



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO



UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS

COORDINACIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE
DE ZONAS ÁRIDAS

TESIS

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS
DASOMÉTRICOS Y DE RENDIMIENTO DEL ORÉGANO (*Lippia
graveolens* HBK) EN DOS REGIONES REPRESENTATIVAS DE
LA COMARCA LAGUNERA”.

Que como requisito parcial

Para obtener el Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE DE ZONAS ÁRIDAS

PRESENTA:

Q.F.B. PEDRO IVÁN GALAVIZ ANAYA



Mayo de 2017

DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

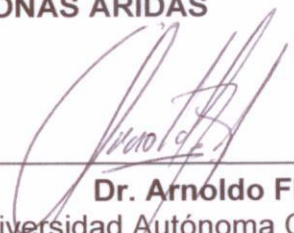
Bermejillo, Durango

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS
DASOMÉTRICOS Y DE RENDIMIENTO DEL ORÉGANO (*Lippia
graveolens* HBK) EN DOS REGIONES REPRESENTATIVAS DE
LA COMARCA LAGUNERA”.**

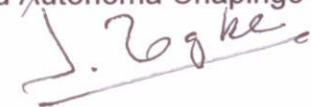
Tesis realizada por **Q.F.B. Pedro Iván Galaviz Anaya** bajo la dirección del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE DE ZONAS ÁRIDAS**

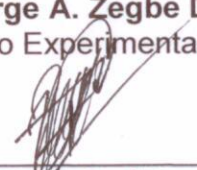
DIRECTOR:


Dr. Arnoldo Flores Hernández
Universidad Autónoma Chapingo-URUZA

CO-DIRECTOR:


Dr. Jorge A. Zegbe Domínguez
INIFAP Campo Experimental Zacatecas

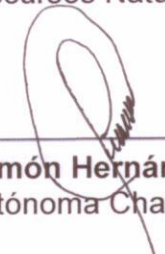
ASESOR:


M.C. Rafael Carrillo Flores
Universidad Autónoma Chapingo-URUZA

ASESOR:


Dr. Ramón Silva Vázquez
Centro de Investigación de Recursos Naturales-CIReNa

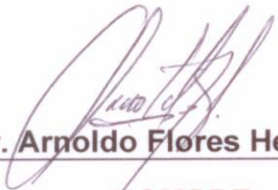
ASESOR:


M.C. José Ramón Hernández Salgado
Universidad Autónoma Chapingo-URUZA

Bermejillo, Durango, Mayo, 2017.

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS
DASOMÉTRICOS Y DE RENDIMIENTO DEL ORÉGANO (*Lippia
graveolens* HBK) EN DOS REGIONES REPRESENTATIVAS DE
LA COMARCA LAGUNERA”.**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Pedro Iván Galaviz Anaya autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas estuvo constituido por:


PRESIDENTE: Dr. Arnolando Flores Hernández
NOMBRE


SECRETARIO: Dr. Jorge A. Zegbe Domínguez
NOMBRE


VOCAL: M.C. Rafael Carrillo Flores
NOMBRE

Se hace patente un reconocimiento al apoyo recibido durante la Maestría:

Al Programa de becas CONACYT Nacionales 2015-2016.

Programa de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas 2015-2016 (UACH-URUZA).

Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo.

DEDICATORIAS

A Dios: Este gran logro se lo debo primeramente a Él y por permitirme llegar a culminar este importante ciclo en mi vida.

A mi Alma Mater: A la Universidad Juárez del Estado de Durango, la Facultad de Ciencias Químicas por haberme formado como un Químico Farmacéutico Biólogo.

A mi querida Universidad: A la Universidad Autónoma Chapingo y a la Unidad Regional de Zonas Áridas por haberme aceptado para realizar el posgrado, desarrollarme como maestrante y haber contribuido para mi formación como futuro investigador.

A mis padres: Leticia Anaya y Pedro Galaviz, por haberme inculcado valores y ponerlos en práctica día a día, por enseñarme lo maravillosa que es la vida. Gracias mamá por tus consejos y por motivarme siempre a ser mejor persona y gracias papá por tu apoyo incondicional para alentarme a terminar la maestría.

A mis hermanos: Pamela, Ivette y Alejandro por crecer de la mano conmigo, así como también convivir conmigo en los momentos de felicidad y en los momentos de adversidad.

A ti, mi amor QFB Karen Janeth Villarreal González: A ti que has sido una compañera fiel y me has convertido en una mejor persona, también por disfrutar conmigo los mejores momentos de mi vida y además, estar conmigo en las buenas y en las malas.

A mis sobrinos: Alexia, Dariana, Emily, Adrián, Ivette y Miranda, por formar parte de mi vida y decirles que los quiero mucho.

A mis compañeros de maestría: Emmanuel, Sandy, Maggie, Monse, Blenda, Rosita y Elena que estuvieron a lo largo de mi camino en la Maestría.

A mis maestros de la Maestría: Por enseñarme muchas cosas que desconocía y también les agradezco sus buenos consejos.

A mis amigos y familiares: Gracias por alentarme siempre a seguir adelante, que siempre debo tener una mente positiva para así, atraer cosas positivas a mi vida.

Pedro Iván Galaviz Anaya.

AGRADECIMIENTOS

La presente tesis es el resultado de un gran esfuerzo que durante éstos dos años se estuvo trabajando muy arduamente para concluir con este trabajo, es parte del sistema enseñanza-aprendizaje que como alumno tuve que llevar a cabo durante este tiempo. Además, cabe destacar que muchas personas influyeron y colaboraron para que este trabajo haya culminado con gran éxito. Por lo cual, sólo queda agradecer a cada una de esas personas que contribuyeron a que este trabajo saliera adelante y se concluyera de la mejor manera.

Agradezco al Dr. Arnoldo Flores Hernández por dirigir este trabajo y además por apoyarme en el proyecto del orégano, además de contar con el equipo para la extracción del aceite esencial.

Agradezco al M.C. Rafael Carrillo Flores por apoyarme en el trabajo de campo y además, enseñarme muchas cosas relacionadas con las plantas de la región.

Agradezco al Dr. Ramón Silva Vázquez por explicarme todo sobre el aceite esencial de orégano y sus principales componentes además, del apoyo mostrado en el análisis de las muestras de aceite esencial de orégano en el CIRENa.

Agradezco al M.C. José Ramón Hernández Salgado por ayudarme en la realización de los análisis estadísticos de esta tesis.

Agradezco al Dr. Jorge Zegbe Domínguez por apoyarme en la revisión del escrito de tesis y en la revisión de artículos científicos.

Al M.C. Luis Gerardo Yáñez Chávez, al Ing. Jesús Emmanuel Pérez Salinas, a la Ing. Mayela Rodríguez González y al Ing. Neiry Manuel Alvarado Roacho, que colaboraron en los muestreos en campo.

Igualmente a los estudiantes de la Ingeniería en Sistemas de Producción Agrícola y Preparatoria: Mario Alberto Márquez Rodríguez, Victorino López, Rodrigo Aguirre Monárrez y Carla Carolina Laurenzara Valtierra, también que me apoyaron en los muestreos de campo.

A la Dra. Isaela Villalpando de la Torre por otorgarme las facilidades para realizar los análisis del aceite esencial en el Laboratorio de Cromatografía del CIRENa.

A Clelia Morán y a Margarita por el apoyo mostrado en la Coordinación de Posgrado, que siempre estuvieron a disposición en todo momento.

A Alondra, Betty y Pamela por apoyarme con el material de Laboratorio.

Pedro Iván Galaviz Anaya.

DATOS BIOGRÁFICOS

El presente trabajo fue realizado por Pedro Iván Galaviz Anaya, Químico Farmacéutico Biólogo, título obtenido por la Facultad de Ciencias Químicas, perteneciente a la Universidad Juárez del Estado de Durango, generación 2007-2012. Además, colaboró como ayudante de investigador en el Laboratorio de Biología Molecular de Organismos Acuáticos del CIAD Campus Hermosillo, Sonora bajo la responsabilidad de la Dra. Gloria Yepiz Plascencia en el periodo de septiembre 2012 a enero de 2013. Título de licenciatura obtenido en septiembre de 2013 con la monografía: “Infección causada por el virus de la necrosis hipodérmica y hematopoyética (IHHNV) y su relación con la alteración del metabolismo energético en camarón blanco *Penaeus vannamei*”. Realizó una estancia en el Centro de Terapias Alternativas y Orientación a la Salud (CETAOS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en el periodo del 1 de junio al 17 de Julio de 2015. Los Estudios de Maestría los realizó en el Programa en Recursos Naturales y Medio Ambiente de Zonas Áridas en URUZA-UACH, generación 2015-2016.

Ha tenido participación en diversos eventos con los siguientes temas:

- ✚ Constancia por asistencia en el XXI Verano de la Investigación Científica realizado en el CIBNOR Unidad Hermosillo, Sonora del 27 de junio al 26 de agosto de 2011.
- ✚ Constancia por asistencia en el XXII Verano de la Investigación Científica celebrado en el CIBNOR Unidad Hermosillo, Sonora del 25 de junio al 24 de agosto de 2012.
- ✚ Constancia por la ponencia oral en el II Congreso Internacional y XI Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas, en la Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, con el tema: “Estudio etnobotánico de orégano (*Lippia berlandieri*) en el Ejido La Trinidad municipio de Torreón, Coahuila”. Octubre 2015.
- ✚ Constancia por la ponencia oral en el X Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas en el Centro de las Artes de la Universidad de Sonora, con el tema: “Estudio poblacional de orégano silvestre (*Lippia graveolens* HBK) y su rendimiento de aceite en dos localidades de la Comarca Lagunera. Octubre 2016.
- ✚ Constancia por la ponencia oral en el XII Congreso Nacional Sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas en la Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, con el tema: “Parámetros dasométricos en plantas de orégano (*Lippia graveolens* HBK) para predecir peso de hoja en dos localidades. Octubre 2016.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIAS.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
DATOS BIOGRÁFICOS.....	vi
TABLA DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xv
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS:.....	3
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
2.3 HIPÓTESIS.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1 Recursos forestales no maderables.....	4
3.2 Antecedentes del orégano en México.....	5
3.3 Características del orégano (<i>Lippia graveolens</i> HBK).....	7

3.3.1 Descripción Taxonómica	7
3.3.2 Descripción Botánica.....	8
3.3.3 Fenología	8
3.3.4 Época de recolecta.....	11
3.3.5 Distribución de la población.....	12
3.3.6 Hábitats	14
3.4 Requerimientos ambientales	17
3.4.1 Suelos	17
3.4.2 Climas	18
3.4.3 Tipos de Vegetación.....	19
3.5 Aprovechamiento de la hoja de orégano	22
3.6 Importancia de la evaluación poblacional del orégano	24
3.7 Importancia ecológica, social y económica del orégano.....	26
3.8 Producción y comercialización del orégano.....	29
3.8.1 Valor económico del aceite esencial	33
3.9 Aprovechamiento de aceites esenciales del orégano.....	35
3.9.1 Principales compuestos químicos del aceite	37
3.10 Métodos para la extracción del aceite	38
3.11 Calidad del aceite	39
3.12. Usos	44

3.12.1 Usos y aplicaciones de la hoja de orégano	44
3.12.2 Usos y aplicaciones del aceite esencial de orégano	45
3.13 Antecedentes y evaluación del orégano en México	47
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	53
4.1 Delimitación del área de estudio.....	53
4.2 Ubicación de los sitios de muestreo.	57
4.3 Evaluación de la población por el método de Romahn.....	59
4.3.1 Estimación de parámetros dasométricos (densidad, altura, cobertura) y de rendimiento de hoja seca (materia útil) y aceite.	60
4.4 Análisis Estadístico.....	65
V. RESULTADOS y DISCUSIÓN.....	66
5.1 Densidad poblacional de orégano.	66
5.2 Parámetros dasométricos (altura y cobertura) y de rendimiento de hoja seca y aceite de la población de orégano por hectárea.....	72
5.3 Resultados del proceso de extracción y rendimiento de aceite por sitios de estudio.	80
5.3.1. Características químicas básicas del aceite de orégano por sitios de estudio.....	81
5.4 Predicción del rendimiento de planta y hoja de orégano	89
VI. CONCLUSIONES.....	92
VII. RECOMENDACIONES.....	94

VIII. LITERATURA CITADA	95
-------------------------------	----

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Temporadas de desarrollo del orégano silvestre.	10
Cuadro 2. Características de los suelos en el municipio de Mapimí.	17
Cuadro 3. Características del orégano de monte (<i>Lippia graveolens</i> HBK).	28
Cuadro 4. Contenido de aceites esenciales en el orégano (<i>L. graveolens</i> HBK) desarrollado en Mapimí, Durango (Sánchez <i>et al.</i> , 1991).	36
Cuadro 5. Composición química de las principales especies de orégano.	41
Cuadro 6. Características geográficas y ambientales. Sitios de ladera en San Isidro.	58
Cuadro 7. Características geográficas y ambientales. Sitios de planicie en San Isidro.	58
Cuadro 8. Características geográficas y ambientales. Sitios de ladera en Barreal de Gpe.	59
Cuadro 9. Características geográficas y ambientales. Sitios de planicie en Barreal de Gpe.	59
Cuadro 10. Registro de plantas contadas y recolectadas por localidad, condición topográfica y sitio de muestreo.	67
Cuadro 11. Promedios, nivel de significancia (P) de parámetros dasométricos y de rendimiento por planta de orégano en las localidades estudiadas.	69
Cuadro 12. Promedios, nivel de significancia (P) de parámetros dasométricos y de producción por planta de orégano entre las condiciones topográficas en cada localidad de estudio.	71

Cuadro 13. Valores por hectárea de parámetros dasométricos y de rendimiento de orégano por localidad.	72
Cuadro 14. Promedio de cuadrados mínimos de parámetros dasométricos y de rendimiento de orégano por condición topográfica en cada localidad.	77
Cuadro 15. Promedio del índice de productividad del agua de lluvia por localidad.....	77
Cuadro 16. Promedio del índice de productividad del agua de lluvia por condición topográfica de cada localidad.	78
Cuadro 17. Valor medio y errores estándares (EE) de los parámetros empleados para la extracción del aceite esencial de orégano.....	81
Cuadro 18. Valor medio y errores estándares (EE) de la composición del área relativa de los compuestos químicos determinados por cromatografía de gases-masas en la localidad de San Isidro.	82
Cuadro 19. Valor medio y errores estándares (EE) de la composición del área relativa de los compuestos químicos determinados por cromatografía de gases-masas en la localidad del Barreal de Guadalupe.....	83
Cuadro 20. Modelos de regresión e indicadores de ajuste para predecir los parámetros dasométricos de plantas de orégano por condición topográfica del área de producción en la localidad de San Isidro.	90
Cuadro 21. Modelos de regresión e indicadores de ajuste para predecir los parámetros dasométricos de plantas de orégano por condición topográfica del área de producción en la localidad del Barreal de Guadalupe.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Topoformas y tipos de vegetación de acuerdo con los gradientes de pendiente y altitud en la región de Mapimí, Durango (Granados <i>et al.</i> , 2013)..	17
Figura 2. Mapa de registros de colecta de <i>L. graveolens</i> por Estado.	32
Figura 3. Estructuras químicas de los principales constituyentes del aceite esencial de orégano, a) timol y b) carvacrol (Adame <i>et al.</i> , 2016).	37
Figura 4. Sitios de muestreo en ladera de la localidad de San Isidro.	55
Figura 5. Sitios de muestreo en planicie de la localidad de San Isidro.	55
Figura 6. Sitios de muestreo en la localidad del Barreal de Guadalupe.....	56
Figura 7. Forma del sitio de acuerdo con la metodología propuesta por Romahn <i>et al.</i> , (1994).....	60
Figura 8. Muestra de orégano en el contenedor para la extracción del aceite esencial.....	61
Figura 9. Equipo utilizado para extraer el aceite esencial.	62
Figura 10. Fase final de la obtención en embudo de separación del aceite esencial de orégano por el método de arrastre por vapor de agua.....	63
Figura 11. Cromatógrafo de gases acoplado a masas marca Perkin Elmer Clarus® SQ8S.	64

Análisis comparativo de los parámetros dasométricos y de rendimiento del orégano (*Lippia graveolens* HBK) en dos regiones representativas de la Comarca Lagunera.

Comparative analysis of the growing parameters and yield of oregano (*Lippia graveolens* HBK) in two representative regions of the Comarca Lagunera

Pedro Iván Galaviz-Anaya¹; Arnoldo Flores-Hernández²; Jorge A. Zegbe-Domínguez³; Rafael Carrillo-Flores⁴, Ramón Silva-Vázquez⁴; J. Ramón Hernández-Salgado⁴.

RESUMEN

Se evaluaron dos poblaciones vegetales de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en las localidades de San Isidro, Dgo., y Barreal de Guadalupe, Coah., con la finalidad de determinar los parámetros dasométricos y de rendimiento bajo dos condiciones topográficas: ladera y planicie. San Isidro mostró valores medios altos de densidad poblacional de (2,960 plantas ha⁻¹), cobertura (1,661 m² ha⁻¹), altura (0.8 m planta⁻¹), rendimiento de materia seca útil (145 kg ha⁻¹) y de aceite esencial (36 L ha⁻¹), que la localidad del Barreal de Guadalupe (1,790 plantas ha⁻¹), cobertura (806 m² ha⁻¹), altura (0.7 m planta⁻¹), rendimiento de materia seca útil (72 kg ha⁻¹) y de aceite esencial (18 L ha⁻¹). No obstante, el porcentaje y el volumen de aceite en 500 g de materia seca fueron similares en ambas localidades. El rendimiento de aceite esperado para San Isidro fue de 36 L ha⁻¹, cuyo valor estimado sería de \$ 6,120 USD ha⁻¹ extraído con el método de arrastre por vapor de agua.

Palabras clave: Orégano, *Lippia graveolens* HBK, aceite esencial, materia seca útil, método de arrastre por vapor de agua.

ABSTRACT

Two plant populations of oregano (*Lippia graveolens* HBK) in the locations of San Isidro, Dgo., and Barreal de Guadalupe, Coah., were evaluated in order to determine the growing parameters and yield under two topographical conditions: slope and plain. San Isidro showed higher mean values of population density (2,960 plants ha⁻¹), coverage (1,661 m² ha⁻¹), height (0.8 m plant⁻¹), yield of useful dry matter (145 kg ha⁻¹) and essential oil (36 L ha⁻¹) than the location of Barreal de Guadalupe (1,790 plants ha⁻¹), coverage (806 m² ha⁻¹), height (0.7 m plant⁻¹), yield of useful dry matter (72 kg ha⁻¹) and essential oil (18 L ha⁻¹), respectively. Nevertheless, the percentage and volume of oil in 500 g of dry matter were similar in both locations. The oil yield expected for San Isidro was 36 L ha⁻¹, whose estimated value would be \$ 6,120 USD ha⁻¹ if extracted by steam distillation of essentials oils.

Keywords: Oregano, *Lippia graveolens* HBK, essential oil, useful dry matter, steam distillation of essentials oils.

I. INTRODUCCIÓN

El orégano (*Lippia graveolens* HBK) es una especie forestal no maderable desarrollada en las zonas áridas y semiáridas de México y que se distribuye por toda la República Mexicana. También, es una planta que se adapta a las condiciones de aridez con potencial para progresar bajo diversos grados de presión por la recolección. Además, es una hierba aromática importante cuya producción está sometida al volumen irregular que se cosecha de las poblaciones naturales, y a la sobreexplotación con fines de aprovechamiento; originada por la falta de control en las áreas oreganeras y se debe al efecto que posee la oferta y la demanda nacional e internacional del producto (Granados *et al.*, 2013; Yáñez *et al.*, 2013; SEMARNAT, 2008; Güereca *et al.*, 2007).

El estudio de la población silvestre de orégano, a causa de su forma natural de cosecha (recolección manual), es fundamental para describir el tipo (especie, variedad), cantidad (densidad) y área (cobertura) de plantas que ocupan el terreno, de lo que puede definirse el rendimiento de la parte útil (Gitay *et al.*, 2002; Romahn *et al.*, 1994). Además, el estudio de la producción en poblaciones silvestres es esencial ya que México se declara como el principal exportador de *L. graveolens* HBK a escala mundial con un 35-40% del mercado internacional, debido a sus características aromáticas es mostrada comercialmente en el mercado internacional como orégano mexicano y la especie de orégano que más se comercializa y se aprovecha en México es *L. graveolens* HBK (Flores *et al.*, 2011; Cazares *et al.*, 2010; SEMARNAT, 2008).

El aceite esencial es el principal producto derivado de la hoja del orégano, su contenido y calidad van de la mano con la alta demanda del mismo. El contenido de aceite depende igualmente de la especie, el clima, la altitud, la época de recolección y el estado de crecimiento (Arcila *et al.*, 2004). Esta especie comprende los compuestos esenciales (timol y carvacrol) que son utilizados en diversas ramas de la industria farmacéutica, cosmética, perfumera, alimentaria, licorera, refresquera, etc. Asimismo, es de suma importancia por sus volúmenes de producción para su extracción y la presentación de orégano necesitará de una serie de procesos en la cadena de industrialización (Aguilar *et al.*, 2013; Flores *et al.*, 2011; Cazares *et al.*, 2010; SEMARNAT, 2008; Arcila *et al.*, 2004).

La explotación del orégano se considera de carácter emergente y variable en México. Sin embargo, la trascendencia que posee este recurso se manifiesta inmediatamente y cabe destacar que aún no se tiene conocimiento sobre mucha información que gira en torno a esta especie; por lo cual, se debe investigar las estadísticas de la superficie oreganera a nivel regional y nacional, el potencial productivo, la ubicación de las áreas de mayor producción, el ritmo de crecimiento anual del follaje, la elaboración de tablas o tarifas de volumen por región, etc., o bien se apresurará la extinción de varias áreas oreganeras importantes en el país debido a que actualmente, se sigue dando un manejo inadecuado de este recurso (Martínez *et al.*, 2011; Santillán *et al.*, 2011).

II. OBJETIVOS:

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las características básicas de la población como indicadores de la producción de hoja y la concentración del aceite esencial de orégano (*Lippia graveolens* HBK) en dos regiones representativas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar los parámetros dasométricos y de rendimiento en poblaciones vegetales de orégano *L. graveolens* HBK ubicadas en las localidades: San Isidro y Barreal de Guadalupe, bajo dos condiciones topográficas: ladera y planicie.
- Evaluar el rendimiento e identificar los principales compuestos químicos del aceite esencial de *L. graveolens* HBK extraído por el método de destilación por arrastre con vapor de agua en dos poblaciones representativas de la zona.
- Generar modelos de predicción de los componentes de rendimiento del orégano en base a características dasométricas de planta.

2.3 HIPÓTESIS

Las características dasométricas de la población, la producción de hoja y aceite esencial de orégano es diferente para cada zona productora, lo cual es un reflejo tanto del medio ambiente disímil en cada región como de las condiciones topográficas diferentes: ladera y planicie del sitio.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Recursos forestales no maderables

Los bosques producen múltiples bienes y servicios adicionales, además de la madera. Dentro de estos bienes se encuentran: la fauna silvestre, el forraje, los materiales de construcción, plantas medicinales, tierra de monte, resinas, gomas y leña combustible entre otros. El valor económico de estos bienes, que son conocidos como recursos no maderables, es sólo una parte del valor del bosque, ya que el bosque produce otros beneficios adicionales tales como servicios ambientales (Flores, 2010; FAO, 2000).

