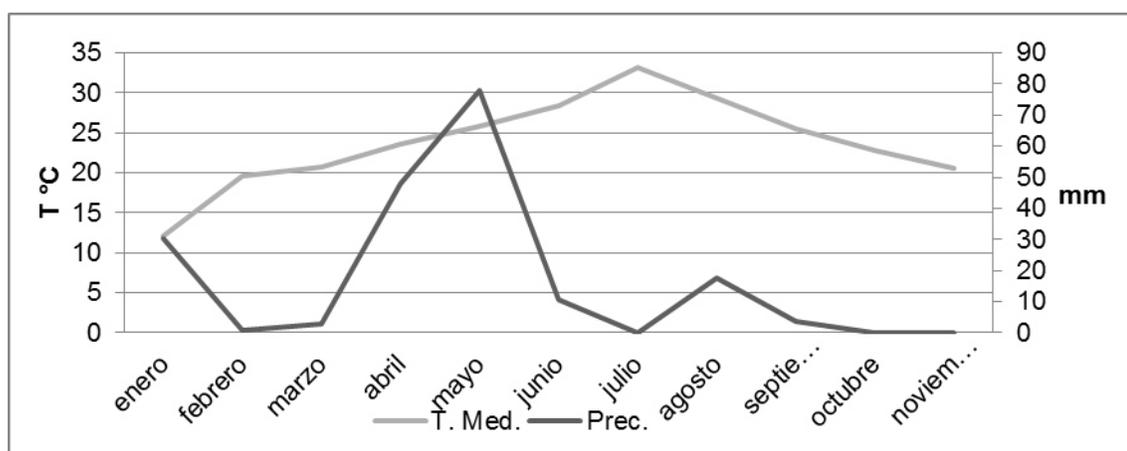


Figura 10. Grafica de los promedios mensuales de temperatura y precipitación durante el año 2013 (INIFAP, 2003).

#### 4.4. Producción de materia seca

Con respecto a la producción de materia seca el comportamiento fue similar al reportado para la producción de materia verde (Cuadro 2) encontrando que la mayor producción en seco se presentó en las plantas bajo el sistema de malla sombra en

verano (T5), con una medias de 616 kg ha<sup>-1</sup> siendo estadísticamente diferente al resto de los siete tratamientos restantes ( $p \leq 0.01$ ) (Figura 11).

Los resultados muestran que las plantas tuvieron un efecto de protección con la malla. Castellanos (2009) reporta que el uso de malla sombra permite modificar el ambiente natural en donde se desarrollan los cultivos, así como un crecimiento óptimo y por ende, un alto rendimiento.

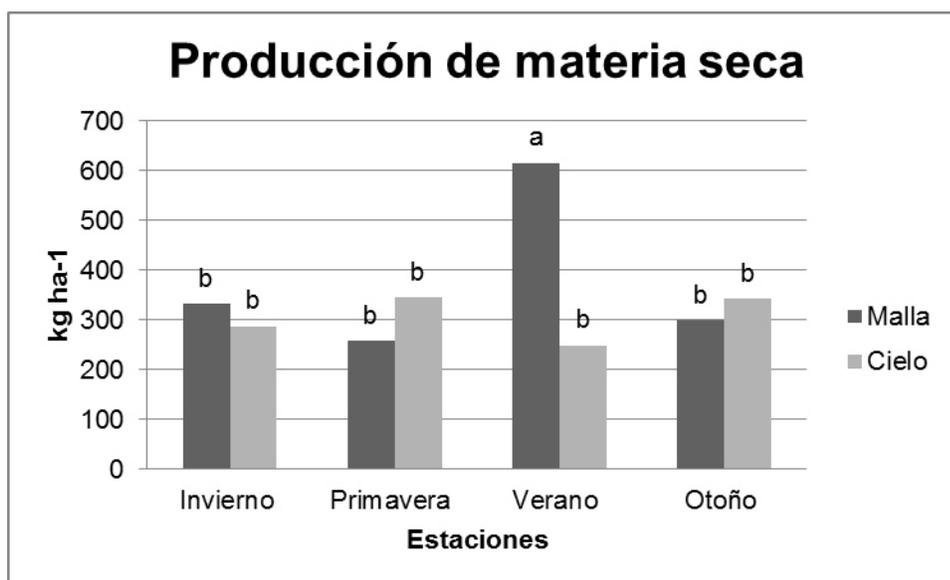


Figura 11. Producción de materia seca (kg ha<sup>-1</sup>) en plantas de orégano (*Poliomintha longiflora* Gray) en diferentes estaciones del año (invierno 2012, resto 2013) (letras diferentes indican diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ), Prueba de Tukey).

#### 4.5. Peso de hoja seca

El peso de hoja seca, presentó el mismo comportamiento que las variables producción de materia verde y producción de materia seca obtenido en las plantas bajo el sistema de malla sombra en la estación de verano (T5), se obtuvo un valor promedio de 447 kg ha<sup>-1</sup> siendo estadísticamente diferente al resto de los tratamientos ( $p \leq 0.01$ ) (Figura 12).