En México cerca de 1,000 productos forestales no maderables son utilizados, provenientes principalmente de los bosques de clima templado y tropical y también de ambientes de zonas áridas y semiáridas (Olhagaray *et al.*, 2011; Flores, 2010; FAO, 2000).

Las zonas áridas de México poseen recursos forestales no maderables que son explotados y que constituyen importantes fuentes de ingreso para los pobladores de estas regiones. Algunos ejemplos son: “Lechuguilla” *Agave lechuguilla* Torr., “Candelilla” *Euphorbia antisiphilitica* Zucc., y “Sotol” *Dasylirion leiophyllum* Engelm., para la obtención de fibras duras o ixtle, cerote y bebidas alcohólicas respectivamente entre otros recursos (Franco *et al.*, 2005).

Los productos no maderables, aprovechables en zonas áridas y semiáridas, se concentran en especies como candelilla (*Euphorbia antisiphylitica*), lechuguilla

(*Agave lechuguilla*), nopal (*Opuntia spp.*), palmilla (*Nolina spp.*), numerosas cactáceas (*Pereskopsis spp.*, *Hylocereus spp.*, *Mammillaria spp.*, *Lophophora williamsii*, etc.), magueyes (*Agave spp.*), gobernadora, (*Larrea tridentata*), jojoba (*Simmondsia chinensis*), palo fierro (*Olneya tesota*), yuca (*Yucca carnerosana*, *Yucca sp.*), sotol (*Dasyilirion spp.*), damiana (*Turnera diffusa*), zarzaparrilla (*Smilax spp.*), mezquite (*Prosopis spp.*), cortadillo (*Nolina cespitifera*), orégano (*Lippia spp.*), entre otras (Flores, 2010; FAO, 1995).

3.2 Antecedentes del orégano en México

El orégano es un arbusto que se distribuye considerablemente por toda la República Mexicana y que actualmente se conocen aproximadamente 40 especies de plantas herbáceas que pertenecen a cuatro familias botánicas: *Asteraceae* (*Compositae*), *Lamiaceae* (*Labiatae*), *Fabaceae* (*Leguminoseae*) y *Verbenaceae*. De las familias botánicas, las de mayor relevancia comercial son especies de *Poliomintha* (*Labiatae*) y de *Lippia* (*Verbenaceae*), prevaleciendo principalmente a las zonas áridas y semiáridas de nuestro país, aunque también se puede encontrar en zonas tropicales y templadas (Aguilar *et al.*, 2013; García *et al.*, 2012; Flores *et al.*, 2011; González *et al.*, 2011; López *et al.*, 2011; Flores, 2010; Silva, 1999; Huerta, 1997).

En la familia *Verbenaceae* se encuentra el género *Lippia*, del cual se desarrollan tres especies de orégano: *L. graveolens* HBK., *L. berlandieri* Schauer y *L. palmeri* (Maldonado, 1991), aunque Quintero (1991), menciona que *L. graveolens* y *L. berlandieri* son sinónimos de la misma especie. Estas especies contienen características químicas similares a las del orégano europeo (*Origanum spp.*), por

lo que su uso también es semejante (García *et al.*, 2012; Flores, 2010; Rzedowski y Calderón, 2002; Willman *et al.*, 2000).

La mayoría de estas especies tiene una característica que las diferencia de las demás, que es su poder saborizante, que es fácil de notar cuando se agregan sus hojas frescas o secas, o sus extractos y concentrados acuosos, a un sinnúmero de productos alimenticios frescos, procesados y envasados. El aroma y sabor que los diversos tipos de orégano proveen a los alimentos los hacen atractivos al olfato y al paladar y propicia su digestión (Aguilar *et al.*, 2013).

Esta planta es del tipo aromática y una especie forestal no maderable que se desarrolla en las zonas áridas y semiáridas de México y que además crece de manera silvestre. También se cultiva en varias regiones del mundo y se cosecha de manera comercial debido a sus características como especia, condimento y sus propiedades medicinales. Son numerosas las variedades de orégano para cultivo, principalmente varían por la intensidad de su aroma, la calidad del aceite esencial y las zonas de crecimiento (Aguilar *et al.*, 2013; García *et al.*, 2012; Cazares *et al.*, 2010; Güereca *et al.*, 2007).

Es señalada por sus características aromáticas comercialmente en el mercado internacional como orégano mexicano y su alta demanda se debe al contenido de aceite esencial de calidad en la hoja (Cazares *et al.*, 2010; Güereca *et al.*, 2007; Blando *et al.*, 2005).

Tienen notables propiedades medicinales la mayoría de las especies de orégano que se exponen por la extraordinaria y la composición química compleja

que poseen estas plantas. Las especies de orégano europeas (*Origanum* spp.) y las mexicanas (*Lippia* spp.), en la práctica terapéutica (herbolaria) se administran para las mismas dolencias (Aguilar *et al.*, 2013).

Una de las riquezas florísticas con las que cuenta el territorio mexicano es el orégano; se entiende su utilización desde tiempos ancestrales como planta medicinal y como condimento de platillos regionales. Por lo tanto, el cultivo y la comercialización de dicha planta una fuente de ingresos para muchas personas (Aguilar *et al.*, 2013).

3.3 Características del orégano (*Lippia graveolens* HBK)

3.3.1 Descripción Taxonómica

El Instituto Nacional de Ecología (INE, 2007) y la CONAFOR (2011) definen la siguiente clasificación taxonómica de *L. graveolens* HBK.

Clasificación taxonómica del orégano.

Reino: Plantae - Plantas

Subreino: Tracheobionta - Plantas Vasculares

Superdivisión: Spermatophyta – Plantas con semillas

División: Magnoliophyta – Plantas con flores

Clase: Magnoliopsida - Dicotiledóneas

Subclase: Asteridae

Orden: Lamiales

Familia: Verbenaceae

Género: *Lippia*

Especie: *graveolens* HBK

3.3.2 Descripción Botánica

Lippia graveolens HBK, es una planta arbustiva de ciclo corto, perenne, delgada y aromática, con una altura que varía de 0.2 a 2 m, aunque puede llegar hasta los 3 m de altura. Muestra tallos leñosos muy ramificados desde la base y por lo tanto, parece un pequeño arbusto. Los tallos presentan un color rojizo y pueden lograr alturas hasta los 40 cm. Sus hojas son oblongas o elípticas, finamente crenadas, muy tomentosas y pilosas, se colocan de manera opuesta, muestran una forma oval y son muy pequeñas, habitualmente miden entre 5 y 15 mm. Las hojas de esta planta presentan vellosidades por el envés (Aguilar *et al.*, 2013; Granados *et al.*, 2013; Villavicencio y Cano, 2012).

Sus flores son pequeñas, frecuentemente de color blanco; sin embargo, se presentan de color rosado o lila en algunas ocasiones. Por lo general se encuentran juntas en una inflorescencia y de forma apical. En general en poblaciones de zonas áridas y semiáridas, la floración se restringe de agosto a octubre, por ser la época que presenta mayores precipitaciones (Flores, 2010; INE, 2007). También es una planta resistente al frío; sin embargo, las temperaturas menores a 5°C afectan al cultivo retrasando el crecimiento (Villavicencio y Cano, 2012).

3.3.3 Fenología

De acuerdo con Martínez (1994) bajo condiciones óptimas de humedad y temperaturas de 15 a 20 °C, las semillas de *Lippia berlandieri* germinan después de

una semana (Martínez, 2013). La germinación de las semillas de orégano ocurre en una semana bajo condiciones de capacidad de campo y temperatura de 15 a 20 °C. Enseguida, al emerger la plántula a la superficie, sus hojas rudimentarias suelen absorber luz y oxígeno (Martínez, 2013). En el lapso de un año, el orégano alcanza alturas promedio de 0.15 m; después de 5 años, las plantas desarrolladas en condiciones naturales llegan a medir alrededor de 0.80 m. A dicha edad, las plantas ya son adecuadas para su aprovechamiento, aunque en algunas regiones pueden ser aprovechadas al tercer e incluso al segundo año, lo cual ocasiona arrosetamiento y una altura menor (Granados *et al.*, 2013; Martínez, 1994).

Después de las primeras lluvias, en el noreste de Durango aparecen a finales de mayo o principios de junio, los rebrotes inician durante un periodo aproximado de seis semanas para dar paso a la floración, justo cuando la precipitación tiende a disminuir. Cuando la planta comienza a perder su turgencia, a causa del déficit de humedad, las hojas toman una tonalidad amarillenta y caen entre los meses de octubre y noviembre. La floración da inicio dentro de tres o cuatro semanas antes de que las hojas caigan y los frutos (cápsulas) comienzan su formación dos semanas después al inicio de la floración. Los frutos logran su maduración a la par que las hojas y después éstas se tornan de color amarillento, pero caen más tarde que éstas, debido a las condiciones particulares de las zonas áridas. Durante la siguiente temporada de lluvias, las semillas que alcanzan germinar son escasas (Granados *et al.*, 2013; Martínez, 2013).

Olhagaray, 2005 realizó un estudio en diez localidades del municipio de Nazas, Durango y por su parte, Corella y Ortega (2013), en dos localidades del

Estado de Sonora, reportan las épocas de crecimiento del orégano silvestre (Cuadro 1).

Cuadro 1. Temporadas de desarrollo del orégano silvestre.

Etapas	Olhagaray (2005)	Corella y Ortega (2013)	Corella y Ortega (2013)
Latencia	Diciembre-Febrero	Noviembre-Enero	Junio-Julio
Crecimiento	Marzo-Junio	Febrero-Abril	Agosto-Septiembre
Floración	Marzo-Junio	Abril-Mayo	Septiembre-Octubre
Fructificación	Agosto-Septiembre	Mayo-Junio	Septiembre-Octubre
Cosecha	Noviembre-Diciembre	Junio	Octubre

Davidenco *et al.*, (2015) desarrollaron una escala fenológica simple basada en características morfológicas comunes del género y crearon un modelo que permite cuantificar los requerimientos de tiempo térmicos por eventos críticos, tales como de estado vegetativo para transición reproductiva (V_3) y floración (R_6). Plantas de *O. vulgare* ssp. *vulgare* (Compacto) y *O. vulgare* ssp. *hirtum* (letsw.) (*O.* Criollo) se evaluaron a través de observaciones secuenciales del desarrollo del cogollo. La escala resultante se compone de siete fenofases, de V_0 a V_3 (etapas vegetativas) y desde R_4 a R_6 (etapas reproductivas). Los estados fenológicos V_3 y R_6 muestran ser críticos, porque representan el tiempo de transición del estado vegetativo a fases reproductivas y floración completa, respectivamente. La Fenología basada en modelos de requerimientos térmicos fue descrita con precisión por curvas logísticas en dos subespecies. Las subespecies difieren en el requerimiento de tiempo térmico para V_3 y R_6 (menor en *O.* compacto).

3.3.4 Época de recolecta

Existe una gran afectación a las poblaciones silvestres durante la época de recolección, todo esto sucede cuando la planta se encuentra con un 30 a 40% de

floración, no alcanzando la regeneración de nuevas plantas y esto se debe a que no llega a producir semilla ni caer nuevamente en el suelo (Corella y Ortega, 2013).

Lippia graveolens HBK es el taxón que más se aprovecha partir de poblaciones silvestres a nivel nacional y principalmente en la Comarca Lagunera. Su recolección es una actividad complementaria a la agricultura de temporal o seco, en las zonas áridas y semiáridas del país (Granados *et al.*, 2013; Pérez, 2012; Flores *et al.*, 2011; Güereca *et al.*, 2007).

El orégano mexicano se recolecta en casi todo el territorio nacional y en condiciones naturales, la época de recolección es corta, también depende y coincide con la temporada de lluvias, por lo cual, hay trabajo en los cultivos en dicha época. Después de las primeras lluvias el arbusto rebrota y crece el follaje el cual puede cortarse de agosto a finales de octubre o bien hasta que se presenten las primeras heladas. El periodo de aprovechamiento generalmente comprende de tres a cuatro meses (López, 2014; Aguilar *et al.*, 2013).

La colecta del orégano se efectúa en época de lluvias durante los meses de agosto a octubre. En ésta se corta hasta el 75% del arbusto, que incluye el ramaje con hojas (SEMARNAT, 2009). Pero únicamente se comercializa la hoja, la cual de acuerdo a García y Ortega, (2007) representa aproximadamente el 40% de la planta, por lo que el resto se desecha completamente convirtiéndose en un residuo vegetal (60% aprox.) (Corral *et al.*, 2011).

La recolección del orégano es una actividad familiar en la que niños, mujeres y adultos mayores trabajan de manera importante. El proceso de recolección

comienza a las 6 a 8 semanas después de las primeras lluvias; es decir, a partir de la primera semana de agosto y se prolonga hasta la cuarta semana de octubre. La recolección se realiza de acuerdo con técnicas empíricas que han demostrado preferencia a exterminar la planta (Granados *et al.*, 2013).

Los recolectores de los municipios del Estado de Durango y Coahuila, principalmente en Mapimí, Durango y en Barreal de Guadalupe, Coah., se benefician con la utilización de la planta al ser recolectada y comercializada durante muchos años y al mismo tiempo adquieren la responsabilidad de su óptimo aprovechamiento de manera sustentable, para asegurar su regeneración natural y obtener un beneficio económico, y a la vez esto representa una fuente de ingresos para las familias que dependen de su recolección, aunque los comerciantes obtienen la mayor parte de los beneficios (Granados *et al.*, 2013; Flores, 2010).

3.3.5 Distribución de la población

En México las especies de orégano se encuentran en forma silvestre y con una amplia distribución por toda la república, destacando las zonas áridas y semiáridas y forman parte de la economía de las familias que ahí habitan, ya que es uno de los recursos forestales no maderables (RFNM) que se explotan para obtener recursos (López *et al.*, 2011). *L. graveolens* es una especie variable y polimórfica, está compuesta por poblaciones con características morfológicas, fenológicas y fitoquímicas distintas (Flores, 2010). El orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) es un recurso forestal no maderable, del cual se extraen y obtienen productos para uso industrial, medicinal y de cosmetología, su distribución abarca

principalmente los Estados de la República Mexicana que cuentan con ecosistemas forestales de zonas áridas y semiáridas (Olhagaray *et al.*, 2011).

Esta especie actualmente se encuentra distribuida esencialmente en los Estados de Chihuahua, Durango, Tamaulipas y Coahuila, donde se concentran el 50% de los permisos de aprovechamiento; le siguen, en orden de importancia, Jalisco, Zacatecas, Querétaro, Hidalgo y Baja California Sur a menor escala y Sonora no se encuentra dentro de los estados productores de orégano (Corella y Ortega, 2013; Flores, 2010; Villavicencio *et al.*, 2007; Huerta, 2002). Sin embargo, la especie de orégano *L. palmeri* se encuentra distribuida en el noroeste de la República Mexicana, la cual es explotada en forma silvestre y esto ha ido mermando la producción (Corella y Ortega, 2013).

Las poblaciones de *L. graveolens*, del sur y sureste de México, se establecen principalmente en la selva baja caducifolia, pero pueden presentarse también en matorrales de cactáceas columnares, en selva espinosa, en bosques de encino-enebro-*Brahea* y en selva mediana subcaducifolia. Las poblaciones de *L. graveolens* del desierto chihuahuense y de otras partes del altiplano, se encuentran básicamente en matorral xerófilo, mientras que en las zonas áridas de Tamaulipas e Hidalgo se establecen en matorrales espinosos y chaparrales y en otras formaciones xerofíticas (López, 2014; Villavicencio *et al.*, 2010).

En las zonas tropicales más húmedas, *L. graveolens* se encuentra en acahuales derivados de selva mediana subcaducifolia. En zonas algo más secas, como en la cuenca del río Balsas y el valle de Tehuacán, es uno de los arbustos

más comunes de la vegetación primaria. En el altiplano de San Luis Potosí, *L. graveolens* crece en matorrales rosetófilos con *Agave lechuguilla* y *Hechtia glomerata* y en matorrales submontanos (López, 2014; Villavicencio *et al.*, 2010).

En el Estado de Durango se distribuye en los municipios de Cuencamé, Durango, Hidalgo, Indé, Lerdo, Mapimí, Mezquital, Nazas, Nombre de Dios, Peñón Blanco, Poanas, Rodeo, San Juan de Guadalupe, San Juan del Río, San Luis del Cordero, San Pedro del Gallo, Santa Clara, Simón Bolívar y Tlahualilo. En los municipios de Mapimí y El Mezquital, Durango son dos de las regiones de mayor aprovechamiento de orégano en el Estado (Flores, 2010). En el Estado de Coahuila, el aprovechamiento de orégano se desarrolla en 8 municipios; principalmente se realiza en la región sureste del Estado, en los municipios de Parras de la Fuente, General Cepeda y Ramos Arizpe, donde se obtiene la mayor producción (Villavicencio, *et al.*, 2010).

3.3.6 Hábitats

En la República Mexicana, sus principales hábitats se localizan en lugares poco accesibles como cerros, laderas, lomeríos, arroyos y cañadas de suelos alcalinos, generalmente pedregosos, de textura franco-arenosa, se encuentran entre los 400 y 2,000 m de altitud, aunque se le ubica en mayor abundancia entre los 1,400 y 1,800 m de altitud (Aguilar *et al.*, 2013; Villavicencio y Cano, 2012; Aranda *et al.*, 2011; Villavicencio, *et al.*, 2010; Villavicencio *et al.*, 2007).

En los Estados de Coahuila y Durango habitualmente se ubican en lomeríos pedregosos cubiertos por matorral rosetófilo donde son abundantes el ocotillo

(*Fouquieria splendens*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), maguey cenizo (*Agave asperima*), huizache (*Acacia berlandieri*), huizachillo (*Acacia crassifolia*), trompillo (*Solanum elaeagnifolium*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), jarilla (*Viguiera stenoloba*), uña de gato (*Mimosa* spp.), diversas anuales y malezas (INE, 2007).

En zonas semiáridas, como El Mezquital, Dgo., se encuentra ligada a sitios perturbados y en ciertas ocasiones se le considera como una planta ruderal (INE, 2007). Las poblaciones de *L. graveolens* del desierto chihuahuense se instalan en una altitud que está entre los 1,200 y los 2,300 m, en sitios áridos y semiáridos (Flores, 2010; INE, 2007).

En las siguientes topoformas se desarrolla el orégano: cima de sierras y cerros, bajadas de sierras y cerros, lomeríos y valles intermontanos y pie de monte (Granados *et al.*, 2013).

Cima de sierras y cerros. El orégano ocupa cerca de 61,093 ha. Es una de las especies de mayor importancia, pero las condiciones en que se desarrolla determinan que, por su pequeño porte, presenta un número bajo de brotes en la temporada lluviosa y por lo tanto, se obtienen los más bajos rendimientos en la región de Mapimí (6.8 kg ha⁻¹) (Granados *et al.*, 2013).

Bajadas de sierras y cerros. El orégano se dispone ampliamente en 101,132 ha y junto con la lechuguilla (*A. lechuguilla*) constituyen la vegetación. Presentan un mayor porte y alturas de hasta 1 m, el orégano logra los mayores rendimientos (58.8 kg ha⁻¹) a pesar de la presión intensa de recolección a la que es sometido, debido a que en esta topoforma se desarrolla con abundantes ramificaciones desde la base

y presenta un gran número de rebrotes después de la temporada lluviosa (Granados *et al.*, 2013).

Lomerío. Es una zona de distribución amplia del orégano (71,999 ha), que llega a producir hasta 62.4 kg ha⁻¹. No obstante, el lomerío igualmente está sometido a fuertes presiones de recolección por su accesibilidad y asociado a la aleatoriedad de las precipitaciones, están propiciando que la planta se encuentre cada vez a mayores distancias para su recolección (Granados *et al.*, 2013).

Valles intermontanos y pie de monte. En estos valles, el orégano se distribuye de manera irregular sobre una superficie estimada de 53,850 ha con rendimientos de 4.6 kg ha⁻¹ (los más bajos de la región). Esto debido a que, por su cercanía con los poblados, fueron las primeras áreas de recolección, las cuales actualmente se siguen aprovechando de manera intermitente y aunque la planta muestra ciertos signos de recuperación después de unos años de descanso, la excesiva presión de recolección limita su desarrollo y distribución (Granados *et al.*, 2013).

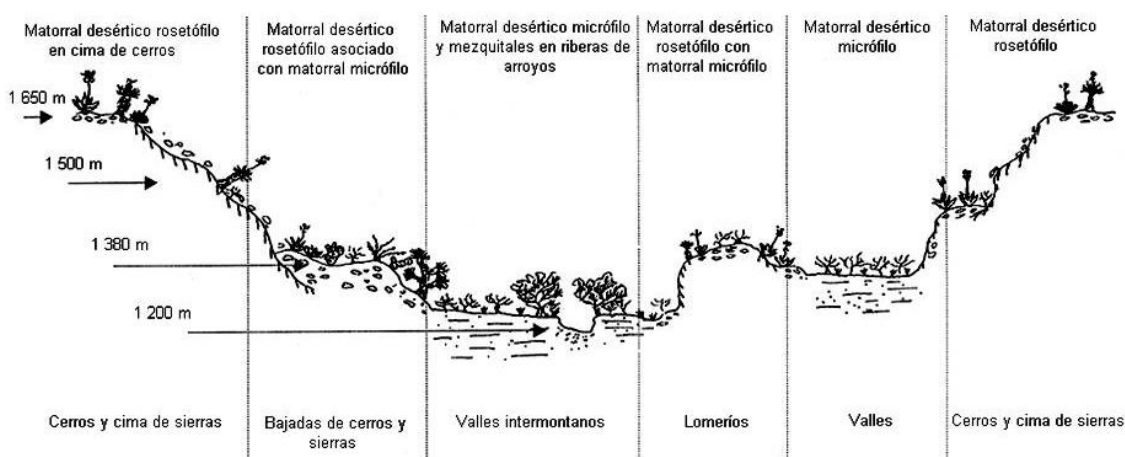


Figura 1. Topoformas y tipos de vegetación de acuerdo con los gradientes de pendiente y altitud en la región de Mapimí, Durango (Granados *et al.*, 2013).

3.4 Requerimientos ambientales

3.4.1 Suelos

Los suelos en los que se desarrolla el orégano son generalmente muy someros, con poco contenido de materia orgánica, de tipo basáltico, calizo-arcillosos o rocosos, donde el clima seco es semidesierto; en el área de distribución del orégano en el municipio de Mapimí se identifican los suelos de acuerdo al tipo de topoforma en el que se desarrolla el recurso (Cuadro 2) (Martínez, 2013).

Lippia graveolens, se encuentra principalmente en suelos procedentes de rocas calizas e ígneas, con profundidades muy someras que van de los 3 a los 15 cm, con texturas franco arenosas y con cantidades bajas de materia orgánica. Este tipo de suelos se localizan bajo pendientes que van del 5 a más del 100% (Martínez, 2013).

Cuadro 2. Características de los suelos en el municipio de Mapimí.

Topoforma	Geología	Suelo
Cima de sierras y cerros	Calizas, lutitas, areniscas y conglomerados	Litosoles, regosoles, rendzinas y regosoles
Bajadas de sierras	Calizas, lutitas, areniscas, conglomerados e ígneas extrusivas.	Xerosoles, litosoles y regosoles.
Lomeríos	Calizas, lutitas, areniscas e ígneas extrusivas.	Xerosoles, regosoles, litosoles, rendzinas y regosoles.
Valles intermontanos y pie de monte	Aluvión	Xerosoles y regosoles.

Fuente: INEGI, 2000. Carta Edafológica 1: 250 000 (Martínez, 2013).

3.4.2 Climas

La mayoría de las regiones áridas y semiáridas del país muestran climas del tipo B, como por ejemplo: BW (muy seco) o BS (seco), en los cuales es posible

poner el orégano como cultivo (Galván *et al.*, 2005). El orégano se extiende frecuentemente en climas (S), C (wo) y Bshw, que pertenecen a semicálidos húmedos, templados subhúmedos y secos con lluvias en verano (Martínez, 2013).

Las temperaturas medias anuales van de los 16 a los 22 °C y precipitaciones de 250 a 300 mm, no obstante en algunas regiones se han registrado precipitaciones que van de los 400 a 500 mm (Martínez, 2013), con un régimen de lluvias de mayo a octubre con precipitaciones escasas de noviembre a diciembre (Villavicencio y Cano, 2012). Con precipitaciones pluviales de 150 a 200 mm y temperaturas mínimas de poco menos -2°C, con temperaturas máximas extremas de 45°C y temperatura promedio anual de 20°C (Olhagaray *et al.*, 2005). El orégano (*Lippia graveolens* HBK) es una especie natural de las zonas áridas por lo que puede ser un cultivo alternativo para las regiones con baja disponibilidad de agua, como los son las zonas áridas y semiáridas del país (Villa *et al.*, 2011).

En general el orégano se establece en climas de desierto y de estepas cálidos y semisecos con lluvias en verano; en ocasiones ubicamos el recurso en áreas pequeñas que disponen de un microclima, con humedad superior a la media en donde el orégano crece con un porte mayor al normal; sin embargo, estas áreas contemplan superficies bastante pequeñas (Martínez, 2013).

3.4.3 Tipos de Vegetación

Los tipos de vegetación en los que crece *Lippia graveolens* HBK son muy semejantes en el área del desierto Chihuahuense en el norte de México; sin embargo, se muestra una descripción de las características de vegetación de la

región semiárida del noreste de Durango, noreste de Zacatecas y sureste de Chihuahua. Las poblaciones de orégano en estas zonas son más abundantes dentro de su área de distribución (Martínez, 2013).

En los tipos de vegetación en los que se presenta generalmente *L. graveolens* HBK, se realizó una clasificación de acuerdo con sus categorías florísticas, ecológicas y características fisonómicas y estructurales; estas categorías se disponen apoyando un gradiente de pendiente y de altura, definiendo claramente su área preferencial (Martínez, 2013).

1. Matorral desértico rosetófilo
2. Matorral desértico micrófilo
3. Matorral espinoso
4. Matorral crasicaule

3.4.3.1 Matorral desértico rosetófilo

Este tipo de vegetación crece básicamente en terrenos someros con pendientes mayores al 20%, en los lomeríos y en las bajadas de cimas de sierras y cerros en donde predominan las especies con hojas alargadas gruesas, con o sin espinas, dispuestas en forma de rosetas, representando a este tipo de vegetación algunas especies como los son: *Agave lechuguilla* (lechuguilla), *Hechita* sp. (guapilla), *Yucca* spp. (palmas) y *Dasyllirion* spp. (sotol); quienes conviven con *Euphorbia antysiphilitica* (candelilla) y *Fouquieria splendens* (ocotillo). Una de las especies que se encuentra presente independientemente del gradiente de

pendiente es la *Jatropha dioica* (sangre de grado), quien comparte con este tipo de matorral (Martínez, 2013).

3.4.3.2 Matorral desértico micrófilo

Esta fisonomía es la de mayor distribución; sin embargo, en la zona de influencia donde crece el orégano simboliza la superficie más pequeña, sin embargo no por eso menos significativa, está compuesta esencialmente por especies arbustivas de hojas pequeñas, con o sin espinas en el que ciertamente la especie dominante es *Larrea tridentata* (Gobernadora), quien predomina el panorama de los valles del desierto y semidesierto Chihuahuense; este tipo de vegetación prevalece básicamente en los valles intermontanos, al pie de monte y en las extensas planicies, donde los suelos no son tan someros e incluye a dos subtipos de vegetación que pertenecen al matorral inerme y al matorral subinerme (Martínez, 2013).

3.4.3.3 Matorral espinoso

Esta vegetación está constituida por especies de apariencia del tipo arbustiva, habitualmente de hojas compuestas y en otras simples, en su mayoría caducas durante el período de sequía que corresponde a la mayor parte del año; crece en suelos someros, con pendientes mayores al 10%; frecuentemente conforman parte de la familia Leguminosae. Las especies que forman parte de este tipo de matorral son espinosas, entre las especies que destacan por su valor de importancia en este tipo de vegetación son: *Acacia berlandieri*, *Acacia vernicosa*, *Acacia mimosa* y *Mimosa* spp., (uña de gato) (Martínez, 2013).

3.4.3.4 Matorral crasicaule

Este tipo de vegetación está compuesto fundamentalmente por especies con tallos y cladodios crasos (suculentos); podemos descubrir este tipo de vegetación a lo largo de todo el gradiente de pendiente; sin embargo, son las laderas y los valles, así como las bajadas de sierras los lugares preferidos para el crecimiento de las especies que conforman este tipo fisonómico. Habitualmente se encuentra ligado con matorral espinoso, rosetófilo ó micrófilo, se representa por la preponderancia de *Opuntias*, *Equinocactus*, *Ferocactus* y *Mamillarias*; entre las especies que tienen mayor importancia en este tipo de vegetación se ubican: *Opuntia imbricata*, *Opuntia leptocaulis*, *Opuntia violacea*, *Opuntia rastrera*, *Opuntia ruffida*, *Mammillaria* spp., y *Ferocactus* spp. Estas especies efectúan un tipo de metabolismo excepcional entendido como ácido crasuláceo o CAM (Martínez, 2013).

3.5 Aprovechamiento de la hoja de orégano

El orégano se encuentra dentro de las hierbas aromáticas y medicinales de gran interés, en cuanto a su producción en la industria farmacéutica, cosmética, perfumera y alimentaria y por lo cual, es una opción a los cultivos tradicionales, con especies de gran requerimiento en el mercado actual a nivel mundial (Aguilar *et al.*, 2013).

Una planta ligada con ambientes áridos como lo es el “orégano” (*Lippia graveolens* HBK), es catalogado como el taxón que más se aprovecha a nivel nacional y que también se ha aprovechado entre la recolección, como una actividad complementaria a la cual solicitan los productores como alternativa para complementar sus ingresos (Blando *et al.*, 2005). Por lo cual, el cultivo y

comercialización de esta planta se convierte en una fuente de ingresos (Aguilar *et al.*, 2013).

El aprovechamiento del orégano consta en recolectar sus hojas, para después comercializarlas en el mercado local. La población que desarrolla esta actividad se confronta al problema de precios altos, producido por la sobreoferta y la falta de valor agregado del producto (CONABIO, 2005).

En los Estados de Jalisco, Chihuahua, Durango y Zacatecas, el método tradicional de aprovechamiento radica en cortar los renuevos de las plantas, principalmente aquellos que ya se habían utilizado en años anteriores, lo que ocasiona un daño mínimo a la planta. Su aprovechamiento corresponde con la etapa de floración de la planta acotando la formación de frutos y semillas (Aguilar *et al.*, 2013; Pérez, 2012; Maldonado, 1983).

Sin embargo, al encajar la floración con la época de cosecha, también se cortan las inflorescencias y las semillas, lo que trae como consecuencia una baja regeneración natural, y por ende podría causar una ausencia de las poblaciones de orégano, por lo que al no haber cambio de los individuos, éstos morirán por envejecimiento (Pérez, 2012; Ortega *et al.*, 1987). Otro método de explotación es el de defoliación, el cual se trabaja regionalmente en la Comarca Lagunera, pero con menos frecuencia que el anterior, y por lo cual, no es recomendable pues produce la muerte progresiva de la planta (Pérez, 2012; Flores, 2010; Olhagaray, 2005).

Presenta grandes ventajas de carácter económico el orégano, como por ejemplo: su almacenamiento, transporte y manejo, de tal forma que su relación

peso/volumen llenado puede incrementarse en beneficio de su densidad económica. Además, soporta largos períodos de almacenamiento (15 a 18 meses) sin padecer grandes cambios en aroma y presentación, con la condición de que no entre en contacto con líquidos (Pérez, 2012).

La gran diversidad de usos del orégano ha causado una sobreexplotación, debido a que se lleva a cabo a escala doméstica y comercial, y sin embargo se viene aprovechando desde hace mucho tiempo (Pérez, 2012; Flores, 1987). Por lo cual se han realizado investigaciones para la creación de técnicas que puedan ser aplicadas para la conservación de este recurso. Además, se han llevado a cabo investigaciones en todo lo que respecta a la intensidad de corte (Pérez, 2012).

3.6 Importancia de la evaluación poblacional del orégano

Considerando la importancia del orégano y el tipo de cosecha manual de la planta es necesario el estudio de su población en cuanto a su tipo (especie, variedad), cantidad (densidad) y área (cobertura) de planta que ocupa el terreno, como indicadores del rendimiento de la parte útil (Gitay *et al.*, 2002; Romahn *et al.*, 1994).

En México, la importancia que reproduce el orégano en las zonas donde crece y se explota es de gran relevancia. Sin embargo, actualmente se está explotando sin técnicas razonables que accedan a su conservación, ya que el único interés que motiva su aprovechamiento, es el dinero inmediato que perciben los que participan en el proceso de explotación. En la mayor parte de las áreas donde se explota, no se encuentra un control en la producción, debido a que desde el

mercado exterior donde se establece la demanda, se fijan los volúmenes de compra y precios que constituyen las empresas reguladoras de su mercado. Si la demanda es mayor que la capacidad positiva razonable del recurso, ésta característica se llega a cubrir, pero el orégano se deforma, sobre todo en las áreas que están sujetas a sobreexplotación, es ahí donde surgen las consecuencias negativas por la falta de un orden en el manejo y administración de este recurso (Martínez *et al.*, 2011).

Por lo tanto, es necesario implantar un nuevo concepto de costo para incorporarlo a los costos tradicionales del orégano, como es el costo de los servicios técnicos y de investigación para poder operar racionalmente al recurso, por lo cual, se convierte en una tarea difícil. No obstante, es indispensable emplear un manejo técnico al orégano apoyado en resultados de investigación; es decir, instrumentar estudios técnicos para el aprovechamiento del orégano apreciando sus recursos asociados a nivel de cuenca, para proceder a estudios parciales a nivel de predio con sus parámetros esenciales de manejo técnico. Estos parámetros de manejo técnico serán las herramientas de trabajo del silvicultor oreganero para respaldar la conservación del orégano y al mismo tiempo serán la base de las inspecciones técnicas de los responsables del manejo para comprobar si es apropiado o para corregir las fallas en que se cometan (Martínez *et al.*, 2011).

El orégano es un recurso forestal de gran interés, debido a que su uso es muy diverso en la actualidad; para México es de gran importancia socioeconómica, actualmente su producción procede esencialmente de las zonas áridas y los campesinos son los que realizan la recolección de la hoja que pertenecen a los estratos sociales más marginados de las zonas donde se obtiene, por lo que

representa una alternativa más para la existencia de este grupo de personas que viven en esas zonas (Martínez *et al.*, 2011; Martínez, 1990).

Existe información muy apreciada en el diseño de programas de manejo apropiado para avalar su sustentabilidad y enfrentar los problemas a los que se confronta como el inapropiado sistema de producción, desaprovechamiento de sus características químicas, intermediarios y falta de estructuras organizadas (Flores, 2010; González *et al.*, 1998). Así mismo, el mayor factor de riesgo para *L. graveolens* es la sobreexplotación con fines de aprovechamiento (Flores, 2010; INE, 2007), lo que compromete la gran necesidad de averiguar su densidad poblacional, ubicación y características en este tipo de estudios (Flores, 2010; Medina, 1982).

3.7 Importancia ecológica, social y económica del orégano

El orégano mexicano (*L. graveolens*), es uno de los PFNM (Productos forestales no maderables) de mayor importancia económica en nuestro país (Calvo, 2011; Huerta, 1997).

Hay un gran desconocimiento sobre la importancia del orégano dentro de la economía familiar, así como el impacto que la cosecha posee sobre las poblaciones naturales y su hábitat. Para el aprovechamiento del orégano, es indispensable contar con estudios en las comunidades vegetales naturales y el hábitat en que se ubica; para esto se busca averiguar densidades, distribución, producción potencial entre otros aspectos ecológicos, de modo que se pueda llevar a cabo un manejo adecuado y al mismo tiempo se pueda dar pautas con bases técnicas para el

otorgamiento de permisos de volúmenes aprovechables sin ocasionar daños a las poblaciones naturales (López, 2014).

La recolección del orégano silvestre es una actividad esencial para la mayoría de las comunidades rurales donde se desarrolla, debido a que simboliza una oportunidad de ingresos adicionales y de desarrollo para estos grupos que tienen como actividad económica de supervivencia (Flores, 2010; De la Cruz, 1997). Otros estados que se han incorporado a la recolección de este recurso son: Chihuahua, Coahuila, Oaxaca, Puebla y Tamaulipas (López *et al.*, 2011).

El orégano posee una importancia económica, ecológica y social para los habitantes de la región de Mapimí, Granados *et al.*, (2013) donde estudiaron las áreas de distribución natural, puesto que de su preservación y mejoramiento depende la conservación de los niveles de comercialización que determinan el ingreso económico de un gran número de familias que necesita de una fuente de empleo que les permita persistir.

La importancia económica del orégano establece que en alrededor del 90% se designa a la exportación y la mayor parte de los beneficios se asignan entre los comercializadores el producto. Sin embargo, esto representa una fuente de ingresos para las familias que necesitan en una gran parte de su recolección. El proceso de comercialización es uno de los aspectos primordiales a considerar, debido a la falta de planes de manejo, para la reorientación de los beneficios hacia los campesinos. De esta manera, en esta fase pueden plantearse y llevarse a cabo algunas

alternativas para que los recolectores distribuyan de manera directa su producto, tanto a nivel nacional como internacional (Granados *et al.*, 2013).

En el municipio de Mapimí, la mayoría de las existencias de orégano y su concentración son vigiladas a través de una cadena que introduce acaparadores primarios o también llamados recolectores, los cuales perciben un ingreso adicional mínimo por esta actividad. Ellos son el primer eslabón en la comercialización, pues introducen el producto al ámbito de los acaparadores regionales. En el municipio de Gómez Palacio, Dgo., se concentran las existencias y de ahí las transportan a las plantas beneficiadoras ubicadas en la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., las cuales con una inversión mínima consiguen un producto listo para abarcar las exigencias de exportación. Como no existe una organización concreta para el aprovechamiento del recurso (Martínez, 1994), por lo cual, la comercialización se efectúa a través de canales que resultan con una gran desventaja para los recolectores, debido a la gran cantidad de intermediarios que aparecen durante el proceso. De esta manera, la falta de una estructura organizativa que garantice los intereses de los recolectores, el deterioro del medio ambiente y el incremento de la pobreza serán la temática en la cual los desequilibrios ecológicos y las crisis sociales se propagarán y agravarán cada vez más, y por lo cual, es necesario realizar una vinculación con una política nacional que considere el equilibrio entre el aprovechamiento de los recursos naturales y el desarrollo de grupos específicos de la sociedad (Granados *et al.*, 2013).

Cuadro 3. Características del orégano de monte (*Lippia graveolens* HBK).

Ecológicas	Culturales	Económicas
Especie nativa de rápido crecimiento y reproducción. Especie resistente a la sequía y a la perturbación.	Uso tradicional con saberes ancestrales asociados. Manejo vinculado a grupos sociales de alta marginación.	Mercado ya existente y con una demanda creciente. Componente importante del ingreso familiar.
La cosecha no conlleva la muerte de la planta.	Alto potencial para un aprovechamiento sustentable.	Técnicas sencillas de cosecha y procesamiento.
Alta capacidad de recuperación poscosecha.		Elevado potencial para diversificación de mercado.
Potencial para restauración ecológica de zonas degradadas.		

(Calvo, 2011).

Por otra parte, el precio del orégano pagado a los recolectores no es justo, pues hay una enorme diferencia entre lo otorgado a los recolectores y lo que obtienen los intermediarios y exportadores. Actualmente recobra una gran importancia la recolección del orégano debido, a que en gran medida los productores ponen a disposición casi en su totalidad la producción de orégano sólo para exportación.

Además del beneficio social y económico, las poblaciones silvestres de orégano colaboran a detener el suelo en zonas erosionadas, también a conservar los ciclos de los nutrientes, proveen alimento y refugio a insectos y a especies de animales silvestres (Flores, 2010; López *et al.*, 2005).

3.8 Producción y comercialización del orégano

En el mundo existen diferentes variedades de orégano que han sido explotadas comercialmente. La producción global del orégano es evaluada en alrededor de 15,000 toneladas, manteniéndose Turquía como el principal productor

(Corella y Ortega, 2013; García *et al.*, 2012; Koksai *et al.*, 2010; Villavicencio *et al.*, 2007). El orégano es una planta que se distribuye considerablemente por el mundo y México es reconocido como el segundo país productor de plantas identificadas como orégano (Corella y Ortega, 2013; García *et al.*, 2012).

No obstante, García *et al.*, (2012) afirman que el mayor productor de orégano en el mundo es Turquía, con exportaciones que superan las 10,000 toneladas anuales, seguido por México, Grecia y otros países (Koksai *et al.*, 2010; Villavicencio *et al.*, 2007). López *et al.*, (2011) afirman que México ha podido permanecer en este sitio debido a que el orégano mexicano (*Lippia* spp.) es elegido en el mercado internacional por los aceites que de él se extraen y por su sabor (Huerta, 1997b).

El orégano es un recurso ampliamente empleado a nivel nacional e internacional. México es el principal productor de los PFNM de mayor importancia económica, y que actualmente ha obtenido tal importancia debido a que entre el 85% y el 90% de la producción nacional de materia seca útil se exporta a los Estados Unidos de América y en menor grado a Italia y Japón. México es el principal exportador a nivel mundial de (*Lippia graveolens*), con 35 ó 40% del mercado internacional; donde se produce anualmente cerca de 4,000 a más de 6,500 toneladas de hoja seca, lo que proporciona una derrama económica superior a los 160 millones de pesos por exportación del 90% de ésta (Corral *et al.*, 2011), el 85% se comercializa a Estados Unidos de América y 5% a la Unión Europea; el 10% restante se consume en el interior del país (Aguilar *et al.*, 2013; Yáñez *et al.*, 2013; SEMARNAT, 2008; CONABIO, 2005; Silva, 2004).

Estados Unidos de América es el mayor consumidor de orégano en el mundo y que se encuentra entre los principales compradores de este recurso, que importa alrededor de 6,000 a 6,500 t/año de hoja seca, otro es la Unión Europea con 4,400 t/año, seguido por Brasil con 1,330 t/año y Uruguay que demanda 115 t/año (García *et al.*, 2012; Silva, 2005), México colabora a retribuir esta demanda contribuyendo con el 35% aproximadamente de la producción mundial (Corral *et al.*, 2011). Las exportaciones del orégano mexicano están designadas también al Reino Unido, Alemania, Francia y Canadá. Además, se ha registrado que entre 2006 y 2008 las ventas de orégano mexicano aumentaron USD \$2 millones de dólares (García *et al.*, 2012; CONAFOR, 2009).

El género *Lippia* es el más abundante en diversos estados del país, cuya comercialización se realiza en greña (Pérez *et al.*, 2011). Las áreas productoras de orégano más importantes en el país se ubican en los Estados de Chihuahua, Durango, Tamaulipas, Coahuila, Guanajuato, Jalisco, San Luis Potosí, Zacatecas, Querétaro, Hidalgo y Baja California Sur (Figura 2) (Aguilar *et al.*, 2013; López *et al.*, 2011; Aranda *et al.*, 2011; Huerta, 1999; Huerta, 1997).



(INEGI y GBIF, 2017).

Figura 2. Mapa de registros de colecta de *L. graveolens* por Estado.

En los Estados de Durango, Guanajuato, Jalisco, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas anualmente se cosechan casi 4,000 toneladas de orégano (Aranda *et al.*, 2011). La principal especie comercial que pertenece al género *Lippia* es producida en México, y los principales estados productores son: Chihuahua, Durango, Tamaulipas, Coahuila, Jalisco, Zacatecas, Querétaro, Hidalgo y Baja California Sur (García *et al.*, 2012; Villavicencio *et al.*, 2007).

Como por ejemplo, el 90% de la producción de *L. graveolens* en Coahuila se cosecha de zonas silvestres y de este volumen, el 80% de hoja seca es exportada; generando anualmente un promedio de 700 ton de hoja seca (García *et al.*, 2012; Villavicencio *et al.*, 2010; CONAFOR, 2009). Sin embargo, el estado aporta el 11%

de la producción de orégano a nivel nacional, el aprovechamiento de este recurso es una actividad que tiene un gran impacto social (Villavicencio *et al.*, 2010).

No obstante, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) reconoció en 2009 solamente a cuatro estados productores de orégano: Baja California Sur, Chihuahua, Durango y Oaxaca, con producciones de 32.09, 60.80, 0.70 y 24.0 toneladas, respectivamente (SIAP, 2010). En la actualidad permanece el desconocimiento de la diversidad del orégano en México y las propiedades que posee cada especie, que puedan ser una oportunidad para aprovechar las cadenas productivas en estas regiones (García *et al.*, 2012).

Debido a que México es el segundo productor mundial de orégano, la mayoría de las especies explotadas comercialmente son silvestres y no están incorporadas a los programas básicos de manejo y mejoramiento agronómico. La producción comercial del orégano mexicano requiere homogeneidad, volumen y calidad; no obstante, ésta se realiza en zonas marginadas y de escasos ingresos, produciendo una explotación excesiva que coloca en peligro la biodiversidad y sustentabilidad de la misma. Por estas razones es necesario afirmar un manejo razonable de este recurso para poder impactar positivamente el nivel socioeconómico de las familias en las regiones donde se obtiene (García *et al.*, 2012; Huerta, 1997b).