Los altos rendimientos obtenidos de materia seca en el verano bajo el sistema de malla sombra se explican debido a que en estos meses hay un exceso de radiación solar, así como altas temperaturas, lo que causa mayor estrés a las plantas en campo abierto, comparadas con las que están en el sistema protegido.

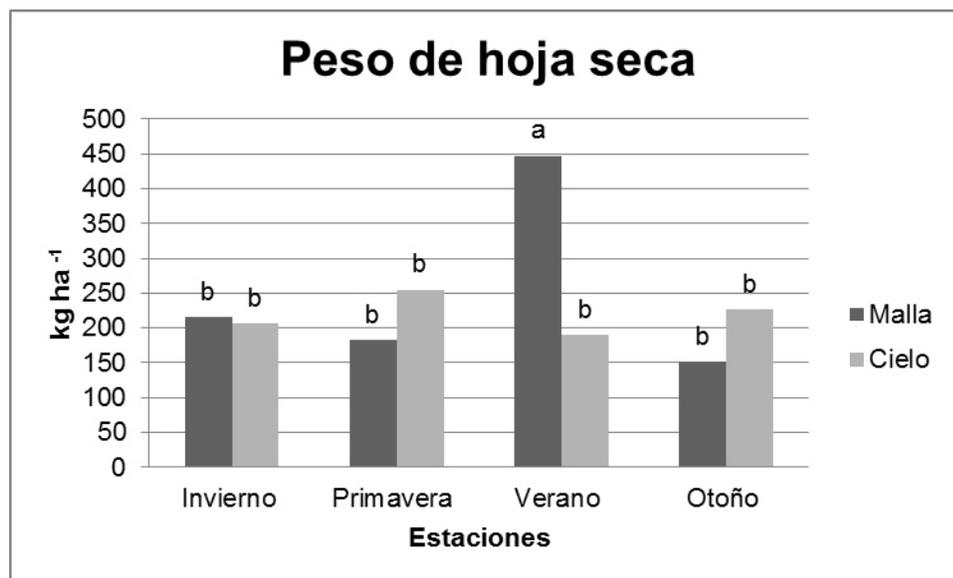


Figura 12. Producción de hoja seca (kg ha<sup>-1</sup>) en plantas de orégano (*Poliomintha longiflora* Gray) en diferentes estaciones del año (invierno 2012, resto 2013) (letras diferentes indican diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) Prueba Tukey).

La radiación solar es menor en otoño, que en invierno y primavera por lo que los efectos de la malla sombra pudieran tener un déficit de radiación en los meses de otoño e invierno, lo que se traduciría en menores rendimientos. Esto se evidenció en las estaciones de primavera y otoño en donde se obtuvieron menores rendimientos de materia seca en el sistema de malla sombra aunque las diferencias no llegaron a ser significativas, sin embargo, se observó que las hojas eran más gruesas y pesadas, lo que concuerda con lo reportado por Ayala-Tafoya *et al.* (2011) donde mencionan que plantas con mayores niveles de radiación presentan mayor peso por unidad de área foliar, que se traduce en hojas con mayor eficiencia para realizar la fotosíntesis, así como mayor rendimiento y calidad de producción.

#### **4.6. Relación hoja-tallo**

Con respecto a la variable relación hoja tallo se encontró una mayor relación hoja-tallo en el sistema de campo abierto en las estaciones de otoño e invierno. Este resultado se explica debido a que en estas estaciones la radiación solar es menor, por lo que las plantas bajo el sistema de malla sombra privilegian el crecimiento del tallo, buscando mayor incidencia de luz, como se discutió en la sección anterior.

La comparación de medias de la relación hoja-tallo en el sistema de campo abierto no mostró diferencias importantes, sin embargo, en el sistema de malla sombra se encontraron menores proporciones en las estaciones de otoño e invierno. Estos

resultados indican que las plantas del sistema de cielo abierto tuvieron una mayor proporción de hojas y mayor peso de las mismas, aunque sus tallos eran cortos y poco numerosos en las estaciones de otoño e invierno.

Los resultados concuerdan con Oguchi *et al.* (2003); Ayala-Tafoya *et al.* (2011); Casierra-Posada *et al.* (2011), los cuales, reportaron que las plantas con alta cantidad de luz presentan menor área foliar, así como tallos cortos y escasos; pero con hojas más pesadas, gruesas y con alta actividad fotosintética, debido a una mayor tasa de fijación de CO<sub>2</sub> por unidad de área foliar. Debido a estos resultados se sugiere que el sistema de malla sombra sea utilizado únicamente en verano cuando existe una mayor radiación solar.

#### **4.7. Producción de aceite**

Los valores medios de la producción de aceite presentaron diferencias estadísticas, encontrando que los tratamientos de malla sombra en verano (T5), y sistema de campo abierto en otoño presentaron los mayores niveles (Figura 13), sin embargo, en cuanto a la suma de producción anual por hectárea de las diferentes estaciones, no se observó diferencia en el rendimiento del aceite en los diferentes tratamientos (Cuadro 3).