3.8.1 Valor económico del aceite esencial

La producción mundial de orégano produce un valor comercial de USD \$22.5 millones de dólares aproximadamente. Sin embargo, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) apreció que en 2005 las ventas totales de orégano sumaron más de \$75 billones de € (García *et al.*, 2012; Koksai *et al.*, 2010; CONAFOR, 2009). A causa de la composición química de sus aceites esenciales, el orégano mexicano se considera como el de más alta calidad, lo que le ha proporcionado un mayor ascenso a su comercialización en los últimos años (Nieves *et al.*, 2010; CONAFOR, 2007).

En los últimos años la planta del orégano ha alcanzado un gran valor económico, debido a la demanda de aceites esenciales en el mercado internacional (Flores, 2010; Huerta, 1997b). Esto ha permitido incrementar el mercado para la comercialización de este producto. El costo promedio de la hoja seca de orégano por kg varía entre MXN \$8 a MXN \$9 hasta alcanzar MXN \$11 (Villa *et al.*, 2011; Flores, 2010; CONAFOR, 2007; Huerta, 1997). El precio comercial de los aceites esenciales de orégano en el mercado internacional, tasado a partir de la muestra a granel de 15 ml, oscila entre 7,58 y 25 € (MXN \$126.75 y MXN \$418.05 al 19 de julio de 2010), es decir, entre MXN \$8,450.00 y MXN \$27,870.00 por cada L de aceite esencial (Haidé *et al.*, 2011).

Recientemente se encuentra una creciente demanda del orégano a causa del aceite esencial contenido en su hoja, lo cual ha estimulado el interés de los recolectores mexicanos por extraer y vender éste aceite para aumentar las

ganancias adquiridas en comparación con la venta de la hoja (Corral *et al.*, 2011). Para la producción de 1 L de aceite son indispensables 32 kg de follaje de orégano seco aproximadamente (Haidé *et al.*, 2011).

La región noreste de México tiene un precio para el aceite esencial de orégano silvestre, ignorando la calidad del mismo, de USD \$179.00 por L de aceite (MXN \$2,310.00 al 19 de julio de 2010). En el momento que el aceite esencial tiene un quimiotipo con alta concentración de timol y carvacrol, el precio se sube hasta USD \$2,000.00 por L (MXN \$25,811.05 al 19 de julio de 2010) (Haidé *et al.*, 2011).

El valor económico de los aceites esenciales está directamente enlazado con su composición química, primordialmente por su porcentaje de timol y carvacrol, que puede simbolizar hasta el 10% del contenido en peso seco de la hoja (cantidad que varía de acuerdo al origen de la muestra) definida por sus relaciones ecológicas que causan sus propiedades fisicoquímicas y biológicas (Haidé *et al.*, 2011).

3.9 Aprovechamiento de aceites esenciales del orégano

A nivel internacional, el aceite es altamente requerido como condimento en alimentos y en la industria farmacéutica. No obstante, como se ha mencionado anteriormente al aceite posee una gran variedad de usos (Pérez *et al.*, 2011). Los aceites esenciales además son nombrados como compuestos volátiles, son líquidos de consistencia aceitosa, aromáticos, producidos de los materiales vegetales (flores, los brotes, semillas, hojas, corteza, hierbas, madera, frutas y raíces). Pueden ser separados y elaborados por múltiples métodos, pero el más empleado en la

obtención comercial es por destilación por arrastre con vapor (Borboa *et al.*, 2011; Kalembe y Kunicka, 2003).

Los aceites esenciales se determinan como mezclas complejas de compuestos derivados del isopreno, metabolitos secundarios provenientes de distintos órganos de las plantas, por lo que un metabolito más activo puede relacionarse con una mayor producción de aceites (Tezara *et al.*, 2013; Pérez *et al.*, 2011; Kalembe y Kunicka, 2003). La composición química de los aceites esenciales depende de varios factores como: el origen botánico (la especie y la raza química de las que corresponden), del ciclo vegetal (la composición y la proporción varían según la fase del ciclo vegetativo), las condiciones ambientales, las características del cultivo (suelo, riego, abono, etc.) y el procedimiento de producción, debido a que durante el mismo se puede variar la composición del aceite esencial del vegetal (Wogiatzi *et al.*, 2009).

Los aceites esenciales son grupos de terpenoides, sesquiterpenoides y diterpenoides con distintos grupos de hidrocarburos alifáticos, alcoholes, aldehídos, esteres cíclicos o lactonas. Los componentes primordiales químicos de estas mezclas son: mono y sesquiterpenos incluyendo alcoholes, éter, aldehídos y cetonas, los cuales son responsables de las fragancias y de las propiedades biológicas de las plantas aromáticas y medicinales (Tezara *et al.*, 2013; Pérez *et al.*, 2011). En el aceite esencial se pueden encontrar hidrocarburos alicíclicos y aromáticos, así como sus derivados oxigenados (alcoholes, aldehídos, cetonas y esteres), sustancias azufradas y nitrogenadas. Los compuestos más comunes

proceden del ácido mevalónico y se clasifican en monoterpenoides y sesquiterpenoides (Pérez *et al.*, 2011).

Cuadro 4. Contenido de aceites esenciales en el orégano (*L. graveolens* HBK) desarrollado en Mapimí, Durango (Sánchez *et al.*, 1991).

Etapas fenológicas	Aceites (%)	Timol (%)	Carvacrol (%)
Brotación reciente	4.02	31.78	7.01
Inicio de floración	4.00	32.77	7.42
Plena floración	5.30	29.10	8.32
Producción de semillas	6.98	33.50	7.34

(Granados *et al.*, 2013).

Se han descubierto 45 compuestos que integran el 92-93% del aceite esencial por hidrodestilación en *L. graveolens* HBK, los componentes principales fueron el carvacrol (71%) y timol (5%). Algunos autores muestran que el aceite con mayor cantidad de carvacrol es el más aceptado (Pérez *et al.*, 2011; Arcila *et al.*, 2004). Los principales componentes de *L. graveolens* son: el ácido caroptosídico, naringenina, pinocembrina, β -felandreno, carvacrol, 1-8 cineol, p-cimeno, metil, timol. La composición química de los aceites esenciales puede cambiar de acuerdo a la especie, clima, quimiotipo, altitud, época de recolección, estado de crecimiento, temporada de cosecha y de las condiciones geográficas, por lo que es muy importante el estudio de los factores climáticos y la influencia en el cultivo para un mejor aprovechamiento y rendimiento de los metabolitos secundarios (Cuadro 4) (Pérez *et al.*, 2011; Arana *et al.*, 2010; Arcila *et al.*, 2004).

3.9.1 Principales compuestos químicos del aceite

Carvacrol: Es uno de los antisépticos más potentes. Aunque en cantidades muy pequeñas, rápidamente elimina una gran variedad de patógenos como bacterias, hongos, parásitos y virus. Una gran ventaja del aceite de orégano es que

estos patógenos no pueden establecer inmunidad como ocurre con los medicamentos farmacéuticos, asimismo de eliminar probables efectos secundarios y la oportunidad de instaurar mutaciones virulentas en bacterias y hongos (Haidé *et al.*, 2011).

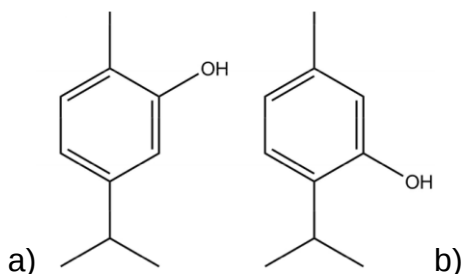


Figura 3. Estructuras químicas de los principales constituyentes del aceite esencial de orégano, a) timol y b) carvacrol (Adame *et al.*, 2016).

Timol: Es una sustancia cristalina incolora con un olor característico que está presente en la naturaleza en los aceites esenciales del orégano. De propiedades bactericidas, desinfectante y fungicida, además le otorga al orégano múltiples propiedades antioxidantes, microbiológicas y conservantes de alimentos, además de potenciales aplicaciones en perfumería y cosmética. Por su sabor agradable está presente en la formulación de diversos enjuagues bucales, pastas de dientes, etc. Una disolución de timol al 5% en etanol se emplea para la desinfección dermal y contra infecciones con hongos. En veterinaria se administra igualmente contra infecciones dermales y para estimular la digestión (Acevedo *et al.*, 2013; Haidé *et al.*, 2011).

3.10 Métodos para la extracción del aceite

Los métodos empleados para la extracción del aceite esencial de orégano más usuales son: cocción y/o directo, hidrodestilación directa y por arrastre con

vapor de agua, el método de cocción se utiliza básicamente para uso doméstico, el método de hidrodestilación es de uso industrial y el de arrastre con vapor de agua se usa a nivel comercial. Está comprobado que el método de arrastre por vapor de agua alcanza mayor rendimiento de aceite esencial relacionado con los otros dos métodos (Flores *et al.*, 2011).

Algunos métodos de extracción del aceite esencial que se emplean para efectuar este proceso son: arrastre por vapor de agua y el directo y/o cocción. El método tradicional de cocción es un proceso de destilación que radica en hervir el follaje seco de orégano (150 g) en un litro de agua destilada; el vapor (agua y aceites volátiles) producido se enfría en un serpentín (con agua corriente). Con esto se alcanza la condensación del agua y del aceite, ambos son recogidos en un embudo de separación y por diferencia de densidad (el aceite se sitúa en la parte superior) se recoge sólo el aceite (Flores *et al.*, 2011). La técnica de arrastre con vapor de agua descrito se basa en cinco etapas:

1. Generación de vapor, en matraz con agua destilada a temperatura de ebullición.
2. Introducción de vapor a la parte inferior del matraz con orégano seco para extraer el aceite.
3. Enfriamiento de vapor en columna tipo serpentín, conectado al flujo de agua corriente (condensación del vapor).
4. Recolección del aceite y agua producto de la condensación en embudo de separación.
5. Separación del aceite de la fracción acuosa por diferencias de densidad (aceite parte superior, agua parte inferior).

Cuando se efectúa la extracción del aceite esencial a partir de las hojas de orégano por el método de destilación por arrastre de vapor de agua, se produce otro residuo al que se le llama “bagazo”, constituido por las hojas que quedan después de la extracción (Rolando, 2007). De acuerdo con la SEMARNAT (2001) componen el 90% en peso seco de su peso inicial aproximadamente (Corral *et al.*, 2011).

3.11 Calidad del aceite

Los aceites esenciales procedentes del orégano silvestre y del cultivado, muestran una alta variación en la concentración de timol y carvacrol, lo cual influye en su calidad (Soto *et al.*, 2007). Los diferentes tipos de orégano poseen un valor comercial debido a sus características de olor y sabor, y que se le asignan a la asistencia de compuestos químicos como lo son el timol, carvacrol y su precursor, p-cimeno. En el cuadro 5, se muestran los tres tipos de orégano más conocidos, junto con las cifras de exportación en todo el mundo (turco, mexicano y griego) y la relación que existe entre la concentración de aceite esencial de orégano de sus hojas y la proporción de sus componentes principales (Cid *et al.*, 2016).

En el aceite de orégano que se desarrolla de manera silvestre se han detectado presencia dominante de carvacrol y/o timol. Además se ha observado que un incremento de timol provoca un decremento de carvacrol y viceversa; en cantidades menores se localizan hidrocarburos monoterpenoides como: gamma-terpineno y p-cimeno. También se ha obtenido carvacrol (29%-73%) y p-cimeno (11-42%) en aceite de orégano silvestre cultivado mediante la técnica de hidroponía

adicionado con fósforo, presentó aumento en nitrógeno, incrementó el porcentaje de p-cimeno y existió un decremento en carvacrol (Arcila *et al.*, 2004).

Por otra parte, en el cuadro 5 también se presentan las características de otra especie de orégano mexicano, *Poliomintha longiflora* Gray, que también es una especie aromática que crece en estado silvestre y que rara vez se ha estudiado. Una observación importante es que *P. longiflora* y dos especies de orégano europeo pertenecen a la familia Lamiaceae y son especies de orégano que contiene mayor proporción de timol, mientras que el orégano de la familia Verbenaceae (*Lippia*) contiene un mayor porcentaje de carvacrol, que explica sus diferencias en color, olor y sabor. El consumidor europeo prefiere un sabor suave con tonos de color claro, debido a que su componente principal es el timol (componente blanco cristizable), mientras que los consumidores mexicanos toleran sabores fuertes, debido a la mayor concentración de carvacrol (componente líquido amarillo) en sus oréganos (Cid *et al.*, 2016; Cid *et al.*, 2016b).

En estudios realizados se ha encontrado que el orégano mexicano (*Lippia*) posee mejor calidad de aceites esenciales que el de Europa (*Origanum*) (López *et al.*, 2011). Por consiguiente, en un estudio comparativo entre el orégano proveniente de Grecia y de Turquía con el orégano mexicano (referido a las especies *L. graveolens* H.B.K), se comprobó que la calidad del orégano mexicano es superior, referido a la composición química de sus aceites esenciales (Cuadro 5) (Aguilar *et al.*, 2013).

Cuadro 5. Composición química de las principales especies de orégano.

Especies de orégano	Familia	Aceite esencial (%)	Timol (%)	Carvacrol (%)	p-cimeno (%)
Orégano mexicano <i>Lippia graveolens</i>	Verbenaceae	2.0	10.4	43.7	6.4
Orégano mexicano <i>Poliomintha longiflora</i>	Lamiaceae	1.2	37.2	24.2	8.1
Orégano griego <i>Origanum vulgare</i> subsp <i>Hirtus</i>	Lamiaceae	1.5	23.9	12.2	15.9
Orégano turco, <i>Origanum vulgare</i> subsp <i>gracie</i>	Lamiaceae	1.5	15.1	9.9	8.1

(Cid *et al.*, 2016; Cid *et al.*, 2016b; Silva *et al.*, 2008; Huerta, 1997).

Tezara *et al.*, (2013) reportaron en un estudio previo donde se estudiaron dos poblaciones naturales del quimiotipo timol de orégano mexicano: una ubicada en un bosque caducifolio con clima subhúmedo (Maxcanú) y la otra en un matorral costero con clima semiárido (Coloradas). En el sitio subhúmedo la precipitación anual fue casi el doble que en el semiárido durante el periodo lluvioso (1,100 y 600 mm, respectivamente).

Acevedo *et al.*, (2013) analizaron químicamente el orégano (*O. vulgare*) cultivado en Coloso, Departamento de Sucre en Colombia con el objetivo de determinar la variabilidad en la composición química provocada por las condiciones climáticas de la región. Además, se reconoció como compuesto mayoritario el timol con 67.51%, seguido del p-cimeno y γ -terpineno, con 11.66% y 5.51%. Azizi *et al.*, (2009) identificaron 42 compuestos totales en aceites esenciales de tres poblaciones mediante GC-MS. El carvacrol fue el compuesto dominante (70.0-77.4%) para todas las muestras de aceites esenciales, seguido por γ -terpineno (8.1-9.5%) y p-cimeno (4.5-5.3%).

Chatzifragkou *et al.*, (2011) realizaron un estudio donde identificaron la composición química del aceite esencial de *Origanum vulgare* L., donde identificaron 23 compuestos por análisis de GC-MS, representando el 92.3% (w/w) del aceite esencial total de la planta. El carvacrol (56.3%) y el timol (16.4%) fueron los componentes principales. Bolechowski *et al.*, (2011) analizaron la composición del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*), los compuestos volátiles de las muestras de orégano fueron extraídas por el método de hidrodestilación y analizadas por GC-MS. Se identificaron 27 compuestos tentativamente, con terpinen-4-ol, carvacrol, timol y γ -terpineno fueron los compuestos mayoritarios.

Por otro lado, Rivero *et al.*, (2011) reportaron diferencias químicas en aceites esenciales entre las especies más importantes del orégano mexicano, *Lippia* y *Poliomintha*. En *Lippia*, se determinaron 25 componentes químicos entre los que destacan carvacrol, eucaliptol, timol y p-cimeno que fueron los predominantes. Mientras que en *P. longiflora*, determinaron un mayor número de componentes químicos, el carvacrol, p-cimeno, acetato de carvacrol, 6-metil-3,4-xilenol, y el óxido de β -cariofileno fueron sus componentes principales. Sin embargo, los autores no detectaron la presencia de timol en el aceite esencial de orégano *P. longiflora*. Otra diferencia importante fue el rendimiento de extracción, donde *Lippia* exhibió un rendimiento de 1.67%, superior a *Poliomintha* con 0.33% de rendimiento de aceite esencial de hojas de orégano correspondiente.

Veras *et al.*, (2012) analizaron el aceite esencial de *Lippia sioides* Cham (Verbenaceae), especie comúnmente conocida en Brasil, donde se obtuvo un rendimiento del 1.06%, y el análisis por GC/MS identificó los componentes

principales: timol (84.9%) y p-cimeno (5.33%). Los principales componentes de los aceites esenciales de *Lippia palmeri* S. Wats de Álamos y Puerto El Orégano (Sonora, México) fueron p-cimeno (22.37 y 14.25%), timol (21.39 y 15.11%), γ -terpineno (6.69 y 4.23%), isoaromandreno (16.7 y 0.62%), respectivamente (Ortega *et al.*, 2011).

Los aceites esenciales de los oréganos que se producen en Mendoza (*Origanum x applii* y *Origanum x majoricum*) contienen compuestos fenólicos, entre los que se sobresale el timol. Los aceites esenciales de *O. applii* (criollo) y *O. majoricum* (mendocino), de La Consulta, Mendoza, Argentina, mostraron un contenido de timol (33.8 y 12.9%) y un contenido de carvacrol (ambos < 0.1%) (Amadio *et al.*, 2011).

3.12. Usos

3.12.1 Usos y aplicaciones de la hoja de orégano

Vázquez y Dunford, (2005) informan que los usos ancestrales del orégano son en el arte culinario como hierba de olor, esto se debe a las propiedades organolépticas derivadas de sus atributos como saborizantes o sazónadores de alimentos. Martínez y Flores, (1984) estandarizaron los procesos de transformación que presenta el orégano (Pérez, 2012).

La hoja es la parte de la planta de orégano que más se aprovecha principalmente, si no es que es la única parte aprovechable (Villavicencio y Cano, 2012) y esta especie posee un potencial culinario muy amplio; como condimento muy común en los diversos estratos sociales donde se utiliza primordialmente en la

elaboración de platillos regionales (guisos, caldos, ensaladas, etc.), también en la comida internacional (por ejemplo: pizzas) y en la elaboración de embutidos (Corella y Ortega, 2013).

La hoja del orégano se utiliza esencialmente como condimento alimenticio y como antioxidante en la preparación de alimentos frescos como lo son los platillos representativos: pozole, menudo, callos, barbacoa, estofados de carnes, etc. En alimentos enlatados se emplea en productos como el salmón, atún, sardinas, etc. Se agrega industrialmente a salsas, aderezos, aceitunas, encurtidos, frijoles envasados, sopas precocidas, etc. (Flores, 2010; Huerta, 1997).

3.12.2 Usos y aplicaciones del aceite esencial de orégano

El aceite esencial de orégano producido de la hoja, se utiliza en la industria refresquera, licorera, cosmetológica y farmacéutica (Flores, 2010; FAO, 2000). Además, es empleado en un 98% en la industria perfumera, como fijador de olor, sabor y color. En la escala industrial, es muy manejado en perfumería por su gran contenido de aceites esenciales los que destacan y adhieren sus aromas (Corella y Ortega, 2013).

Sánchez *et al.*, (1991) indican que uno de los usos alternativos para el orégano es el de la producción de aceite esencial, el cual se emplea como aditivo en la industria de alimentos, químico-farmacéutica y de cosméticos. Su aceite esencial posee una mayor importancia industrial y farmacéutica, el cual se utiliza como fragancia en jabones, perfumes, cosméticos, saborizantes, entre otros (García *et al.*, 2012; Koksai *et al.*, 2010).

Según Arcila *et al.*, (2004) muestran que, por sus propiedades medicinales, tanto la hoja como el aceite se utilizan como analgésico, antiinflamatorio, sedante, antidiarreico, tratamiento de infecciones cutáneas, antifúngico, remedio de desórdenes menstruales, antimicrobiano, repelente, antiespasmódico, tratamiento de enfermedades respiratoria y abortivo (Pérez, 2012; Flores, 2010). Además, tiene propiedades antibacteriales, antifúngicas, antiparasitarias, antimicrobianas y antioxidantes (Rivero *et al.*, 2011).

En estudios recientes se ha informado sobre la actividad biológica del aceite esencial de orégano que actúa primordialmente contra microorganismos como, por ejemplo: hongos, bacterias, insectos y virus, y además actúa como antioxidante y desinfectante; también se utiliza en la medicina tradicional como antiespasmódico, motivo por el cual se ha transformado en un producto de exportación. Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que alrededor del 80% de la población en el mundo usa extractos vegetales o sus compuestos activos, como lo son: los terpenoides, que se emplean principalmente para cuidados primarios de salud (Corella y Ortega, 2013). Otros estudios recientes han descubierto hallazgos sobre la actividad antioxidante y actividad microbiana que posee el aceite esencial de orégano que actúa contra hongos, bacterias, insectos y virus (Pérez, 2012; Vázquez y Dunford, 2005).

Ha sido investigado científicamente y ha resultado ser uno de los más potentes y efectivos antibióticos conocidos el aceite de orégano, por lo cual es natural y seguro. No crea cepas mutantes de las bacterias y elimina las mismas de todo tipo utilizando una pequeña cantidad de aceite. También es eficaz contra los

hongos, parásitos y virus. Puede ser empleado interna y externamente, no posee efectos secundarios negativos y no se requiere de una receta médica para su venta (Haidé *et al.*, 2011).

Separadamente de los beneficios económico potenciales que contiene, el aceite esencial de orégano, indistintamente de la especie, posee una amplia gama de efectos en las bacterias. En México existen más de 4,000 especies de plantas medicinales y sólo en el norte del Estado de Chihuahua donde se consideran reportadas más de 300 especies ahora en uso, una de ellas es el orégano mexicano *L. graveolens* HBK. En la región montañosa del Estado de Chihuahua, los habitantes de diversos grupos étnicos han empleado a la medicina tradicional basada en plantas para curar enfermedades durante mucho tiempo (Adame *et al.*, 2016).

3.13 Antecedentes y evaluación del orégano en México

Se encuentra una degradación de los recursos naturales debido a la presión social, falta de interés en el cuidado de los RFNM y aunado a una escasa cultura ecológico-forestal, que originan una serie de problemáticas ambientales como lo son: aprovechamientos ilegales, cambios de uso de suelo, incendios forestales, presencia de plagas forestales, mal manejo forestal y sobrepastoreo produciendo procesos profundos de erosión por la pérdida de la cubierta vegetal que conducen a la pérdida del potencial productivo del suelo y a la reducción en la captación de agua y recarga de los mantos acuíferos (Olhagaray, 2005).

Se tiene conocimiento que no obstante que el orégano se explota comercialmente desde hace varias décadas, en la mayoría de las áreas oreganeras bajo explotación en México, no se aplican adecuados planes de manejo que garanticen la conservación y fomento del recurso; esto se debe a la escasa tecnología y a la falta de aplicación de las técnicas que ya existen, esto a su vez se debe en parte, al desinterés de los productores, dado que en la actualidad no les representa una actividad rentable como debiera de ser. En realidad, la explotación tradicional del orégano, se realiza de forma individual, en el ámbito familiar, de manera aislada y sin organización adecuada; la cosecha se realiza de forma rústica desde el corte de ramas, hasta la obtención de la hoja o materia prima que se comercializa (Martínez *et al.*, 2011).