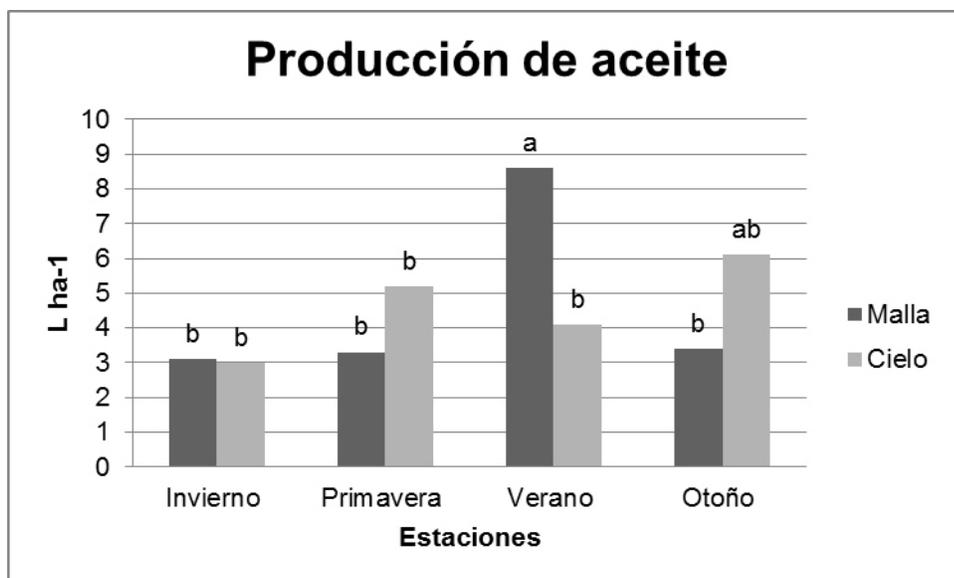


Figura 13. Rendimiento de la producción de aceite en plantas de orégano en las diferentes estaciones del año (invierno 2012, resto 2013) (letras diferentes indican diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) Prueba de Tukey).

Cuadro 3. Producción anual de aceite en plantas de orégano (*Poliomintha longiflora* Gray) en el año (invierno 2012, resto 2013), bajo dos sistemas de cultivo: malla sombra y cielo abierto.

	Invierno (2012)		Primavera (2013)		Verano (2013)		Otoño (2013)	
	Malla	Cielo	Malla	Cielo	Malla	Cielo	Malla	Cielo
Producción de aceite (L ha <sup>-1</sup> ) **	3.1 b	3 b	3.3 b	5.2 b	8.6 a	4.1 b	3.4 b	6.1 ab
Producción anual del aceite de orégano (L ha <sup>-1</sup> )	Malla sombra				Cielo abierto			
	18.4				18.4			

Sig: \*\*( $p \leq 0.01$ ). a, b, c, d, e en la misma hilera indican que hay diferencia entre los tratamientos (Prueba de Tukey).

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Rodríguez-Alvares *et al.* (2012) que mencionan que la producción de aceite esencial en plantas aromáticas puede llegar hasta 20 L ha<sup>-1</sup> en un año, estos datos son confirmados por Flores *et al.* (2011); Silva y González (2012), con cantidades que oscilan en 18.7 L ha<sup>-1</sup> de

cosecha anual, sin embargo estos resultados se contraponen a lo establecido por Cueto et al. (2010) que reportan  $40 \text{ L ha}^{-1}$  de producción anual.

## 4.8. Calibración del equipo

### 4.8.1. Tiempo de retención de estándares

La expresión gráfica de la elusión de la inyección manual de  $2 \mu\text{l}$  de la solución de timol:carvacrol ( $10 \text{ mg mL}^{-1}$ ) al cromatógrafo de gases, se presenta en la Figura 14 donde podemos observar un tiempos de retención de 33.62 min para timol y 33.85 min para carvacrol.

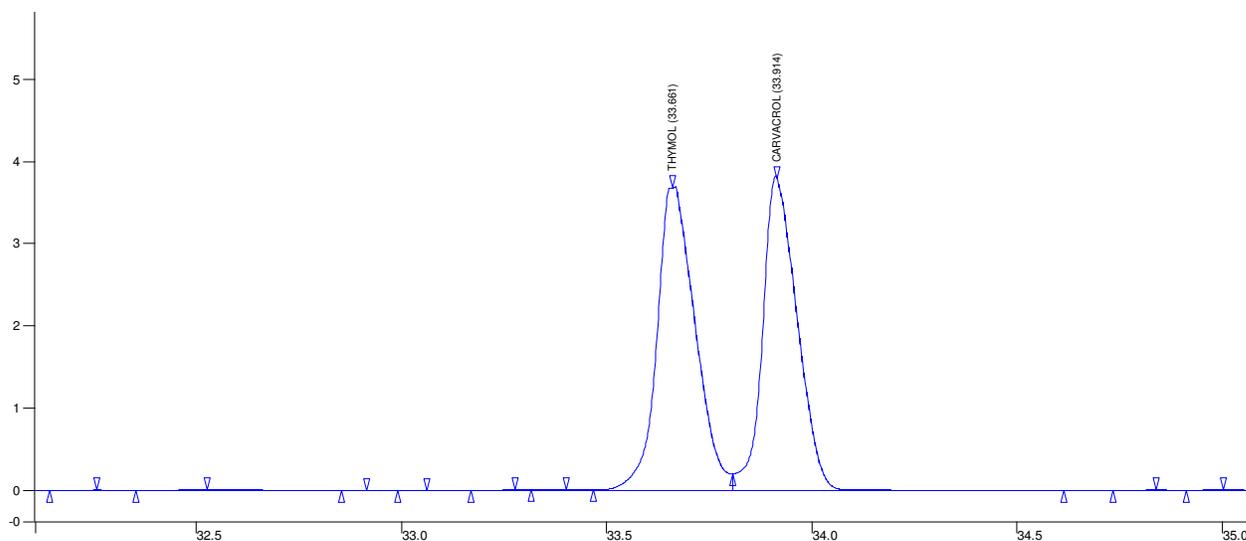


Figura 14. Cromatograma que muestra el orden de elusión de los estándares de timol y carvacrol componentes mayoritarios del aceite esencial de orégano *Poliomintha longiflora* (Gray)

#### 4.8.2. Timol

El análisis de regresión entre concentración del estándar de timol y su respuesta cuantificada como área de pico, determinada por el cromatógrafo de gases presentó una  $R^2$  de 0.98, lo cual indica una respuesta lineal entre estas dos variables. La ecuación de predicción generada se presenta en la Figura 15, la cual fue utilizada para la cuantificación de timol en las muestras.

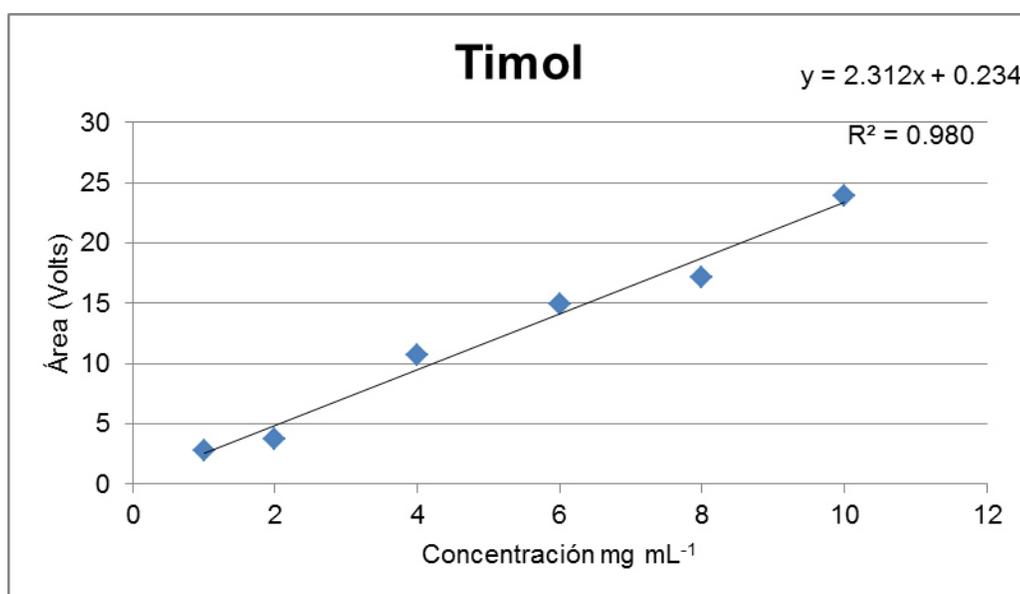


Figura 15. Curva estándar de calibración para la cuantificación de timol en aceite de orégano *Poliomintha longiflora* (Gray) en las cuatro estaciones del año.

#### 4.8.3. Carvacrol

El análisis de regresión entre concentración del estándar de carvacrol y su respuesta cuantificada como área de pico, determinada por el cromatógrafo de gases presentó una  $R^2$  de 0.98, lo cual indica una respuesta lineal entre estas dos

variables. La ecuación de predicción generada se presenta en la Figura 16. La cual fue utilizado para la cuantificación de carvacrol en las muestras.