En lo que concierne al corte de las ramas para obtener la hoja, se ha observado que se corta más de la mitad del arbusto y, en muchos casos, sobre todo las personas que lo cortan sin permiso de los dueños del predio, realizan el corte casi al ras del suelo para obtener ramas largas y facilitar su traslado a lugares distantes del área de corta e incluso hasta el patio de sus casas, desgraciadamente esto es común. Esta práctica representa dos desventajas, una que es la regeneración vegetativa con este corte es poca y la otra, es que la semilla ya formada es llevada fuera de su lugar de origen, tanto como el ramaje o los restos en el patio de secado que pudieran servir de protección a la regeneración por semilla o como camas de germinación de la misma (Martínez *et al.*, 2011).

Existen una serie de datos específicos de inventarios de orégano en México, que hablan sobre el área y/o potencial existente en peso de hoja seca por unidad

de superficie, potencial de regeneración y otros parámetros de evaluación para instaurar políticas y planes de desarrollo en las zonas oreganeras, son limitados, esto a causa de la ausencia de metodologías prácticas para su evaluación; solamente se cuenta con información preliminar de distribución a nivel de regiones. Hay algunos estudios que contribuyen en algunos aspectos sobre elementos claves para elaborar la evaluación; es decir, que pueden ser la base para cuantificar el potencial oreganero a nivel nacional, estatal y regional (Martínez *et al.*, 2011).

Los estudios técnicos justificativos para el aprovechamiento de orégano para ser realizados, León (1991), cita las normas y algunas recomendaciones técnicas que deben contemplarse para la evaluación del orégano y en varias de sus aportaciones menciona la necesidad de estratificar las poblaciones, recomienda la intensidad de muestreo, la forma y tamaño del sitio a muestrear, así como los datos que se deberían tomar en torno a los sitios de muestreo (Martínez *et al.*, 2011).

También, Cavazos (1991) y Alarcón (1991) han realizado modelos matemáticos para evaluar la cantidad de biomasa que producen los arbustos de orégano, debido a que mediante el uso de la regresión lineal, descubrieron que existe una relación entre el diámetro de cobertura foliar del arbusto con el peso de hoja seca de la planta, así se fabrican tarifas de volumen para señalar el rendimiento de la hoja seca de orégano por planta, estas herramientas son la base para cuantificar el recurso oreganero y de esta forma tomar decisiones respecto a su manejo. Desde hace varios años en el Estado de Jalisco se han expuesto algunos trabajos con varias limitaciones, con el objetivo de formar herramientas técnicas para cuantificar poblaciones silvestres de orégano. Se produjeron tarifas para

valorar el rendimiento de hoja seca y además, se originó una clave para evaluar la densidad de población del orégano por hectárea y cuantificar el potencial de producción en Jalisco (Martínez *et al.*, 2011).

Mediante las herramientas logradas y con el apoyo económico de programas gubernamentales que se otorgan a través de la CONAFOR, se elaboraron estudios técnicos de diversos predios de régimen comunal, ejidal y privado, con el objetivo de integrar al orégano a un manejo apropiado con preferencia para obtener la sustentabilidad del recurso. Para la Zona Norte de Jalisco y al considerar la necesidad de cuantificar al orégano en la misma zona, Flores (1987), elaboró un estudio para originar una herramienta para evaluar la producción de hoja seca por planta. En el estudio realizado por Martínez *et al.*, 2011, a través del empleo de los datos de diámetro de cobertura foliar de las plantas de orégano, se determinó una correlación con el peso de la hoja seca. El resultado fue la elaboración de una tarifa que incluye categorías diamétricas de la población oreganera y evalúa el rendimiento de peso de la hoja seca del orégano por cada categoría. Así, se puede estimar la existencia en peso de la hoja seca del orégano de ciertas áreas, conociendo los diámetros promedio de los arbustos de la población de interés, densidad de población y área del rodal. Para agregar las herramientas técnicas para evaluar el orégano en la zona de estudio, fue necesario conocer la ubicación de las áreas oreganeras, su densidad de población, los diámetros de su cobertura foliar y superficie de las poblaciones de orégano sujetas al estudio en la zona. Con base en esto, Martínez (1990), elaboró una caracterización ecológica del orégano *L.*

berlandieri Schauer en las zonas del norte de Jalisco y suroeste de Zacatecas (Martínez *et al.*, 2011).

En este trabajo, por medio del uso de las cartas Topográficas, Edafológicas y de Uso del Suelo y Vegetación producidas por la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL, 1972), y mediante el muestreo de datos con respecto a la ecología del orégano, se pudo detallar sobre los factores principales que limitan su desarrollo, debido a estos datos pudo ser posible realizar el mapeo sobre las cartas de apoyo en las áreas con orégano. Los datos sobre ecología, Martínez (1990), los empleó para desarrollar un análisis de correlación y con ello fabricó una herramienta técnica llamada: “Clave para la predicción de la densidad de orégano *L. berlandieri* Schauer” (Martínez *et al.*, 2011).

El proceso radicó sobre los datos muestreados en el trabajo de ecología, que se utilizaron para examinar la variación de la densidad de orégano influenciada por los diferentes factores ecológicos, con los datos de un primer muestreo fue posible precisar el tamaño de muestra y en una segunda etapa, se finalizó el muestreo el cual perteneció a un estratificado aleatorio. La información se estudió por medio de la regresión y correlación múltiple y posteriormente, se descubrió una correlación de la densidad con los tipos de vegetación, altitud y exposición. Con estas variables se produjo un modelo para evaluar la densidad y a través de éste, se construyó la clave de predicción de la densidad de orégano, con la que fue posible estimar al recurso el nivel de peso por unidad (kg ha^{-1}), por medio de la combinación de las herramientas técnicas originadas para la zona (Martínez *et al.*, 2011).

De acuerdo con Villavicencio *et al.*, (2010) y Romahn *et al.*, (1994) determinaron las tablas de producción como una expresión de dimensiones morfométricas difíciles de medir, como el volumen o peso en pie de los árboles o plantas, expresadas en función de variables fáciles de medir, como el diámetro fustal, diámetro de copa y la altura total, por lo tanto; las tablas de producción o rendimiento son la primordial manera de medir, por ser una forma tabulada que expresa la producción promedio de plantas en pie de diversos tamaños y especies, en función de una o más de sus dimensiones, que generalmente son el diámetro y la altura.

El uso de las tablas de rendimiento de hoja seca permite realizar una estimación confiable de la producción que puede cosechar de un predio (Villavicencio, 2008). Las tablas pueden estimar las poblaciones naturales de orégano, impactando directamente en las comunidades rurales y ejidales donde se aprovecha el recurso. En el sector rural y en las zonas agroecológicas su aplicación colabora en el manejo y sustentabilidad del recurso, promoviendo el empleo y radicación de las poblaciones en las comunidades (Villavicencio, 2008).

En los arbustos de orégano, la expresión biológica se puede demostrar en una tabla de rendimiento de producción de hoja seca, debido a que es el producto primario que se cosecha de las plantas (Villavicencio *et al.*, 2010). Es un método no destructivo confiable que se emplea para cuantificar las poblaciones y provoca el aprovechamiento de modo racional y sustentable (Villavicencio *et al.*, 2010). No obstante, para el desarrollo de modelos de predicción de biomasa de las plantas, se necesita una muestra de la población de las especies de interés, constituida por

un conjunto de individuos de los que se logran los valores necesarios de las variables para coordinar (Villavicencio *et al.*, 2010).

Es una necesidad la elaboración de un plan de manejo adecuado para las poblaciones, con el objetivo de respaldar un desarrollo sustentable, así como fortalecer para el incremento del nivel socioeconómico de centros importantes de población que ahora tienen unos ingresos muy escasos e irregulares (Hernández *et al.*, 2011). Además se debe pensar inmediatamente en incorporar a la actividad oreganera a un marco de manejo sustentable que respalden la conservación y el fomento al recurso (Martínez *et al.*, 2011).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Delimitación del área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en las localidades de San Isidro, Ejido Mapimí, Municipio de Mapimí, Durango, y del Barreal de Guadalupe, Ejido Barreal de Guadalupe, Municipio de Torreón, Coahuila, cuyas características son las siguientes:

La localidad de San Isidro se localiza a los 25°52' de latitud norte (LN) y a los 103°46' de longitud oeste (LW), y a una altitud de 1,350 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Figura 4 y 5). En la gran parte del territorio prevalece un clima del tipo semicálido y semiseco, la superficie que destaca en la región es del tipo desértica y presenta una temperatura máxima de 41°C y una mínima de 9°C. Los vientos dominantes en la región son densos y calientes. La temperatura media es de 18°C y la precipitación pluvial es de 263 mm anuales. El régimen de lluvias abarca los meses de julio a septiembre, con régimen de lluvias en verano e invierno fresco y con heladas en el mes de enero (Pérez, 2012; INFDM, 2005).

La temperatura media anual está dentro de este intervalo: 19-21°C, el promedio de las temperaturas máximas es de 29°C y el de las mínimas de 11°C, por lo que se afirma que es un clima del tipo extremo. La precipitación promedio anual de la región es de 215.5 mm aproximadamente (Yáñez *et al.*, 2013). La vegetación presente se caracteriza por tener pastizal mediano abierto y halófito abierto, matorral inerme parvigolio, bajo subespinoso y bosque caducifolio espinoso (Pérez, 2012; INFDM, 2005).

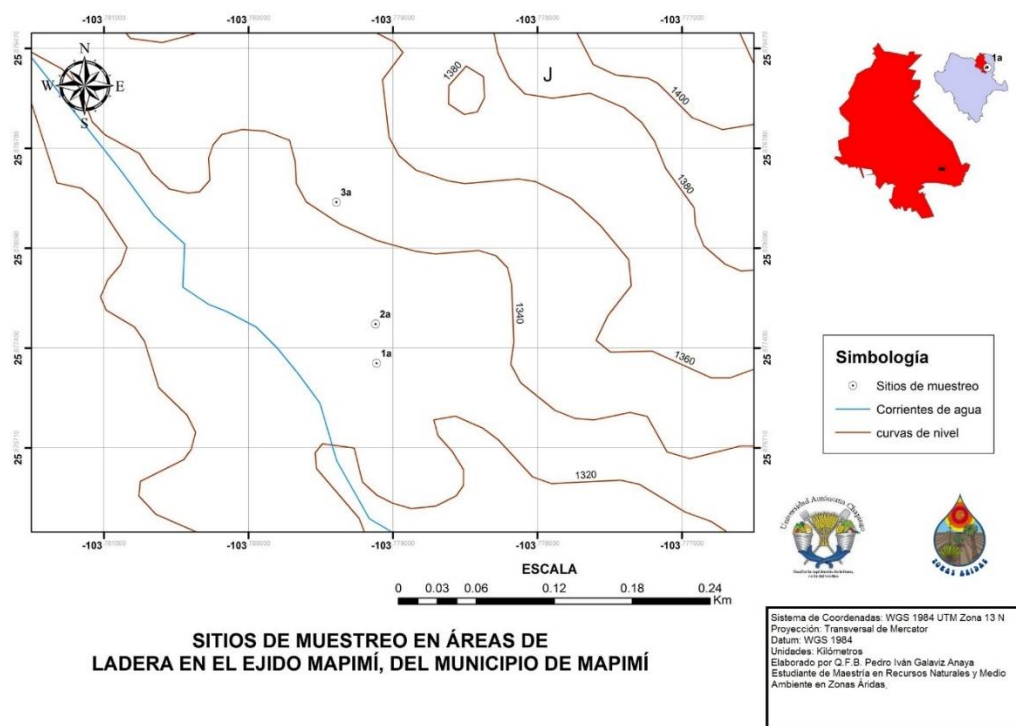


Figura 4. Sitios de muestreo en ladera de la localidad de San Isidro.

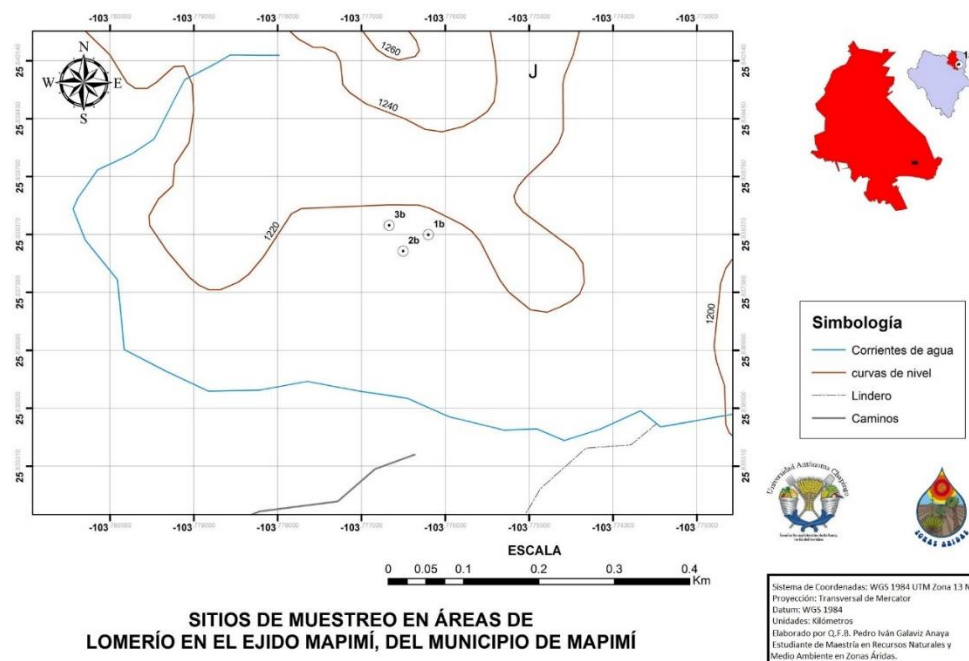


Figura 5. Sitios de muestreo en planicie de la localidad de San Isidro.

La localidad del Barreal de Guadalupe se localiza al extremo sur del Estado de Coahuila, entre las coordenadas geográficas 24° 59' 86" de LN y 103° 31' 69" LW y con una altitud que está entre 1,365 y 1,374 msnm (Figura 6). El clima vigente en la zona corresponde a la clasificación Bwhw (e) en cuanto a clima seco, y presenta una temperatura media anual de 18°C, y por lo cual, la estación más seca es en invierno, y el mayor porcentaje de lluvia es en verano, la cual precipitación media anual no rebasa los 200 mm anuales (Rodríguez y Hernández, 2012; Juárez y Blanco, 2006; CONAGUA 2004).

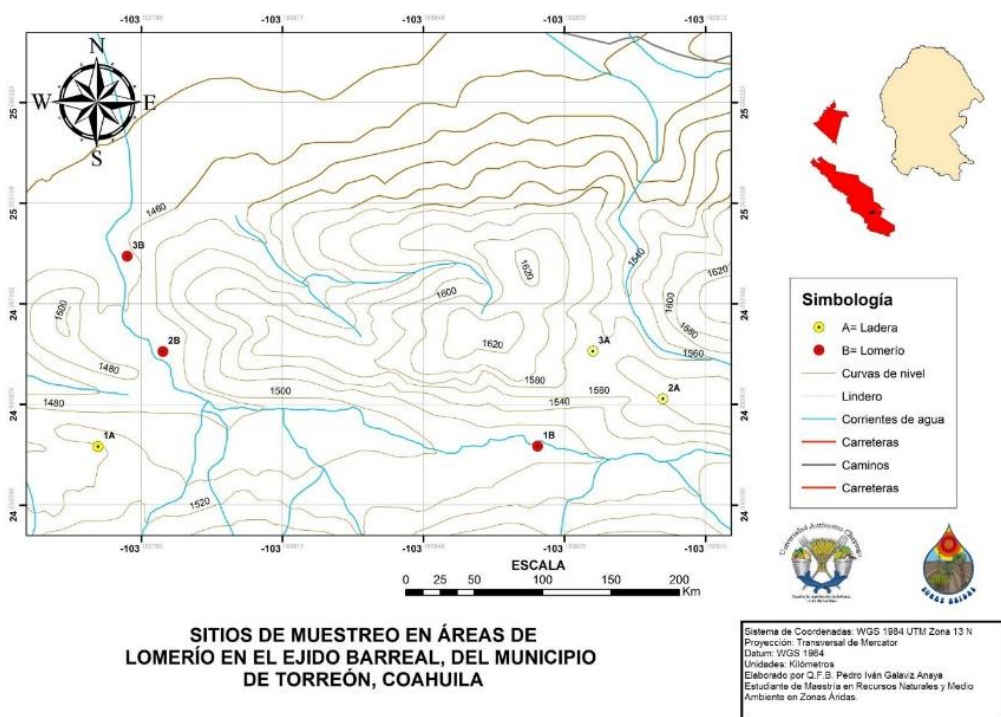


Figura 6. Sitios de muestreo en la localidad del Barreal de Guadalupe.

La vegetación presente es del tipo matorral rosetófilo prevaleciendo las especies arbustivas o subarbustivas de hojas alargadas y angostas agrupadas en forma de roseta y matorral micrófilo destacando los elementos arbustivos de hoja o

foliolo pequeño; presentando una altura variable (1 a 3 cm, con eminencias aisladas de hasta 6 m) de acuerdo con su composición florística y las condiciones ambientales presentes (Rodríguez y Hernández, 2012; Villarreal, 2001).

4.2 Ubicación de los sitios de muestreo.

El muestreo se llevó a cabo los días 20 y 26 de septiembre de 2015 en la localidad de San Isidro, mientras que el 2 y 11 de octubre de 2015 en la localidad del Barreal de Guadalupe. Para obtener los seis sitios de muestreo al azar divididos en tres sitios de ladera y tres de planicie. “La ladera se identificó por la mayor altitud y pendiente que la planicie en ambas regiones de estudio”, aunque la región de San Isidro en Mapimí registró menor altitud promedio que Barreal de Guadalupe.

Se realizaron recorridos por las dos localidades y se tomaron datos de las coordenadas geográficas y de altitud de los sitios muestreados con un Geoposicionador (Sistema de Posicionamiento Global Garmin Modelo GPS 60). Las coordenadas geográficas obtenidas se convirtieron a coordenadas UTM con la ayuda de un convertidor con el programa Excel. Los datos de las pendientes (%), el tipo de vegetación y el tipo de suelo se tomaron y se calcularon, de la información contenida en capas con el software ArcGis en el programa ArcMap 10.1.

También para completar dicha información se tomaron en cuenta las cartas topográficas y edafológicas (Serie III, 1:50,000), y de USV (Uso de Suelo y Vegetación) (Serie V, capa unión, escala 1:250,000) del INEGI; para el caso de San Isidro se utilizó la carta Mapimí G13D14 y para el caso de Barreal de Gpe., se utilizaron las cartas La Flor de Jimulco G13D46 y Aguanaval G13D56,

respectivamente (INEGI, 2013). Cuyas características para ambas localidades por condición topográfica se presentan en los siguientes cuadros: para la localidad de San Isidro (Cuadros 6 y 7) y para la localidad del Barreal de Guadalupe (Cuadros 8 y 9).

Cuadro 6. Características geográficas y ambientales. Sitios de ladera en San Isidro.

Sitio	Coordenadas (UTM_X, UTM_Y)	Altitud (m)	Pendiente (%)	Topografía	Tipo de Vegetación	Tipo de Suelo	PMA (mm)
1	622316.075, 2862664.176	1340	10-19	Ladera	Matorral desértico rosetófilo	Litosol	239
2	622315.789, 2862694.942	1356	10-19	Ladera	Matorral desértico rosetófilo	Litosol	239
3	622287.097, 2862786.983	1353	19-29	Ladera	Matorral desértico rosetófilo	Litosol	239

*Precipitación Media Anual

Cuadro 7. Características geográficas y ambientales. Sitios de planicie en San Isidro.

Sitio	Coordenadas (UTM_X, UTM_Y)	Altitud (m)	Pendiente (%)	Topografía	Tipo de Vegetación	Tipo de Suelo	PMA (mm)
1	622648.799, 2858322.669	1222	10-19	Planicie	Matorral desértico rosetófilo	Yermosol háplico	239
2	622618.372, 2858300.848	1221	10-19	Planicie	Matorral desértico rosetófilo	Yermosol háplico	239
3	622601.352, 2858334.535	1223	10-19	Planicie	Matorral desértico rosetófilo	Yermosol háplico	239

*Precipitación Media Anual

Cuadro 8. Características geográficas y ambientales. Sitios de ladera en Barreal de Gpe.

Sitio	Coordenadas (UTM_X, UTM_Y)	Altitud (m)	Pendiente (%)	Topografía	Tipo de Vegetación	Tipo de Suelo	PMA (mm)
1	682300.70, 2765608.58	1500	0-7	Ladera	Matorral desértico rosetófilo	Litosol	200
2	683499.35, 2765735.39	1587	30-40	Ladera	Matorral desértico rosetófilo	Litosol	200
3	683349.25, 2765844.17	1542	40-50	Ladera	Matorral desértico rosetófilo	Litosol	200

*Precipitación Media Anual

Cuadro 9. Características geográficas y ambientales. Sitios de planicie en Barreal de Gpe.

Sitio	Coordenadas (UTM_X, UTM_Y)	Altitud (m)	Pendiente (%)	Topografía	Tipo de Vegetación	Tipo de Suelo	PMA (mm)
1	683234.46, 2765621.06	1517	7-19	Planicie	Matorral desértico rosetófilo	Litosol	200
2	682435.15, 2765831.94	1478	7-19	Planicie	Matorral desértico rosetófilo	Litosol	200
3	682356.48, 2766052.46	1459	7-19	Planicie	Matorral desértico rosetófilo	Litosol	200

*Precipitación Media Anual

4.3 Evaluación de la población por el método de Romahn

En cada sitio de muestreo (repetición) se realizó el estudio de la población vegetal de orégano de acuerdo al método modificado de sitios circulares descrito por Romahn *et al.*, (1994), en el cual el área de la muestra es un círculo de 17.84 m de radio (Figura 7) que equivale a un área de 1,000 m² (Pérez, 2012; Romahn *et al.*, 1994). En esta área de muestreo se determinaron las siguientes variables.

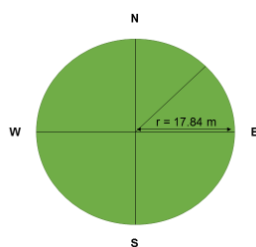


Figura 7. Forma del sitio de acuerdo con la metodología propuesta por Romahn et al., (1994).

4.3.1 Estimación de parámetros dasométricos (densidad, altura, cobertura) y de rendimiento de hoja seca (materia útil) y aceite.

4.3.1.1 Densidad. La densidad referida como el número de plantas por unidad de superficie, se determinó en cada sitio por el conteo directo de las plantas de orégano, lo que proporciona un número de plantas en 1,000 m², este factor se multiplicó por 10 para determinar la densidad por hectárea.