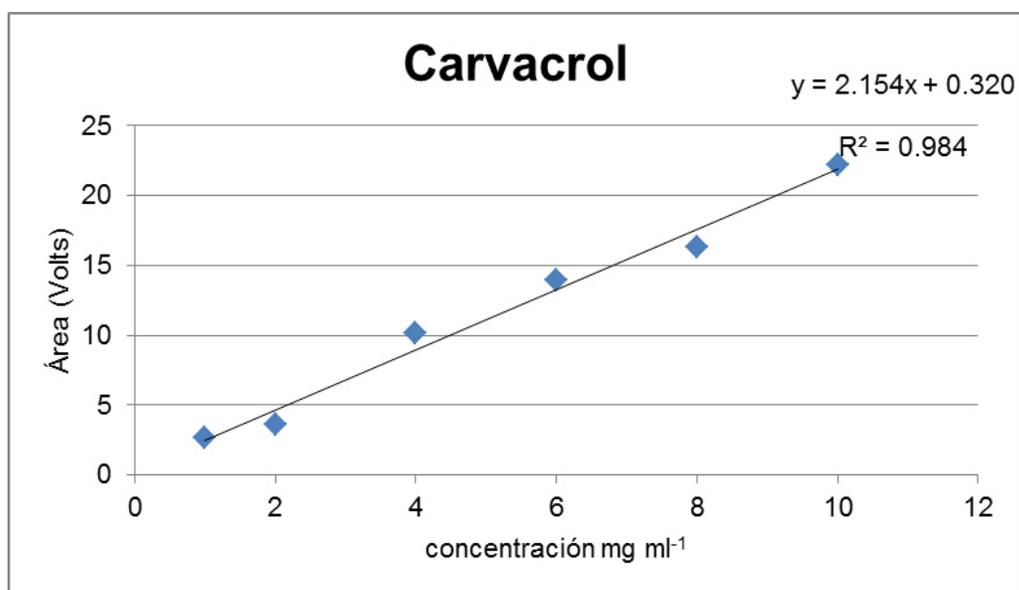


Figura 16. Curva estándar de calibración para la cuantificación de carvacrol en aceite de orégano *Poliomintha longiflora* (Gray) en las cuatro estaciones del año.

#### 4.9. Calidad del aceite

##### 4.9.1. Timol

El análisis de timol al aceite de orégano solo se realizó en 20 % de las muestras debido a problemas con el cromatógrafo de gases, por lo cual, el análisis de varianza presentó 8 grados de libertad del error y se concluyó que el timol presente en las muestras no mostró diferencia estadística entre los tratamientos, sin embargo, se encontró diferencia entre estaciones, primavera e invierno presentaron los mayores niveles de timol en los tratamientos 1, 2, 3 y 4 (Cuadro 4).

Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Rivero *et al.* (2011) que registraron concentraciones del 12 % de timol, en aceite de plantas silvestres en el género *Lippia*. Al contrario de Erler y Cetin (2009) y Acevedo *et al.* (2013) que reportan que la concentración de timol varía del 17.1 % al 67.5 % en plantas del género *Origanum*, así mismo se contrapone a Rivero *et al.* (2011) que reportan ausencia del timol en plantas del género *Poliomintha*.

Cuadro 4. Cuantificación de timol y carvacrol en plantas de orégano (*Poliomintha longiflora* Gray) en el año (invierno 2012, resto 2013), bajo dos sistemas de cultivo: malla sombra y cielo abierto.

	Invierno (2012)		Primavera (2013)		Verano (2013)		Otoño 3.5(2013)	
	Malla (T1)	Cielo (T2)	Malla (T3)	Cielo (T4)	Malla (T5)	Cielo (T6)	Malla (T7)	Cielo (T8)
Calidad del aceite (%)**	timol	timol	timol	timol	timol	Timol	timol	Timol
	4.9 <b>b</b>	6 <b>b</b>	7.7 <b>a</b>	7.4 <b>a</b>	1 <b>c</b>	1.3 <b>c</b>	1.4 <b>c</b>	1.5 <b>c</b>
	carv	carv	carv	carv	carv	Carv	carv	Carv
	8.8 <b>b</b>	10.7 <b>b</b>	11.68 <b>a</b>	14.9 <b>a</b>	2.3 <b>c</b>	4 <b>c</b>	3.5 <b>c</b>	4.5 <b>c</b>

Sig: \*\*( $p \leq 0.01$ ). a, b, c en la misma hilera indican que hay diferencia entre las estaciones (Prueba de Tukey).

#### 4.9.2. Carvacrol

Los análisis del carvacrol se realizaron igual que en la sección anterior, el ANOVA no presentó diferencia estadística entre los tratamientos, sin embargo, se descubrió diferencia estadística entre las estaciones, presentando en invierno y primavera las mayores concentraciones, así mismo, los resultados demostraron una alta producción de carvacrol bajo el tratamiento de cielo abierto (Cuadro 4).

Los resultados de mayor producción de carvacrol en plantas del sistema cielo abierto concuerdan con Valdés *et al.* (2012) quienes reportan que las plantas ante un ambiente de estrés oxidativo como la radiación, generan un aumento en la concentración de carvacrol y timol, por otro lado, el aumento en la concentración de carvacrol provoca la disminución de timol y viceversa (Arcila-Lozano *et al.*, 2004). La concentración de carvacrol encontrada en el presente estudio es semejante a la reportada por Rivero *et al.* (2011) quienes declaran concentraciones del 13.48 % de carvacrol en aceite de plantas silvestres del género *Poliomintha*. Concentraciones aún más elevadas han sido reportadas por Eler y Cetin (2009) los cuales obtuvieron concentraciones de carvacrol que están en el rango de 29.6 % al 56.1 %.

## 5. CONCLUSIONES

1. El cultivo bajo el sistema de malla sombra fue más productivo, superando al tratamiento de cielo abierto; en la estación de verano y menos productivo en las estaciones de primavera y otoño.
2. Los análisis del aceite mostraron que el uso de la malla sombra no afectó la composición de los componentes del aceite, lo que indica que el sistema de malla sombra puede ser una excelente alternativa para la producción de orégano.
3. Los componentes del aceite de orégano (timol y carvacrol) presentaron la mayor concentración en invierno y primavera, revelando que se obtiene un producto de mayor calidad; así mismo, se observó que el porcentaje de carvacrol aumentó bajo el sistema de cielo abierto.

## **6. RECOMENDACIONES**

Considerando los resultados obtenidos se sugiere que el sistema de malla sombra sea utilizado únicamente durante los meses de mayor radiación solar en verano y retirarlo en los meses de menor radiación: primavera, otoño e invierno.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, D. M. Navarro, y L. Monrroy. 2013. Composición química del aceite de hojas de orégano (*Origanum vulgare*). Revista Información Tecnológica. Vol. 24: 43-48 p.
- Aguilar-Murillo, X., G. Valle-Meza, G. González-Rosales, B., Murillo-Amador. 2013. Guía de cultivo de orégano. Edit. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México. 106 p.
- Ahn, J., I.U. Grun, and A. Mustapha. 2004. Antimicrobial and antioxidant activities of natural extracts in vitro and in ground beef. Journal Food Protection. Vol. 67: 148-155.
- Alanís, FGJ, y C. Ballester. 2007. El valor de nuestras plantas. Fondo Editorial de Nuevo León. p. 148.
- Álvarez, C.A. 1999. Determinación y cuantificación de la capacidad antimicrobiana y antioxidante de las fracciones polares del orégano (*Origanum vulgare L.*). Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Aranda, R.J., Z.L. Cisneros, and G.A. Puerta. 2009. Antimicrobial effect of essential oil of oregano of the genres *Poliomintha longiflora* Gray and *Lippia berlandieri* Revista Salud Pública y Nutrición. Editorial. Facultad de salud Pública y Nutrición UANL. Vol. 1 ISSN 1870-0160.
- Arcila-Lozano, C.C, G. Loarca- Piña, S. Lecona-Uribe yE. Gonzales (2004). El Orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 54: 100-111 p.
- Ayala-Tafoya, F., D.M. Zatarain-López, M. Valenzuela-López, L. Partida-Ruvalcaba, T. Velázquez-Alcaraz, T. Díaz-Valdés, J. Osuna-Sánchez. 2011. Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a radiación solar transmitida por malla sombra. Terra Latinoamericana. Vol. 29: 403-410 p.
- Avalos G., A. y E. Perez-Urria Carril. 2009. Metabolismo secundario de plantas. Reduca (Biología) Fisiología vegetal. Universidad Complutense, Madrid. España. Vol. 2: 119-145 p.
- Blando, J., B. Luengas, y B. Bautista. 2005. Enraizamiento Estacional de Varetas de Orégano (*Lippia berlandieri* Schawer). Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo.

- Bosabalidis, A. M. 2002. Structural features of *Origanum* sp. In S. E. Kintzios [ed.], *Oregano: The genera Origanum and Lippia*. Taylor & Francis, London, UK. 11-64 p
- Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potencial aplicaciones in food –a review, *Int. Journal Food Microbial*. Vol. 94: 223-253 p.
- Casierra-Posada, F., J.E. Peña-Olmos, Ch. Ultrichs. 2011. Crecimiento y Eficiencia Fotoquímica del Fotosistema II en plantas de Fresa (*Fragaria* sp.) Afectadas por la Calidad de la Luz: Implicaciones Agronómicas. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. Vol. 14(2): 43 – 53 p.
- Castellanos J.Z. 2009. Manual de producción de tomate en invernadero. Intagri, S.C. Celaya, Gto. México. 38 p.
- Castillo, E. S. 1986. Aspectos entobotánicos y autoecológicos de *Poliomintha Longiflora* Gray en la ranchería Los Picos, municipio de Higuera, Nuevo León. Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas U.A.N.L. 50 p.
- Cih-Dzul, I., R. Jamarillo-Villanueva, M. Tornero-Campante, R. Schwentesius-Rinderman. 2011. Characterization of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Tropical Subtropical Agroecosystem*. Vol. 14: 501-512.
- Combrinck, S., G.W., Du Plooy, R.I. Mccrindle, and B.M. Botha. 2007. Morphology and histochemistry of the glandular trichomes of *Lippia scaberrima* (Verbenaceae). *Annals of Botany*. Vol. 99: 1111–1119.
- CONAFOR, 2008. Paquete tecnológico para la producción de orégano (*Lippia spp.*) En línea: [www.conafor.gob.mx/biblioteca/OREGANO.pdf](http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/OREGANO.pdf)
- Cueto, M., C. Morales., Ma. Alanís, A. Oranday, C. Amaya, A. Núñez, J., Samaniego, y P. Cano. 2010. Antifungal Properties of Essential Oil of Mexican Oregano (*Lippia berlandieri*) against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Revista Mexicana de Micología*. Vol. 31: 29-35 p.
- Cutter, C.N. 2000. Antimicrobial effect of herb extracts against *Escherichia coli* 0157:H7, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella Typhimurium* associated with beef. *Journal Food Protection*. Vol. 63: 601-607.
- Dafarera, D.J., B.N. Ziogas, M.G. Polissiou. 2000. GC-MS Analysis of essential oils from some greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 48: 2576 – 2581.
- Erler F. y H. Cetin, 2009. Components from the Essential Oils from Two *Origanum* Species as Larvicides Against *Euproctis chrysorrhoea* (Lepidoptera: Lymantriidae). *Journal of Agricultural and Urban Entomology*. Vol. 26: 31-40.
- Fahn, A. 1986. Structural and functional properties of trichomes of xeromorphic leaves. *Annals of Botany*. Vol. 57: 631–637.
- Flores, A., J. Hernández., J. López., L. Valenzuela., M. Martínez., H. Madinaveitia. 2011. Producción y Extracción de Aceite de Orégano (*Lippia graveolens* Kunth) Bajo Cultivo en la Comarca Lagunera, Universidad Autónoma de Chapingo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* Vol. 3