4.3.1.2 Altura y cobertura. Para la estimación de las variables de altura y cobertura de las plantas de orégano por sitio se tomó al azar el 10% de las plantas del sitio, a las que se midió la altura (m) con cinta métrica y para la cobertura se midió el diámetro menor (m) y diámetro mayor (m) de la copa de la planta, y se calculó la cobertura por planta (m²) o área del dosel de copa, mediante la fórmula del área del círculo.

$$A = \pi r^2$$

Dónde: A = área

$\pi = 3.1416$

r = radio del círculo ($r = \frac{\text{Diámetro menor} + \text{diámetro mayor}}{4}$)

4.3.1.3 Rendimiento de hoja seca (Materia seca útil, MSU). Las plantas tomadas al azar (10%) de cada sitio, indicadas anteriormente, fueron cosechadas bajo un método no destructivo, cortando a 1/3 de la altura de planta a partir de la superficie del suelo y etiquetadas con datos del sitio y número de planta. Estas plantas se secaron a la sombra sobre piso de cemento a temperatura ambiente. Una vez secas c/planta se pesó y deshojó (parveado) y limpio en cribas para determinar peso de hoja (MSU) y por diferencia respecto al peso total de planta se obtuvo el peso de ramas (materia de desecho). El porcentaje de MSU (Figura 8) se estimó por diferencia del peso seco de hoja respecto al peso seco total de la planta sobre 100.

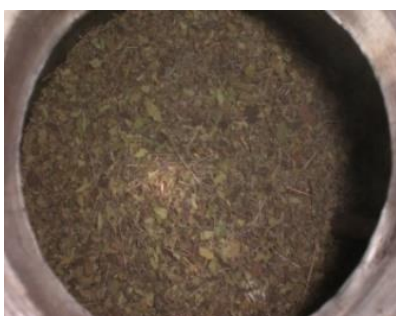


Figura 8. Muestra de orégano en el contenedor para la extracción del aceite esencial.

4.3.1.4 Rendimiento previa extracción de aceite por el método de arrastre con vapor de agua. Del volumen total de hojas por sitio se tomó ½ kg para la extracción de aceite en un equipo extractor portátil fabricado en acero inoxidable (Figura 9), con título de registro de modelo de utilidad No. 2599 en el IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial), por la técnica de destilación por arrastre con vapor de agua de acuerdo a las especificaciones del mismo (Pérez-González, 2012). Registrándose valores de temperatura, presión y volumen final de agua y aceite obtenidos del proceso.



Figura 9. Equipo utilizado para extraer el aceite esencial.

Transcurrido el tiempo de extracción del aceite esencial, aproximadamente de 1.5 hrs.; el líquido captado en un embudo de separación de 500 ml., se separó manualmente en dos fases, una acuosa y la otra oleosa (Figura 10). Por diferencia de densidad se sitúa la fase oleosa en la parte superior y se separó captando primero el líquido acuoso y posteriormente el aceite, al que se determinó su volumen mediante una probeta graduada de 50 ml. Siguiendo este proceso se obtuvieron en total 12 muestras de aceite esencial por sitio, el cual fue dividido por el peso de hoja aportado por planta en dicho sitio, para establecer el volumen de aceite generado por planta y el porcentaje de aceite por 500 g de hoja seca (MSU) usado para la extracción. Finalmente, cada muestra se colocó en frascos color ámbar con su etiqueta de identidad.



Figura 10. Fase final de la obtención en embudo de separación del aceite esencial de orégano por el método de arrastre por vapor de agua.

4.3.1.5 Índice de productividad del agua de lluvia

El índice de productividad del agua de lluvia representa una correlación entre la precipitación y MSU por el aceite producido, es decir, nos permite realizar una estimación de la cantidad de lluvia y MSU en relación con la producción de aceite esencial. Para estimar el índice de productividad se dividió el volumen de aceite y el peso de la MSU por hectárea entre los mm de agua de lluvia registrados durante la época productiva, es decir; se tomaron los datos de precipitación de las estaciones climatológicas (Mapimí, CBTa 101 y Flor de Jimulco) durante el periodo de septiembre de 2014 a septiembre de 2015 para realizar el cálculo.

4.3.1.6 Estimación del área relativa de los compuestos mayoritarios

Para el análisis químico de las muestras de aceite se utilizó un cromatógrafo de gases acoplado espectrómetro de masas marca Perkin Elmer Clarus® SQ8S (Figura 11), con inyector automatizado y detector de ionización a la flama. Para la determinación de los componentes del aceite esencial, primero se calibró el cromatógrafo según el manual del equipo; la preparación de la muestra se realizó, utilizando un vial de vidrio ámbar de 1.5 ml de capacidad, que se pesó en una balanza analítica Scientech SA 210, agregando 20 ml de aceite esencial, con una pipeta paster, posteriormente se etiquetaron, luego se agregó 1 ml de etanol con el que se agitaron las muestras en un vórtex Fisher Scientific Touch Mixer Model 232 y finalmente se colocaron las mismas en el cromatógrafo para su análisis.

Transcurrieron 6 hrs., para obtener el resultado de las 12 muestras y se identificaron los picos en los cromatogramas, se compararon dichos picos con literatura científica y se cuantificó el área relativa en (%) de cada compuesto. Se

identificaron 5 compuestos mayoritarios: carvacrol, timol, p-cimeno, 1,8 cineol (eucaliptol) y γ -terpineno. Este análisis se realizó con el equipo instalado en el laboratorio del Centro de Investigación para los Recursos Naturales (CIReNa) ubicado en Salaices, Chihuahua.

El área relativa en (%) se estimó a partir de las áreas registradas de los picos en el cromatograma, se sumaron todas las áreas y se realizó una proporción considerando el total de las áreas con relación a un 100% para cada compuesto.



Figura 11. Cromatógrafo de gases acoplado a masas marca Perkin Elmer Clarus® SQ8S.

4.4 Análisis Estadístico

Se realizaron análisis previos, con la finalidad de determinar la normalidad de los errores mediante la prueba de Shapiro Wilk y de homogeneidad de varianzas usando la prueba de Levene, ambas fueron no significativas ($P > 0.05$) entre localidades y sitios de muestreo. Posteriormente, se procedió a obtener la comparación de los parámetros dasométricos y de rendimiento en plantas de

orégano entre localidades y/o sitios. Para ello se empleó un diseño estadístico con 177 plantas muestreadas para San Isidro, Dgo., y 108 para el Barreal de Guadalupe, Coah. Los efectos medios por planta de orégano se compararon mediante la prueba de Fisher (SAS, 2012) utilizando un modelo jerárquico considerando dos factores de estudio o tratamientos (localidad y condición topográfica) y con tres repeticiones (sitios), dicho modelo presenta efectos anidados; donde la condición topográfica está dentro de cada localidad. Posteriormente para identificar los efectos medios de localidad y los efectos dentro de localidad, se realizó una prueba múltiple de medias de Tukey (Steel y Torrie, 1960).

Con base en la estrecha relación del volumen de aceite de orégano con el peso de hoja seca (Ruiz *et al.*, 2009), se determinó el grado de relación entre las variables de altura, largo, ancho y cobertura de planta con respecto al peso seco de hoja, se realizó una selección de modelos de regresión lineal múltiples con el método de Stepwise del procedimiento REG de SAS, (2012) para la elección de los modelos se aplicaron los criterios de máxima R^2 , y el Coeficiente de predicción de Mallows (Cp) menor a 4, así como también el menor cuadrado medio del error (Steel y Torrie, 1960). Tomando como referencia los tres criterios anteriores de ajuste de modelos de regresión, se determinó la ecuación de regresión obtenida para el cálculo de los valores predichos para el peso seco de hoja y el volumen de aceite de la planta de orégano en la condición topográfica y región específica de estudio.

V. RESULTADOS y DISCUSIÓN

5.1 Densidad poblacional de orégano.

La información obtenida en campo sobre el conteo y recolección de las plantas totales en los sitios de muestreo en las dos localidades en estudio, mostró en principio la superioridad significativa ($P < 0.05$) de la densidad de población en San Isidro del municipio de Mapimí, Dgo., (densidad media de 2,960 plantas ha^{-1}) (Cuadro 10), con relación a Barreal de Guadalupe (densidad media de 1,790 plantas ha^{-1}), por lo que es indudable que los niveles de aprovechamiento fueron diferentes y que prevalecieron en ambas localidades de estudio en el tiempo de recolección y que también afectaron la distribución y cantidad de plantas (densidad) de orégano. En los sitios de San Isidro no existe un aprovechamiento, mientras que en los de Barreal, su aprovechamiento ha sido constante durante muchos años. Además, la mayor desviación media en Barreal de Guadalupe (711 plantas ha^{-1}) puede ser un síntoma de mayor perturbación (influencia de condiciones ambientales y/o humanas) con relación a San Isidro (343 plantas ha^{-1}).

Estas diferencias marcadas en la densidad poblacional han sido documentadas en otros estudios para diferentes regiones, en el Municipio de Mapimí, Dgo., Pérez, (2012) obtuvo una densidad de 2,600 plantas ha^{-1} , en el Municipio del Mezquital, Dgo., Güereca *et al.*, (2015) cuantificaron una densidad poblacional de 2,746 plantas ha^{-1} . Osorno *et al.*, (2009) afirmaron que la densidad de *L. graveolens* en el área bajo gestión en el Estado de Querétaro fue de 3,891 plantas ha^{-1} . Mientras que, en el municipio de Nazas, Durango, Olhagaray (2005) registró una densidad de 591 plantas ha^{-1} . En el norte de Jalisco la densidad puede

variar de 6,236 a 25,200 plantas ha⁻¹ (Cavazos, 1991). En el altiplano de San Luis Potosí, *L. graveolens* alcanzó densidades de 4,000 plantas ha⁻¹ (Hernández *et al.*, 1991).

Cuadro 10. Registro de plantas contadas y recolectadas por localidad, condición topográfica y sitio de muestreo.

Localidad	Condición topográfica	Altitud msnm	No. de Plantas*	No. Plantas cosechada	Densidad de plantas por ha
San Isidro	1-Ladera	1340	438	44	4,380
San Isidro	2-Ladera	1356	338	34	3,380
San Isidro	3-Ladera	1353	396	40	3,960
$\mu \pm D.E^{***}$					3,907 ^a $\pm$ 290
San Isidro	1-Planicie	1222	131	13	1,310
San Isidro	2-Planicie	1221	268	27	2,680
San Isidro	3-Planicie	1223	205	20	2,050
$\mu \pm D.E^{***}$					2,013 ^b $\pm$ 396
Barreal	1-Ladera	1500	50	6	500
Barreal	2-Ladera	1587	113	13	1,130
Barreal	3-Ladera	1542	237	22	2,370
$\mu \pm D.E^{***}$					1,333 ^b $\pm$ 549
Barreal	1-Planicie	1517	121	13	1,210
Barreal	2-Planicie	1478	155	14	1,550
Barreal	3-Planicie	1459	398	38	3,980
$\mu \pm D.E^{***}$					2,246 ^b $\pm$ 872

* Número total de plantas contabilizadas en 1,000 m².

** Número total de plantas recolectadas en 1,000 m².

*** Letra diferente entre la condición topográfica dentro de cada localidad indica diferencia estadística ($P \leq 0.05$). Se incluye Error Estándar (E.E.).

Además, la condición topográfica de ladera y planicie afectó de manera diferente la densidad poblacional en cada región. En San Isidro, Mapimí, la densidad poblacional fue mayor en la ladera con respecto a la planicie; mientras tanto lo opuesto se observó en Barreal de Guadalupe. Sin embargo, en dicha comparación, además de que las condiciones ambientales fueron diferentes también, la altitud fue diferente en ambas localidades, por lo cual; Barreal de Guadalupe, presentó una mayor altitud media (1,513.8 msnm) referente a San Isidro (1,285.8 msnm). Por lo que se involucraron factores no controlados. No obstante, se esperaría, con base

en la altitud, una mayor densidad poblacional de Barreal con respecto a San Isidro, ya que otros autores reportaron que la altitud es un factor importante en la mayor densidad y distribución del orégano. Señalando que aun cuando las poblaciones de orégano se ubican entre los 400 y 2,000 m de altitud, se le encuentra en mayor abundancia entre los 1,400 y 1,800 m de altitud (Aguilar *et al.*, 2013; Villavicencio *et al.*, 2007).

5.2 Parámetros dasométricos (altura y cobertura) y de rendimiento de hoja seca y aceite por planta de orégano.

En este estudio el número de plantas cosechadas a 1/3 de su altura a partir de la superficie del suelo (70% de la planta), correspondió al 10% de las plantas registradas por sitio. El corte a 1/3 resultó aceptable de acuerdo a las recomendaciones de Maldonado (1983), quien señala que se debe cortar un 75% del dosel, ya que esto representa magníficos incrementos en la producción. Mientras que Martínez (1997), elaboró un plan alternativo para el orégano en el municipio de Mapimí, sugiriendo identificar las áreas sobreexplotadas, así como el corte de un 50% del arbusto (Pérez, 2012).

Los resultados observados en las dos regiones de estudio para las variables de altura y cobertura además del rendimiento de hoja seca y aceite por planta se muestran en el Cuadro 11, en promedio, los parámetros dasométricos y de rendimiento (peso de tallos y materia seca útil; MSU) fueron mayores en la localidad de San Isidro que en Barreal de Guadalupe; mientras que el porcentaje de aceite y el volumen de aceite en 500 g de MSU fueron similares en ambas localidades. Es decir, no hubo diferencia significativa ($P > 0.1$) en contenidos de aceite entre regiones

considerando la misma cantidad de hoja seca de cada sitio. En ambas regiones, por lo tanto, se mantuvieron los contenidos de aceite en niveles adecuados según lo reportado por James (1997), quien indicó que el rendimiento de esencia obtenido de una planta varía de unas cuantas milésimas por ciento del peso vegetal hasta 1 ó 3%. La composición de una esencia puede cambiar con la época de la recolección, el lugar geográfico y la hora en que se colecta. Se debe explicar que si se compara el volumen de aceite obtenido por planta resultaría superior en aquellas plantas que aportan más MSU como sería el caso de San Isidro-Mapimí.

Cuadro 11. Promedios, nivel de significancia (P) de parámetros dasométricos y de rendimiento por planta de orégano en las localidades estudiadas.

Parámetros	Localidad		P
	San Isidro*	El Barreal *	
Dasométricos			
Altura (m planta ⁻¹)	0.8375 ^a	0.6929 ^b	0.0001
Cobertura (plantas m ²)	0.5581 ^a	0.4569 ^b	0.0001
Rendimiento			
Peso tallos (g planta ⁻¹)	100.75 ^a	78.26 ^b	0.0001
Materia seca útil (MSU, g planta ⁻¹)	48.63 ^a	41.39 ^b	0.0001
Materia seca útil (%)	32.55 ^a	34.59 ^a	0.0001
Aceite (%)	2.42 ^a	2.51 ^a	0.6790
Volumen de aceite (mL 500g ⁻¹ de MSU)	12.08 ^a	12.53 ^a	0.3769

*Promedios entre hileras con la misma letra entre localidades, no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

En relación con las dos condiciones topográficas en cada región de estudio en las variables altura y cobertura indicaron una tendencia a la inversa, es decir; para ambas variables, en la localidad de San Isidro en la condición de planicie fueron mayores que en ladera y para la localidad del Barreal de Guadalupe fueron mayores en ladera que en planicie. De acuerdo con la probabilidad detectada se

observó una mayor variación de cobertura en la población del Barreal de Guadalupe con respecto a la población de San Isidro. No obstante, en las poblaciones silvestres de orégano ya ha sido reportada la alta desviación en altura que varía de 0.2 a 2 m, aunque puede llegar hasta los 2.5 y 3 m de altura y en diámetro de cobertura foliar donde se reporta de hasta 1.20 m² (Aguilar *et al.*, 2013; Granados *et al.*, 2013; Martínez *et al.*, 2011).

Pérez, (2012), realizó tres muestreos (sitios) en una población silvestre y obtuvo una cobertura promedio por planta de 0.75 m² y una cobertura promedio de 2,095 m² ha⁻¹. Por otro lado, en el estudio elaborado por Flores *et al.*, (2011) en una población silvestre (testigo) para los parámetros dasométricos; altura y cobertura, determinaron una altura por planta de 0.95 m y una cobertura por planta de 0.66 m².

También, se obtuvo el rendimiento de hoja seca y volumen de aceite por planta (Cuadro 12), dichas variables indicaron una tendencia diferente a la observada para la densidad poblacional, ahora en San Isidro la condición de planicie favoreció significativamente todas las variables excepto porcentaje de aceite con relación a la condición de ladera, mientras que en Barreal de Guadalupe se observó exactamente lo contrario, estas variables fueron significativamente superiores en la condición de ladera con respecto a la planicie. Se observó, de acuerdo a la probabilidad detectada, mayor variación en la cobertura, peso de tallo y la MSU de la población del Barreal de Guadalupe respecto a la población de San Isidro. Este resultado al igual que el observado en la densidad poblacional es causado por las diferencias en las condiciones y/o diferencias en el medio ambiente aunado también a una probable perturbación por actividades humanas en Barreal de Guadalupe.

Cuadro 12. Promedios, nivel de significancia (P) de parámetros dasométricos y de producción por planta de orégano entre las condiciones topográficas en cada localidad de estudio.

Parámetros	San Isidro		P	El Barreal		P
	Ladera*	Planicie*		Ladera*	Planicie*	
Dasométricos						
Altura (m planta ⁻¹)	0.71 ^b	1.10 ^a	0.001	0.84 ^a	0.60 ^b	0.001
Cobertura (plantas m ²)	0.49 ^b	0.69 ^a	0.001	0.49 ^a	0.43 ^b	0.007
Rendimiento						
Peso tallos (g planta ⁻¹)	71.52 ^b	159.22 ^a	0.001	87.89 ^a	72.18 ^b	0.0356
Materia seca útil (MSU, g planta ⁻¹)	36.84 ^b	72.23 ^a	0.001	44.66 ^a	39.34 ^a	0.2824
Materia seca útil (%)	33.4 ^a	31.2 ^a	0.001	33.7 ^a	35.3 ^a	0.001
Aceite (%)	2.63 ^a	2.20 ^a	0.001	2.55 ^a	2.47 ^a	0.001
Volumen. de aceite (mL 500 g ⁻¹ de MSU)	13.17 ^a	11.00 ^a	0.001	12.73 ^a	12.33 ^a	0.001

*Promedios entre hileras con la misma letra entre localidades, no son diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

Asimismo, Pérez, (2012) obtuvo una MSU de 31.8 planta g⁻¹ y 104.0 kg ha⁻¹. En el estudio de Flores *et al.*, (2011) determinaron la MSU obteniendo 264 planta g⁻¹ en una plantación de 10,000 plantas ha⁻¹ y se estimó una producción de MSU de orégano equivalente a 299.4 kg ha⁻¹. Corella y Ortega, (2013) reportaron los rendimientos promedios obtenidos en 3 cortes y en cada corte por planta fueron los siguientes, en el primero se tuvo un rendimiento promedio de 170 g de hoja fresca, 604 g en el segundo corte y 661 g en el tercero, con una producción promedio de 448 g. El peso seco promedio de los 3 cortes fueron de 56, 132 y 260 g de hoja seca respectivamente (Corella y Ortega, 2013).

El porcentaje de la MSU se refiere a la cantidad que se aprovecha de cada planta independientemente de la altura, cobertura, peso de tallos y materia seca útil. En este caso, en ambas regiones y condiciones se obtuvo un 33% promedio de hoja seca por planta.

5.2 Parámetros dasométricos (altura y cobertura) y de rendimiento de hoja seca y aceite de la población de orégano por hectárea.

En virtud de la superioridad significativa de las variables estudiadas por planta en la región San Isidro-Mapimí con relación a Barreal de Guadalupe, y considerando que esto también se manifestó en la densidad poblacional, resultó lógico encontrar que este incremento se reflejó en dichas variables cuando se transformaron a hectárea (Cuadro 13).

Cuadro 13. Valores por hectárea de parámetros dasométricos y de rendimiento de orégano por localidad.

Parámetros	Localidades		
	San Isidro*	El Barreal*	DMS
Dasométricos			
Densidad (plantas ha ⁻¹)	2960 ^a	1790 ^b	720
Cobertura (m ² ha ⁻¹)	1661.28 ^a	805.78 ^b	567.2
Rendimiento			
Peso tallos (kg ha ⁻¹)	301.07 ^a	143.34 ^b	118.5
Materia útil (kg ha ⁻¹)	145.04 ^a	72.28 ^b	53.6
Volumen de aceite (L ha ⁻¹)	36.00 ^a	17.97 ^b	11.07

*Promedios entre hileras con la misma letra entre localidades, no son diferentes estadísticamente según la diferencia mínima significativa (DMS) de Tukey con $P \leq 0.05$.

En estos resultados se recalcó en general el predominio de casi el doble de las cifras obtenidas de estos parámetros en San Isidro con relación a Barreal de Guadalupe. Los resultados observados en las dos condiciones topográficas de cada región para las variables en estudio por hectárea (Cuadro 14), indicaron una tendencia diferente a la observada en la densidad de población, en las variables dasométricas y de rendimiento por planta.

En San Isidro, se observó una tendencia neutral cuando se transformó la materia útil (kg) por unidad de superficie (ha), es decir; mientras la superioridad significativa en la densidad de población y cobertura de la población de orégano se manifestó en la condición de ladera, por ende; esta diferencia se neutralizó cuando se extienden los valores individuales de rendimiento a la unidad de superficie (ha). Por lo que en la ladera y en la planicie no se encontró diferencia significativa tanto en rendimiento de hoja seca (MSU) como de volumen de aceite (L) obtenido por hectárea (ha). Es decir, ambas condiciones son igualmente favorables en este caso para rendimiento. En tanto la condición topográfica de la planicie fue significativamente superior para todas las variables estudiadas por unidad de superficie (ha) con respecto a la población en ladera en la región del Barreal de Guadalupe. Aunque cabe destacar, que se observa una diferencia significativa de casi el doble en el volumen de litros de aceite por ha entre ambas localidades.

De acuerdo con Ruiz *et al.*, 2009, es probable que esa variación sea normal ya que se trata de plantas silvestres, que se han diseminado con gran esfuerzo como una respuesta de sobrevivencia. Esto nos indica que se requiere de un manejo racional del aprovechamiento natural de esta especie.

Además, cabe destacar que desde el punto de vista ecológico, la trascendencia del vínculo entre densidad de población y cobertura, son las que ciertamente influyen en la región como: indicadores de deforestación, conservación de suelos, erosión, etc. Por otro lado, predominó en ello la región de San Isidro, Mapimí, Dgo., donde la población en ladera fue de 3,907 plantas ha⁻¹ y ocupó una cobertura media del 19.3% de la superficie del terreno y en la condición de planicie

fue de 2,013 plantas ha^{-1} con una cobertura del 13.9%. No encontrándose diferencias en producción de hoja y aceite. Se presentaron condiciones variantes para la población silvestre de Barreal de Guadalupe tanto en densidad de población, como cobertura, altura y rendimiento de aceite esencial, y además dichos resultados han sido reportados por varios investigadores (Rodríguez y Hernández, 2012; Juárez y Blanco, 2006).