- Franklin K.A. and G.C. Whitelam. 2005. Phytochromes and shade-avoidance responses in plants. *Journal Annals of Botany*. Vol. 96 (2): 169-175 p.
- Franks, P.G. 2007. The Mechanical Diversity of Stomata and Its Significance in Gas-Exchange Control. *Plant Physiology*. Vol. 143: 78-87 p.
- García N. 2012. Aprovechamiento de orégano silvestre (*Lippia* spp.), en la comunidad de Tesila, el Fuerte, Sinaloa. Tesis de Maestría. Institución Intercultural del Estado de Sinaloa. Universidad Autónoma Indígena de México. 20 p.
- Gershenzon J. M. Maffei, and R. Croteau. 1989. Biochemical and histochemical localization of monoterpene biosynthesis in the glandular trichomes of spearmint (*Mentha spicata*). *Journal Plant physiology*. Vol. 89: 1351-1357 p.
- Günther, E. 1948. *The Essential Oils*. Vol. 1: History and origin in Plants Production Analysis. Krieger Publishing: New York, USA. 11 p.
- Huerta, C. 1997. Orégano mexicano: oro vegetal. *Biodiversitas* 15: 8-13 p.
- INEGI. (2012). Sistema mapa digital de México. En línea: <http://gaia.inegi.org.mx/mdm5/viewer.html>.
- INIFAP. (2003). Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos. En línea: [clima.inifap.gob.mx/redclima/clima/default.aspx?estado=18](http://clima.inifap.gob.mx/redclima/clima/default.aspx?estado=18)
- Joseph N., P. 1975. *Cromatografía de Gases*. Separaciones cromatograficas. 1ª edición EDICOL S.A. México. 48-66 p.
- Koolman, J., y Rohm, K. 2004. *Bioquímica: texto y atlas*. 3a ed.- Madrid: Médica Panamericana, S.A. 52-53 p.
- Lewis W.H. 1990. *Medical Botany Plants Affecting Man`s Health*. John Wiley, New York, USA. 459-465 p.
- Linares M., E. and R. Bye, 1987. A study of four medicinal plant complexes of México and adjacent United States. *Journal of Ethnopharmacology*. Vol. 19: 153-187.
- Martínez-Natarén, D. A., V., Parra-Tabla, G., Dzib, and L. M., Calvo-Irabién. 2011. Morphology and density of glandular trichomes in populations of Mexican oregano (*Lippia graveolens* H.B.K., Verbenaceae), and the relationship between trichome density and climate Source: *The Journal of the Torrey Botanical Society*. Vol. 138: 134-144 p.
- Mata-González, R., and R., Meléndez-González. 2005. Growth Characteristics of Mexican Oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) Under Salt Stress. *The Southwestern Naturalist*. Vol. 50: 1-6 p.
- McCaskill, D. and R. Croteau. 1995. Monoterpene and sesquiterpene biosynthesis in glandular trichomes of peppermint (*Mentha × piperita*) rely exclusively on plastid-derived isopentenyl diphosphate. *Journal Planta* Vol. 197: 49–56 p.
- Meléndez, G. R., S.A. Ortega R. y R. Peña R. 1991. Estado actual del conocimiento sobre el orégano en México. Primera edición. URUZA-UACH. Bermejillo, Dgo, México. 1-10p.

- Méndez, C. S. 2000. Efecto del ajo en polvo sobre *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* usando como ambiente de interacción ensalada de atún. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Químicas; Chihuahua, Chihuahua; 58 p.
- Mittermeier, R., A., C. Goettsch-Mittermeier, y P. Robles G. 1997. Megadiversidad: Los países biológicamente más ricos del mundo. Cemex y Agrupación Sierra Madre. SC. México. 501 p.
- Muñoz, C., L. M. 2002. Plantas medicinales españolas *Origanum Vulgare* L (*Laminaceae*) (OREGANO). Acta Botanica Malacita. Vol. 27: 273- 280
- Nieto, A., A. Murillo., B. Luna., P. Mercado., C. Briseño., S. Hiraes., L. 2012. Dosis de composta lombricomposta y biofertilizantes para la producción de hierbas aromáticas en agricultura protegida. Edit. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México. 29 p.
- Ocampo, R., G. Malda., G. Suárez. 2009. Biología Reproductiva del Orégano Mexicano (*Lippia graveolens* Kunth) en tres condiciones de aprovechamiento. Agrociencia. Vol. 43: 475-482 p.
- Oguchi, R., K. Hikosaka, and T. Hirose. 2003. Does the change in light acclimation need leaf anatomy? Plant Cell Environ. Vol. 26: 505-512 p.
- Olivares, S. E. (2012) Paquete de Diseños Experimentales, FAUANL. Versión 1.1. Facultad de Agronomía UANL. Gral. Escobedo, N.L.
- Ortuño, S., M. F. 2006. Manual Práctico de Aceites esenciales, aromas y perfumes. AIYANA, España. 7-9 p.
- Paludosi, S., 1997. Orégano; Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 14. Proceedings of the IPCRI International Workshop on Oregano. CIHEAM, Valenzano, Bari, Italy. 78-79 p.
- Paredes A., M. M. G. Gastélum F., y R. Silva V. 2007. Efecto antimicrobiano del orégano mexicano (*Lippia berlandieri* Schauer) y de su aceite esencial sobre cinco especies del género *Vibrio*. Revista Fitotecnia Mexicana. 30: 261-267 p.
- Pitzer S. Growing & Using Oregano. 1973. Storey's Country Wisdom Bulletin A-157. 3 p.
- Primo, E., 1995. Química Orgánica Básica y Aplicada. De la molécula a la industria. Tomo II, Editorial Reverte, S.A. España. 851-852 p.
- Rivero, C., Duarte G., Navarrete A., Bye R., Linares E., y Mata R. 2011. Chemical Composition and Antimicrobial and Spasmolytic Properties of *Poliomintha longiflora* and *Lippia graveolens* Essential Oils. Journal of Food Science Vol. 76: 2 309-317 p.
- Rodríguez B., L.A. M. Ramírez M., y O. Pozo C. 2004. Tecnología de producción de chile piquín en el noreste de México. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Río Bravo. Folleto Técnico Núm. 29. Tamaulipas, México. 33 p.

- Rodríguez-Álvarez, M., Alcaráz-Meléndez, L., y Real-Cosío, S. 2012. Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. Edit. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México. 38 p.
- Sarukhán J., y R. Dirzo. 2001. Biodiversity-rich countries, en S.A. Levin (ed.), Encyclopedia of biodiversity, vol. 1. Academic Press, San Diego, pp. 419-436.
- SEMARNAT. 2007. Manual de criterios técnicos que establece los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de recursos forestales no maderables de clima árido y semiárido. En línea: [centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/Manual\\_Clima\\_arido.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/Manual_Clima_arido.pdf)
- Silva, R., y P. A. González. 2012. Influencia del estrés hídrico y las etapas fenológicas en la producción y composición del aceite esencial de orégano *Lippia berlandieri* (Schauer) Centro de Investigación para los Recursos Naturales. (CIReNa), Saltaices, Chih. Sociedad Científica del Orégano A.C. En línea: [sociedadcientificadeloreganoac.blogspot.com](http://sociedadcientificadeloreganoac.blogspot.com)
- Steel, R. G., D. and J. H. Torrie. (1960). Principles and Procedures of Statistics. New York, N.Y. McGraw-Hill Book Company, Inc. 368-391 p.
- Valdés O., F. J., C. Rivas M., A. Benavides M., MA. Nuñez Gzz., J. Verde S., A. Oranday C., V. Robledo T. 2012. Efectos de iones y sales en la productividad y acumulación de prolina en *Lippia graveolens* H.B.K. Revista Internacional de Botánica Experimental. Vol. 81: 191-198 p.
- Valero, J., L. Muñoz., B. Rivera., Q. Cruz., R. Vázquez., Gpe. Nevárez. 2012. Control Natural de Cepas de *Phymatotrichopsis omnivora* (Shear) Duggar *In Vitro* por Medio de Aceites Esenciales de Orégano Mexicano. Sociedad Científica del Orégano A.C. En línea: [sociedadcientificadeloreganoac.blogspot.com](http://sociedadcientificadeloreganoac.blogspot.com)
- Villanueva, D.J. y R.A. Hernández. 2001. Opciones productivas para sitios con problemas de sales en la zona media potosina. Folleto Técnico No. 16. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC, México, 21 pp.
- Villavicencio G., E.E., A.C. Pineda, X. Garcia C. 2010. Metodología para determinar las existencias de orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.) en rodales naturales de Parras de la Fuente, Coahuila. Folleto Técnico No. 42. CIRNE-INIFAP, Campo Experimental Saltillo. 43 p.
- Zheng, W. and Y. W. Shiow, 2001. Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in Selected Herbs. Journal Agricultural of Food Chemistry. Vol. 49: 5165-5170.