San Isidro presentó una cobertura de $1,661.3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ y Barreal de Guadalupe $805.8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, en comparación con otros estudios; Pérez, (2012) en el Municipio de Mapimí, Dgo., determinó una cobertura de $1,305 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, por lo cual, las plantas de San Isidro tuvieron una mayor área del dosel. Ruiz *et al.*, (2009) en la localidad de Infiernillo, N.L., obtuvieron una producción media de biomasa de 66.4 kg ha^{-1} , y una producción promedio en el mes de Septiembre de 25.6 kg ha^{-1} de MSU, en este estudio la producción fue superior en las localidades de San Isidro y el Barreal de Gpe., con 145.0 y 72.3 kg ha^{-1} , respectivamente.

Corella y Ortega, (2013) realizaron un muestreo en una población de 5,000 plantas ha^{-1} y obtuvieron un rendimiento promedio de $2,240 \text{ kg ha}^{-1}$, lo cual es muy atractivo, debido su gran demanda como cultivo alternativo. Farías *et al.*, (2010) obtuvieron un rendimiento de biomasa seca estimada fue superior para los clones híbridos de *O. x majoricum* (desde 4,700 hasta $11,900 \text{ kg ha}^{-1}$), mientras que el clon de “español verde” sólo alcanzó una biomasa de $2,450 \text{ kg ha}^{-1}$.

Osorno *et al.*, (2009) en sus resultados indican que obtuvieron una densidad en *L. graveolens* de $3,891$ plantas ha^{-1} . El promedio total de biomasa producida fue

de 1,069 kg ha⁻¹ y la producción de orégano fue de 13,142 t. Kizil *et al.*, (2008) indicaron una variación de hoja seca en *O. onites* de entre 4.45 y 5.68 t/ha.

Reyes y Ortega (2005) mencionan en sus resultados que una población de 22,000 plantas ha⁻¹ de *L. berlandieri* Schauer, se puede generar una producción de 3,300 kg ha⁻¹ al primer corte, a partir del segundo corte y obtener una producción anual acumulada de 9,900 kg ha⁻¹ con hoja fresca. Ortega (1991) logró en una población de 25,000 plantas ha⁻¹ obtener un rendimiento de 2,019 kg ha⁻¹, una densidad de 12,500 plantas ha⁻¹ y 928 kg ha⁻¹ de hoja seca.

San Isidro registró un volumen de aceite total de 36 L ha⁻¹ y Barreal de Guadalupe de 18 L ha⁻¹. Pérez, (2012) en el Municipio de Mapimí, Dgo., logró un rendimiento de 18.7 L ha⁻¹ por el método de arrastre con vapor de agua y con el método de hidrodestilación directa de 20.8 L ha⁻¹. Kizil *et al.*, (2008) establecieron una variación en rendimiento de aceite esencial en *O. onites* de entre 119.3 y 190.1 L ha⁻¹. El contenido de aceite esencial fue significativamente afectado por las etapas del desarrollo de la planta y el contenido muy alto de aceite (3.6%), fue obtenido en la etapa de plena floración.

Los parámetros dasométricos y de rendimiento influyeron para que San Isidro lograra casi el doble de volumen de aceite por hectárea en comparación con la localidad del Barreal de Gpe. La densidad poblacional es el principal parámetro para estimar la producción de aceite proyectando a la planta en una población por unidad de superficie. Es decir, a una mayor densidad poblacional se obtiene una mayor

cobertura en las plantas y por ende, se logra un mayor rendimiento en producción de biomasa y un mayor rendimiento de aceite esencial.

Desde el punto de vista comercial la producción media de aceite 36 L ha⁻¹ en San Isidro, 1 L de aceite esencial puede llegar a alcanzar un precio en el mercado internacional superior a los USD \$180, de acuerdo a las cifras del valor comercial promedio de USD \$170 por L de aceite de orégano, en función de su calidad (Corral *et al.*, 2011; Flores, 2010; CONAFOR, 2007).

Cuadro 14. Promedio de cuadrados mínimos de parámetros dasométricos y de rendimiento de orégano por condición topográfica en cada localidad.

Parámetros	San Isidro			El Barreal		
	Ladera*	Planicie*	DMS	Ladera*	Planicie*	DMS
Dasométricos						
Densidad (plantas ha ⁻¹)	3907 ^a	2013 ^b	1362.4	1333 ^a	2247 ^a	2861.9
Cobertura (m ² ha ⁻¹)	1931.71 ^a	1390.8 ^b	884.61	644.9 ^b	966.71 ^a	1040.6
Rendimiento						
Peso tallos (kg ha ⁻¹)	279.46 ^a	322.68 ^a	194.44	123.88 ^a	162.78 ^a	208.84
Materia útil (kg ha ⁻¹)	143.95 ^a	146.14 ^a	90.11	57.02 ^a	87.55 ^a	92.48
Volumen aceite (L ha ⁻¹)	38.26 ^a	33.75 ^a	23.60	13.96 ^a	21.98 ^a	8.66

*Promedios entre hileras con la misma letra entre localidades, no son diferentes estadísticamente según la diferencia mínima significativa (DMS) de Tukey con $P \leq 0.05$.

Corella y Ortega, (2013) señalaron en su estudio que el comportamiento de las poblaciones silvestres no es uniforme, porque el crecimiento y desarrollo de las especies silvestres dependen fundamentalmente de la presencia de la lluvia; lo cual podría, en parte, explicar las diferencias detectadas en este estudio. No obstante, otros factores agro-ecológicos deben estar participando en el rendimiento final de ésta y otras plantas silvestres de interés económico que merecen ser estudiados.

En este estudio regional se presentó una mayor precipitación anual acumulada en San Isidro de 589 mm con respecto a Barreal de Guadalupe de 467 mm, lo que también se reflejó en el mayor índice de productividad del agua de lluvia tanto para materia útil como para volumen de aceite esencial, aunque estadísticamente no se observaron diferencias significativas (Cuadro 15).

Cuadro 15. Promedio del índice de productividad del agua de lluvia por localidad.

Índice de productividad (por mm de lluvia)	San Isidro	Barreal de Gpe.	DMS
Materia seca útil (kg ha ⁻¹)	0.24625 ^a	0.15485 ^a	0.1039
Volumen de aceite (L ha ⁻¹)	0.06113 ^a	0.03852 ^a	0.0312

*Promedios entre hileras con la misma letra entre localidades, no son diferentes estadísticamente según la diferencia mínima significativa (DMS) de Tukey con $P \leq 0.05$.

El índice de productividad del agua de lluvia nos permite estimar el peso de MSU y/o volumen de aceite que se puede producir por mm de agua de lluvia en una determinada población, pero cabe mencionar que la época productiva, es decir; el periodo en que se llevó a cabo el estudio y en que se cosecharon las plantas de orégano fue un año lluvioso y por ende; la producción de orégano y el rendimiento de aceite esencial fueron mayores, pero sería de suma importancia realizar un estudio de investigación del cambio a través del tiempo, y esto nos podría dilucidar los fenómenos naturales y ambientales que se presentan en el entorno del orégano.

Por condición topográfica, el índice de productividad del agua de lluvia fue mayor en ladera para volumen de aceite esencial y ligeramente mayor en planicie para materia útil en San Isidro, en contra parte, Barreal de Guadalupe presentó superioridad en planicie para ambos parámetros. Por lo tanto, San Isidro mostró una ligera superioridad en materia útil y volumen de aceite esencial en comparación con

el Barreal de Guadalupe con base en la precipitación anual acumulada, no encontrando diferencia estadística significativa entre localidades (Cuadro 16).

Cuadro 16. Promedio del índice de productividad del agua de lluvia por condición topográfica de cada localidad.

Índice de productividad (por mm de lluvia)	San Isidro			Barreal de Gpe.		
	Ladera	Planicie	DMS	Ladera	Planicie	DMS
Materia útil (kg ha ⁻¹)	0.2443 ^a	0.2481 ^a	0.153	0.1221 ^a	0.1876 ^a	0.1981
Volumen de aceite (L ha ⁻¹)	0.0649 ^a	0.0573 ^a	0.0557	0.0299 ^a	0.0471 ^a	0.0505

*Promedios entre hileras con la misma letra entre localidades, no son diferentes estadísticamente según la diferencia mínima significativa (DMS) de Tukey con $P \leq 0.05$.

Corella y Ortega, (2013) afirman en su estudio que las buenas cosechas van muy relacionadas con los años de buena lluvia para obtener una buena producción. San Isidro fue superior en índice de productividad para ambos parámetros (materia útil y volumen de aceite) en comparación con el Barreal de Gpe., lo cual, también se reflejó en la precipitación media anual y la precipitación anual acumulada para ambas localidades. Por lo cual, se confirmó que San Isidro tuvo una mayor producción de materia útil y un mayor rendimiento de aceite esencial en base al índice de productividad comparado con Barreal de Gpe., el cual es mucho menor.

Es muy importante tomar en cuenta las siguientes características de la planta de orégano como lo son: especie, estado de desarrollo fenológico de la planta al momento de la recolección, los factores agro-ecológicos como por ejemplo: la altitud, exposición, pendiente, pedregosidad, tipo de vegetación, vegetación asociada a la planta, el tipo de suelo, las condiciones climáticas (clima, temperatura, humedad, precipitación) porque los aceites esenciales varían en función de dichos factores.

Las poblaciones naturales de orégano muestran variabilidad en cuanto a producción de hoja y rendimiento de aceite esencial de orégano año con año, por lo cual, se sugiere realizar un análisis de los factores climáticos para determinar los efectos que éstos ocasionan en la planta. El conocimiento sobre el papel de los factores climáticos y edáficos que influyen en la producción del aceite esencial en plantas aromáticas es esencial para el desarrollo de estrategias para la gestión y la conservación (Martínez *et al.*, 2012).

De acuerdo con Martínez *et al.*, (2012) la variación geográfica en el rendimiento de aceite esencial se observó en las regiones bioclimáticas estudiadas, entre las poblaciones dentro de las regiones y entre plantas dentro de las poblaciones. Las poblaciones ubicadas en las regiones de mayor aridez presentaron mayor rendimiento de aceite esencial. Además, sus resultados sugieren que las plantas en poblaciones con menor disponibilidad de agua del suelo, alto contenido de nitrógeno y hierro y los valores de pH más altos presentan mayor rendimiento de aceite esencial. Por lo cual, deben considerarse los factores micro-ambientales y genéticos para explicar mejor la variabilidad observada en el rendimiento de aceite esencial en *L. graveolens*.

5.3 Resultados del proceso de extracción y rendimiento de aceite por sitios de estudio.

Los resultados del proceso de extracción del aceite utilizando el método de arrastre con vapor de agua, así como del rendimiento de aceite esencial estimado en las 12 muestras de hoja seca (500 g): 6 muestras por región (3 de ladera y 3 de planicie) se presentan en el Cuadro 17, donde se observó una gran similitud en el

proceso de extracción del aceite de la hoja seca de los diferentes sitios, excepto en la alta presión ($0.7 \text{ lbs}^{-1} \text{ cm}^2$) registrada a 85°C en la olla de las muestras de orégano que se relaciona también con el mayor volumen de agua destilada obtenida junto con el aceite de la región de San Isidro (5 L) respecto a las muestras de Barreal de Guadalupe con menor presión ($0.2 \text{ lbs}^{-1} \text{ cm}^2$) y menor volumen de agua (2 L).

Cuadro 17. Valor medio y errores estándares (EE) de los parámetros empleados para la extracción del aceite esencial de orégano.

	San Isidro		Barreal	
	Ladera	Planicie	Ladera	Planicie
Tiempo para alcanzar 85°C (min)	27.0 $\pm$ 0.0	24.3 $\pm$ 2.3	22.3 $\pm$ 2.7	30.7 $\pm$ 3.9
Presión a 85°C^*	0.9 $\pm$ 0.0	0.9 $\pm$ 0.0	0.9 $\pm$ 0.0	0.9 $\pm$ 0.1
Presión a 85°C^{**} (Orégano)	0.3 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.0	0.7 $\pm$ 0.1	0.7 $\pm$ 0.1
Temperatura final ($^\circ\text{C}$)	110.0 $\pm$ 0.0	109.3 $\pm$ 0.7	102.3 $\pm$ 3.2	98.2 $\pm$ 0.4
Tiempo de extracción (h)	2.0 $\pm$ 0.0	2.0 $\pm$ 0.0	2.1 $\pm$ 0.1	2.0 $\pm$ 0.0
Volumen final de agua (ml)	5128.3 $\pm$ 64	5115.0 $\pm$ 256	2473.3 $\pm$ 200	2016.7 $\pm$ 483
Aceite extraído (ml)	13.2 $\pm$ 1.1	11.0 $\pm$ 1.5	12.7 $\pm$ 0.0	12.3 $\pm$ 0.3

*Presión medida en $\text{lbs}^{-1} \text{ cm}^2$ en recipiente conteniendo agua.

**Nota: La Temperatura final en el recipiente de orégano se refiere a la temperatura alcanzada para llegar a la destilación del aceite esencial, es decir, cuando cae la primera gota de aceite.

Por otra parte, el volumen final obtenido fue semejante en ambas condiciones topográficas y regiones de estudio, y la variación encontrada se atribuye a diferencias en el proceso. Es decir, se puede hacer más eficiente el proceso hasta alcanzar un rendimiento del 3%.

5.3.1. Características químicas básicas del aceite de orégano por sitios de estudio.

Los compuestos químicos principales del aceite esencial de San Isidro y Barreal de Guadalupe (ladera y planicie) se presentan en los Cuadros 18 y 19, los cuales fueron: p-cimeno, 1,8 cineol (eucaliptol), γ -terpineno, timol y carvacrol respectivamente. Con base en el análisis, no se encontraron diferencias significativas en la concentración de éstos, en términos de área relativa (%), entre localidades, pero se observó mayor concentración de carvacrol en su composición química y misma concentración de timol y p-cimeno.

Cuadro 18. Valor medio y errores estándares (EE) de la composición del área relativa de los compuestos químicos determinados por cromatografía de gases-masas en la localidad de San Isidro.

Condición topográfica	Compuesto	Área relativa (%) $\bar{X} \pm E.E.$
Ladera	p-cimeno	21.6 ^a ±6.9
Planicie	p-cimeno	24.7 ^a ±7.0
Ladera	1,8 cineol	4.3 ^a ±0.5
Planicie	1,8 cineol	10.0 ^a ±3.8
Ladera	γ -terpineno	4.1 ^a ±2.2
Planicie	γ -terpineno	7.1 ^a ±2.2
Ladera	Timol	4.9 ^a ±2.3
Planicie	Timol	5.55 ^a E.E
Ladera	Carvacrol	47.2 ^a ±7.9
Planicie	Carvacrol	28.9 ^a ±5.6

*Nota: En este cuadro se consigna la composición relativa del área de cinco compuestos principales del aceite esencial de orégano (carvacrol, timol, p-cimeno, γ -terpineno y 1,8 cineol). El porcentaje de cada uno está en relación a todos los compuestos encontrados.

**La comparación es entre condiciones topográficas en cada compuesto químico. Letras iguales indican diferencias estadísticas no significativas ($P \leq 0.05$) $\pm$ el error estándar (E.E.).

Por condición topográfica en ambas localidades tampoco se observaron diferencias significativas, pero se encontró diferencias entre localidades por condición topográfica. Donde la condición de ladera de San Isidro presentó mayor concentración de carvacrol en comparación con la ladera de Barreal de Gpe., a la inversa, la condición de planicie de Barreal de Gpe., presentó una mayor concentración de carvacrol en comparación con la planicie de San Isidro; es decir, la ladera de San Isidro es superior en cantidad de carvacrol respecto al Barreal de Gpe., y la planicie del Barreal de Gpe., es superior a la planicie de San Isidro.

Cuadro 19. Valor medio y errores estándares (EE) de la composición del área relativa de los compuestos químicos determinados por cromatografía de gases-masas en la localidad del Barreal de Guadalupe.

Condición topográfica	Compuesto	Área relativa (%) $\bar{X} \pm \text{E.E.}$
Ladera	p-cimeno	25.3 ^a ±5.2
Planicie	p-cimeno	23.7 ^a ±8.2
Ladera	1,8 cineol	2.52 ^a E.E.
Planicie	1,8 cineol	2.6 ^a ±0.4
Ladera	γ-terpineno	5.9 ^a ±0.4
Planicie	γ-terpineno	4.2 ^a ±1.6
Ladera	Timol	13.1 ^a ±2.4
Planicie	Timol	5.7 ^a ±0.8
Ladera	Carvacrol	37.9 ^a ±8.6
Planicie	Carvacrol	47.5 ^a ±7.3

*Nota: En este cuadro se consigna la composición relativa del área de cinco compuestos principales del aceite esencial de orégano (carvacrol, timol, p-cimeno, γ-terpineno y 1,8 cineol). El porcentaje de cada uno está en relación a todos los compuestos encontrados.

**La comparación es entre condiciones topográficas en cada compuesto químico. Letras iguales indican diferencias estadísticas no significativas ($P \leq 0.05$) ± el error estándar (E.E.).

Por lo tanto, la ladera de San Isidro y la planicie de Barreal de Gpe., son los lugares donde se obtuvo una mayor concentración de carvacrol y por lo cual, se debe destacar que ambas localidades mostraron niveles superiores de carvacrol y que además los aceites esenciales de ambas regiones corresponden al quimiotipo carvacrol.

Ávila *et al.*, (2014) obtuvieron el aceite esencial de orégano mexicano de plantas cultivadas en la región sur del Estado de Chihuahua, donde el timol y carvacrol fueron los principales componentes de las fracciones extraídas del aceite. Es común encontrar variaciones en la composición del aceite esencial de orégano, dependiendo de las características de crecimiento del orégano (Ávila *et al.*, 2014).

La variabilidad en la composición química del aceite esencial de diferentes tipos de orégano cambia en función del tipo de suelo, las condiciones climáticas, de la altitud y el estado fenológico de la planta en el momento de la recolecta (Leyva *et al.*, 2015; Ávila *et al.*, 2014). Además, los quimiotipos de la planta de orégano han sido encontrados con diferentes proporciones de carvacrol o timol en estos aceites esenciales, incluso dentro de la misma población de plantas en un área determinada (Ávila *et al.*, 2014).

El Estado de Chihuahua, México, consigna tres lugares donde el orégano se cultiva comercialmente y es usado para la extracción de aceite esencial. Los tres lugares están situados en la parte central y en la parte sur del Estado (Delicias, Naica y Jiménez-Parral). El orégano proveniente de la región de Delicias contuvo principalmente carvacrol (40-45% del total), el primero que se colectó de la región

de Jiménez-Parral y tuvo un contenido mayor de timol (50-55% del total) y el orégano de la región de Naica contuvo timol y carvacrol principalmente, con concentraciones similares (Rentería *et al.*, 2010; Soto *et al.*, 2007).

Soto *et al.*, (2007) determinaron, vía cromatografía de gases, la calidad de los aceites entre genotipos de orégano. Encontraron que la mejor calidad de aceite en etapa de plántula provino de los genotipos Z1 (97% de timol) y B1 (82.8% de carvacrol). En la etapa de madurez fueron los genotipos F4 (99.8% de timol) y F1 (83.9% de carvacrol).

Calvo *et al.*, (2014) evaluaron la composición de los aceites esenciales extraídos por el método de hidrodestilación de 14 poblaciones silvestres de *L. graveolens* que crecieron a lo largo de un gradiente edafoclimático y reportaron una caracterización de aceites esenciales en orégano mexicano (*L. graveolens* HBK). Estos autores, mediante cromatografía de gases, identificaron 70 componentes, que representaron entre 89 y 99% de la composición total del aceite, de los cuales, el carvacrol y timol fueron los principales (75% de la composición total de aceite).

Aranda *et al.*, 2011 en la primera etapa del estudio, evaluaron el contenido de carvacrol y timol durante 6 meses en poblaciones naturales de orégano (*Poliomintha longiflora* Grey) y obtuvieron, vía cromatografía de gases, para la localidad Infiernillo una media semestral del 22% y 6% para timol y carvacrol, y para la localidad Cajamán del 3% y 34% respectivamente.

Aranda *et al.*, 2011 en la segunda etapa del estudio, establecieron una hectárea de plantas de orégano (*Poliomintha longiflora* Grey), se realizaron análisis

del contenido de carvacrol y timol de aceite extraído de materiales verdes y material puesto a secar, donde el material verde obtuvo (41%) de carvacrol y (13%) de timol en 2009. En el 2010, una muestra verde obtuvo (28%) de carvacrol y (11%) de timol, una muestra seca obtuvo (25%) de carvacrol y (12%) de timol y una muestra verde con un año de edad (38%) de carvacrol y (6%) de timol.

Los resultados obtenidos por Aranda *et al.*, 2011 en comparación con los obtenidos en este estudio, las localidades de San Isidro y Barreal de Guadalupe por condición topográfica fueron superiores en contenido de carvacrol respecto a Infiernillo y Cajamán. Esto confirmó que es muy importante el año en que se colecta la planta y los factores climáticos asociados a la producción de follaje y al rendimiento de aceite esencial.

Existe una correlación entre la cantidad de carvacrol y timol en el aceite, y la producción de follaje, a manera de que en los lapsos de poca producción aunado a factores climáticos, disminuyó el porcentaje de estos componentes (Aranda *et al.*, 2011). Es decir, a mayor producción de follaje se obtendrá un mayor rendimiento de aceite esencial y a menor producción de follaje se obtendrá menor rendimiento de aceite esencial, así también se verá afectada la cantidad de carvacrol y timol.

Sarrazin *et al.*, (2015b) observaron diferencias en la composición del aceite esencial en función de la etapa fenológica y/o factores ambientales de esta planta. Por ejemplo, en las especies *Satureja* de la región mediterránea, el carvacrol fue el componente principal durante el periodo de floración y el timol para todo el año excepto en invierno, donde γ -terpineno mostró una mayor concentración. Así, se

demostró que la etapa fenológica y los factores ambientales pueden cambiar de forma significativa las vías bioquímicas y los procesos fisiológicos que alteran el metabolismo de la planta y, por tanto, la biosíntesis de los aceites esenciales.

Sarrazin *et al.*, (2015), vía cromatografía de gases, cuantificaron el contenido de la producción del aceite esencial de *L. origanoides*, el cual fue del 1.3%. Además fueron identificados tres componentes volátiles: carvacrol (47.2%), timol (12.8%), p-cimeno (9.7%). Determinando en muestras de aceite esencial de orégano (*L. origanoides*) una mayor concentración de carvacrol.

Arango *et al.*, (2012) realizó un estudio donde comparó la época de recolección (lluviosa y seca) sobre el rendimiento y el contenido de timol del aceite esencial de plantas de *L. origanoides*. El contenido de timol cambió en función de la época de recolección; no obstante, el contenido fue mayor en las muestras recolectadas en época seca. Los principales aceites esenciales identificados fueron: timol (50.8-81.6%), p-cimeno (7.5-19.5%) y γ -terpineno (2.3-7.4%).

Vicuña *et al.*, (2010) determinaron, vía cromatografía de gases/espectrometría de masas, la composición química del aceite esencial de *L. origanoides*. Los principales aceites esenciales fueron: timol (34-58%) y carvacrol (26%). En contraste, en el estudio de Arango-B., *et al.*, (2012) con *L. origanoides*, los principales aceites esenciales obtenidos fueron: timol (73.7%), p-cimeno (10.6%), mirceno (3.1%) y γ -terpineno (2.9%).

Bokov *et al.*, (2015) analizaron, por cromatografía de gases, la composición química del aceite esencial de orégano turco (*O. onites* L.) que se desarrolla en el

sureste de Turquía. El aceite esencial de esta especie se caracterizó por su alto contenido de compuestos fenólicos tales como timol y carvacrol (75.7% del total del aceite).

Stefanaki *et al.*, (2016) demostraron en plantas silvestres que *Origanum onites* es, una de las especies de orégano en el este mediterráneo, y que además, contiene aceite esencial de las más alta calidad, obteniendo un alto rendimiento de aceite esencial (que osciló entre el 3 y el 7%), y también, alto contenido de carvacrol (entre 69 y 92.6%).

Calvo *et al.*, (2009) analizaron el aceite del orégano mexicano (*L. graveolens*) mediante una cromatografía de gases/espectrometría de masas (GC/MS) e identificaron seis componentes principales, que, en términos de porcentaje de aceite, los principales fueron: carvacrol (62.2%), p-cimeno (6.8%), timol (5.9%), y γ -terpineno (4.0%).

Leyva *et al.*, (2015) determinaron el perfil cromatográfico del aceite esencial (AE) de *Hedeoma patens* Jones. Los principales componentes fueron: carvacrol, timol, γ -terpineno y p-cimeno; los cuales representaron el 86.4% del total del AE. De acuerdo con Leyva *et al.*, (2015) los principales componentes fueron: carvacrol y timol con 49.5% y 15.15%, respectivamente.

Hernández *et al.*, (2009), por cromatografía de gases, identificaron 9 compuestos del aceite esencial de *L. graveolens*. Los principales compuestos, con concentraciones mayores al 2% del porcentaje de la área de pico, fueron los monoterpenos: carvacrol (37.8%) y timol (6.7%).

Corella y Ortega, (2013) analizaron el contenido de aceite esencial de materiales recolectados en dos localidades silvestres [Puerto El Orégano (AEPO) y Álamos (AEA)] y un genotipo cultivado (AEOC). Los principales compuestos fueron carvacrol (24.6%), timol (15.1%) y p-cimeno (14.2%) en la localidad de AEPO; mientras que para localidad de AEA fueron p-cimeno (22.4%), timol (21.4%) y carvacrol (8.8%), y para el sitio de AEOC fue timol (28.9%), p-cimeno (24.0%) y carvacrol (12.8%).

5.4 Predicción del rendimiento de planta y hoja de orégano

Los modelos de regresión para predecir el rendimiento de orégano tanto en peso de tallos, como MSU (hoja a comercializar) a partir de parámetros dasométricos se muestran en los Cuadros 20 y 21. Los modelos de regresión propuestos tuvieron, un ajuste de coeficiente de determinación (R^2) ≥ 0.83 y valor de $C_{(p)} < 4.0$ en ambas localidades (San Isidro y Barreal de Guadalupe) en la estimación del rendimiento en función de los parámetros dasométricos de la planta de orégano.

Para la localidad de San Isidro con terrenos de cultivo en ladera, las variables de predicción que significativamente estimaron el peso de tallos de las plantas de orégano fueron el diámetro menor de copa y altura de la planta. Solamente, se incluyó en el modelo a diámetro menor de copa para determinar la predicción de material útil. En cambio, para terrenos de planicie, el mejor parámetro dasométrico para predecir tanto peso de tallos y MSU fue únicamente la cobertura.

En la localidad del Barreal de Guadalupe, las plantas de orégano establecidas en ladera mediante la cobertura y el diámetro menor de copa de planta fueron las mejores variables predictoras del peso de tallos y MSU, respectivamente. Los diámetros menores de copa de las plantas en terrenos de planicie estimaron significativamente mejor el peso de tallos; mientras que este mismo parámetro y altura de planta fueron mejores estimadores de la MSU promedio. Cabe mencionar que estos modelos propuestos son válidos únicamente para las muestras colectadas y sitios incluidos en este estudio.

La planicie de San Isidro y la ladera de Barreal de Guadalupe presentaron los mismos parámetros dasométricos (cobertura y el diámetro menor) para calcular el peso de tallos y MSU. En contraste, la altura y el diámetro menor de las plantas lo fueron para estimar el peso de tallos y MSU del orégano establecido en la ladera de San Isidro y la planicie de Barreal del Guadalupe. Garnica, (1994) desarrolló modelos predictivos que incluyeron tanto el diámetro de cobertura como la altura. Ambos parámetros fueron los que mejor estimaron el peso de la hoja seca, por consiguiente, determinó que el diámetro de cobertura es el mejor estimador del peso medio de hoja seca.

Cuadro 20. Modelos de regresión e indicadores de ajuste para predecir los parámetros dasométricos de plantas de orégano por condición topográfica del área de producción en la localidad de San Isidro.

Condición topográfica	Modelo de regresión	Indicadores de Ajuste	
		R ²	C _(p)
Ladera n= 118	P tallos = 49.97*altura (m) +61.59*D menor (m)	0.82	1.56
	M seca útil = 59.82*D menor (m)	0.91	0.06
Planicie n= 59	P tallos = 242.10*cobertura (m ²)	0.81	0.00
	M seca útil = 106.33*cobertura (m ²)	0.90	0.10

Cuadro 21. Modelos de regresión e indicadores de ajuste para predecir los parámetros dasométricos de plantas de orégano por condición topográfica del área de producción en la localidad del Barreal de Guadalupe.

Condición topográfica	Modelo de regresión	Indicadores de Ajuste	
		R ²	C _(p)
Ladera n = 41	P tallos = 171.40*cobertura (m ²)	0.86	0.00
	M seca útil= 75.96*D menor (m)	0.87	0.00
Planicie n = 65	P tallos = 138.20*D menor (m)	0.84	0.00
	M seca útil= 26.72*altura (m) + 48.62*D menor (m)	0.83	3.66

Garnica, (1994) afirmó que en la zona norte de Jalisco para la predicción del peso de la hoja seca de orégano, es suficiente conocer el diámetro de cobertura de los arbustos. Las tablas de producción pueden aplicarse para estimar las existencias reales y potenciales que tiene este recurso en las áreas de matorral desértico rosetófilo y áreas de matorral desértico micrófilo donde se distribuyen las superficies con potencial productivo alto y medio que se localizan en más de 20 predios, de la zona oreganera del sureste del Estado de Coahuila (Villavicencio *et al.*, 2010).

Villavicencio *et al.*, 2010 realizó una evaluación de las áreas de arbustos durante tres ciclos de producción, se generó una base de datos, misma que se analizó estadísticamente. De este análisis se generó un modelo de predicción lineal de variable combinada, confiable estadísticamente (95%) a partir del cual se elaboró una tabla de doble entrada. Las variables de medición que sirvieron de entrada a la tabla fueron la altura y diámetro promedio de cobertura del arbusto, expresada en centímetros. Con ambos parámetros se pudo determinar el peso en gramos de hoja seca de orégano que puede obtenerse de plantas en pie, sin necesidad de cortar el arbusto.

VI. CONCLUSIONES

- 1- Las características básicas de la población como indicadores de la producción de hoja y la concentración del aceite esencial de orégano (*L. graveolens* HBK) muestran diferencias importantes entre las dos regiones de estudio, es decir; San Isidro fue muy superior en producción de MSU y rendimiento de aceite esencial que el Barreal de Guadalupe.
- 2- Fue evidente la superioridad en densidad poblacional, en las características dasométricas de cobertura y altura de la población de San Isidro, Mapimí, Dgo., con relación a la de Barreal de Guadalupe, Coah. Lo que influyó en el rendimiento de hoja seca y aceite de ambas localidades
- 3- Las características dasométricas, la densidad de población de orégano fue similar en Ladera con relación a Planicie dentro de cada localidad de estudio.
- 4- El índice de productividad de agua de lluvia no presentó diferencia estadística en San Isidro respecto a Barreal de Guadalupe, aun cuando en el primero se detectó mayor producción de MSU y rendimiento de aceite esencial con relación al agua de lluvia reportada en ambas regiones.
- 5- El rendimiento esperado en poblaciones naturales de orégano de la región de San Isidro, Mapimí, Durango de 36 L ha^{-1} , permitió una estimación de $\$6,120 \text{ USD ha}^{-1}$ de aceite esencial con el método de arrastre con vapor de agua.

- 6- Los aceites esenciales de ambas localidades pertenecen al quimiotipo carvacrol, debido a su alta concentración registrada en su composición química expresada en área relativa en (%).
- 7- La ecuación de regresión lineal permitió una alta confiabilidad para la estimación del peso de tallos ($R^2 = 0.86$) y para la estimación de MSU ($R^2 = 0.87$) de la planta de orégano con base en su diámetro menor o cobertura.

VII. RECOMENDACIONES

1. Para realizar estudios de Ecología Vegetal y con parte experimental en laboratorio con el objetivo de obtener una mayor reproducibilidad en un muestreo de campo, es necesario aumentar el tamaño de muestra, es decir, el número de plantas a muestrear y el número de sitios de muestreo para así tener una mejor representación de la población en estudio.
2. Sería de suma importancia realizar estudios estacionales y a mediano plazo para establecer patrones de comportamiento tanto de la materia seca útil como de la composición de aceites esenciales para poder encontrar explicaciones a los fenómenos que ocurrieron en este estudio.

VIII. LITERATURA CITADA

- Acevedo, D., Navarro, M., & Monroy, L. (2013). Composición Química del Aceite Esencial de Hojas de Orégano (*Origanum vulgare*). *Información tecnológica*, 24(4), 43-48.
- Adame Gallegos, J. R., Andrade Ochoa, S., & Nevarez Moorillon, G. V. (2016). Potential Use of Mexican Oregano Essential Oil against Parasite, Fungal and Bacterial Pathogens. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 19(3), 553-567.
- Aguilar Murillo, X., Valle Meza, G., González Rosales, G., & Murillo Amador, B. (2013). *Guía De Cultivo De Orégano*. [Primera edición]. La Paz, Baja California Sur, México.
- Alarcón, B. M. (1991). *El orégano, una tabla de producción para el sureste del Estado de Chihuahua* Paper presented at the Estado actual del conocimiento sobre el orégano en México. Memoria de la Primera Reunión Nacional sobre Orégano, Bermejillo, Durango, México.
- Amadio, C., Medina, R., Dediol, C., Zimmermann, M. É., & Miralles, S. (2011). Aceite esencial de orégano: un potencial aditivo alimentario. (Spanish). *Origanum essential oil: a potential food additive. (English)*, 43(1), 237-245.
- Arana Sánchez, A., Estarrón Espinosa, M., Obledo Vázquez, E., Padilla Camberos, E., Silva Vázquez, R., & Lugo Cervantes, E. (2010). Antimicrobial and antioxidant activities of Mexican oregano essential oils (*Lippia graveolens* HBK) with different composition when microencapsulated in β -cyclodextrin. *Letters in Applied Microbiology*, 50(6), 585-590.
- Aranda Ruiz, J., Iribe Coronel, J. M., Rodríguez Fuentes, H., & Vidales Contreras, J. A. (2011). Avances en Investigación de orégano liso *Poliomintha longiflora* gray. In G. Pérez Santiago, M. P. González Castillo, G. Alejandro Iturbide & M. C. González Güereca (Eds.), *El Orégano Mexicano: Estado actual del conocimiento* (Primera edición ed., pp. 33-40). Durango, Dgo., México: Artes Gráficas La Impresora: "La Casa Editorial de Durango".
- Arango B, O., Pantoja D, D., Santacruz Ch, L., & Hurtado B, A. M. (2012). Actividad antioxidante del aceite esencial de orégano (*Lippia organoides* H.B.K) del Alto Patía. (Spanish). *Antioxidant activity of essential oils of oregano (Lippia organoides H.B.K) grown in Alto Patia. (English)*, 10(2), 79-86.
- Arango Bedoya, O., Hurtado Benavides, A. M., & Toro Suárez, I. (2012). Efecto del origen, la época de recolección y la edad de las hojas en el rendimiento y el contenido de timol de aceites esenciales de *Lippia organoides* HBK. *Acta Agronómica*, 61(3), 207-213.
- Arcila Lozano, C. C., Loarca Piña, G., Lecona Uribe, S., & González de Mejía, E. (2004). El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(1), 100-111.

- Ávila Sosa Sánchez, R., Portillo-Ruiz, M. C., Viramontes-Ramos, S., Muñoz-Castellanos, L. N., & Nevárez-Moorillón, G. V. (2014). Effect of Mexican Oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) Essential Oil Fractions on the Growth of *Aspergillus* spp. in a Bread Model System. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 776-783.
- Azizi, A., Yan, F., & Honermeier, B. (2009). Herbage yield, essential oil content and composition of three oregano (*Origanum vulgare* L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply. *Industrial Crops and Products*, 29(2–3), 554-561. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.11.001>
- Blando, J., Luengas, B., & Bautista, B. (2005). Enraizamiento Estacional de Varetas de Orégano (*Lippia berlandieri* Schauer). *Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo*.
- Bokov, D., Morokhina, S., & Popov, D. (2015). Phytochemical Study of Essential Oil from Turkish Oregano (*Origanum Onites* L.) By Gas Chromatography/Mass Spectrometry. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 49(4), 259-267. doi: 10.1007/s11094-015-1267-z
- Bolechowski, A., Moral, R., Bustamante, M. A., Paredes, C., Agulló, E., Bartual, J., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2011). Composition of Oregano Essential Oil (*Origanum vulgare*) as Affected by the Use of Winery-Distillery Composts. *Journal of Essential Oil Research*, 23(3), 32-38.
- Borboa Flores, J., Rueda Puente, E. O., & Acedo Félix, E. (2011). Actividad antibacteriana de seis aceites esenciales en el control *Clavibacter michiganensis* subespecie *michiganensis*. In G. Pérez Santiago, M. P. González Castillo, G. Alejandro Iturbide & M. C. González Güereca (Eds.), *El Orégano Mexicano: Estado Actual del Conocimiento* (Primera edición ed., pp. 117-127). Durango, Dgo., México: Artes Gráficas La Impresora: "La Casa Editorial de Durango".
- Calvo Irabién, L. M., Parra Tabla, V., Acosta Arriola, V., Escalante Erosa, F., Díaz Vera, L., Dzib, G. R., & Peña Rodríguez, L. M. (2014). Phytochemical Diversity of the Essential Oils of Mexican Oregano (*Lippia graveolens* Kunth) Populations along an Edapho-Climatic Gradient. *Chemistry & biodiversity*, 11(7), 1010-1021.
- Calvo, L. M. (2011). Biodiversidad y condimentos: el orégano de monte *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*.
- Calvo Irabién, L. M., Yam Puc, J. A., Dzib, G., Escalante Erosa, F., & Peña Rodríguez, L. M. (2009). Effect of Postharvest Drying on the Composition of Mexican Oregano (*Lippia graveolens*) Essential Oil. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 15(3), 281-287. doi: 10.1080/10496470903379001

- Cavazos, D. J. R. (1991). Análisis dimensionales de plantas de orégano (*Lippia berlandieri*) para la estimación de biomasa aérea. *Estado Actual del conocimiento sobre el orégano en México*, 110-117.
- Cazares Alonso, N. P., Villavicencio Gutiérrez, E. E., Verde Star, J., Pecina Quintero, V., León, A., & Humberto, I. (2010). Caracterización molecular y producción de aceites esenciales de diferentes genotipos de orégano (*Lippia* sp.). *Revista mexicana de ciencias forestales*, 1(1), 85-94.
- CETENAL. (1972). Carta Edafológica. In Comisión de Estudios del Territorio Nacional (Ed.). Presidencia de la República: CETENAL, México.
- Chatzifragkou, A., Petrou, I., Gardeli, C., Komaitis, M., & Papanikolaou, S. (2011). Effect of *Origanum vulgare* L. Essential Oil on Growth and Lipid Profile of *Yarrowia lipolytica* Cultivated on Glycerol-Based Media. *Journal of the American Oil Chemists' Society (JAOCS)*, 88(12), 1955-1964. doi: 10.1007/s11746-011-1870-4
- Cid Pérez, T. S., Nevárez Moorillón, G. V., Torres Muñoz, J. V., Palou, E., & López Malo, A. (2016). Chapter 63 - Mexican Oregano (*Lippia berlandieri* and *Poliomintha longiflora*) Oils A2 - Preedy, Victor R *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 551-560). San Diego: Academic Press.
- Cid Pérez, T. S., Torres Muñoz, J. V., Nevárez Moorillón, G. V., Palou, E., & López Malo, A. (2016b). Chemical characterization and antifungal activity of *Poliomintha longiflora* Mexican oregano. *Journal of Essential Oil Research*, 28(2), 157-165.
- CONABIO. (2005, 15/09/16). Orégano Mexicano: oro vegetal. Retrieved 15/09/16, 2016, from <http://www.conabio.gob.mx/>
- CONAFOR. (2011). Paquete Tecnológico para la producción de orégano *Lippia* Spp. Retrieved 16/09/16, from www.conafor.gob.mx/biblioteca/fichas-de-informacion-comercialproductos-forestales.pdf.
- CONAFOR. (2009). Fichas de información comercial de productos forestales In Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico, Gerencia de Desarrollo y Transferencia de Tecnología, e. D. y. I. I. T. F. Fondo Sectorial para la Investigación & SEMARNAT (Eds.), (pp. 8-9). México, D. F.
- CONAFOR. (2007). Orégano mexicano, oro verde del desierto. *Revista Electrónica de la Comisión Nacional Forestal. México Forestal*.
- CONAGUA. (2004). Construcción de la presa para control de avenidas Cañón de la Cabeza en los Municipios de Torreón, Coahuila y Simón Bolívar, Durango.
- Corella Bernal, R. A., & Ortega Nieblas, M. M. (2013). Importancia del aceite esencial y la producción de orégano *Lippia palmeri* Watson en el Estado de Sonora. *BIOtecnia*, 15(1), 57-64.
- Corral Torrecillas, L. C., González Güereca, M. C., & Vicencio De La Rosa, G. (2011). Producción de compost a partir de residuos generados en el proceso

- de aprovechamiento del orégano. In G. Pérez Santiago, M. P. González Castillo, G. Alejandro Iturbide & M. C. González Güereca (Eds.), *El Orégano Mexicano: Estado Actual del Conocimiento* (Primera edición ed., pp. 153-160). Durango, Dgo., México: Artes Gráficas La Impresora: "La Casa Editorial de Durango".
- Davidenco, V., Vega, C. R. C., Piccardi, M. B., & Argüello, J. A. (2015). Development in *Origanum* spp.: A simple phenological scale to determine thermal time requirements to critical reproductive events. *Scientia Horticulturae*, 186, 70-76. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.02.012>
- De La Cruz, E. (1997). *Efecto del tamaño de partícula y método de extracción en la obtención de aceite de orégano*. UJED-Escuela de Ciencia y Tecnología de los alimentos. Gómez Palacio, Dgo.
- FAO. (2000). Estado de la información forestal en México. from <http://www.fao.org/DOCREP/006/AD398S/AD398S00.HTM>
- FAO. (1995). Memoria - Consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y el Caribe. from <http://www.fao.org/docrep/t2354s/t2354s00.HTM>
- Farías, G., Brutti, O., Grau, R., Di Leo Lira, P., Retta, D., van Baren, C., . . . Bandoni, A. L. (2010). Morphological, yielding and quality descriptors of four clones of *Origanum* spp. (Lamiaceae) from the Argentine Littoral region Germplasm bank. *Industrial Crops and Products*, 32(3), 472-480. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.06.019>
- Flores, G. J. G. (1987). *Ensayo de predicción del rendimiento de orégano (Lippia berlandieri Schauer) en la zona norte de Jalisco*. (Licenciatura), Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Edo. de México, México.
- Flores Hernández, A., Hernández Herrera, J. A., López Medrano, J. I., Valenzuela Núñez, L. M., Martínez Salvador, M., & Madinaveitia Ríos, H. (2011). Producción y extracción de aceite de orégano (*Lippia graveolens* Kunth) bajo cultivo en la Comarca Lagunera. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 2(3), 113-120.
- Flores, R. E. (2010). *Potencial productivo del orégano (Lippia graveolens HBK.) y calidad de su aceite esencial en dos localidades de El Mezquital, Dgo.* (Tesis), Instituto Politécnico Nacional CIDIIR Durango, Victoria de Durango, Dgo.
- Franco, R. C., Sánchez, J. S., & Soto, R. J. (2005). Determinación de la efectividad fungicida del aceite de orégano contra hongos que atacan granos de maíz almacenados. *Chapingo*, 103-108.
- Galván L. R., Berzoza, M., & Silva, R. (2005). "Adaptación y producción de orégano *Lippia graveolens* (H.B.K.) bajo riego por goteo y gravedad". Paper presented at the 2° Reunión Nacional sobre Orégano, Salaires, Chihuahua, México.

- García Pérez, E., Castro Álvarez, F. F., Gutiérrez Uribe, J. A., & García Lara, S. (2012). Revisión de la producción, composición fitoquímica y propiedades nutraceuticas del orégano mexicano. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(2), 339-353.
- García, G., & Ortega, S. (2007). *Aprovechamiento de orégano silvestre en la región de Nazas, Durango*. Paper presented at the XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas.
- Garnica, F. J. G. (1994). Ensayo de predicción del rendimiento de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) en la zona norte de Jalisco. *Revista Ciencia Forestal en México*, 19(76), 15-26.
- GBIF. (2017). Global Biodiversity Information Facility. Retrieved 4 de Febrero, 2017, from <http://www.gbif.org/>
- Gitay, H., Suárez, A., Watson, R., & Dokken, D. (2002). Documento Técnico V del IPCC, Cambio climático y Biodiversidad: Washington (EE. UU.): IPCC.
- González Elizondo, M. S., González Elizondo, M., López Enríquez, I. L., Tena Flores, J. A., Retana Rentería, F. I., Ruacho González, L., & González Güereca, M. C. (2011). *Lippia graveolens* HBK ¿Especie o complejo de especies? In G. Pérez Santiago, M. P. González Castillo, G. Alejandro Iturbide & M. C. González Güereca (Eds.), *El Orégano Mexicano: Estado actual del conocimiento* (Primera edición ed., pp. 11-22). Durango, Dgo., México: Artes Gráficas La Impresora: "La Casa Editorial de Durango".
- González G M C, G. V. L. S. (1998). *Estado actual de la producción de orégano en Durango*. Paper presented at the IX Semana de la Investigación Científica.
- Granados Sánchez, D., Martínez Salvador, M., López Ríos, G. F., & Rodríguez Yam, G. A. (2013). Ecología, aprovechamiento y comercialización del orégano (*Lippia graveolens* HBK) en Mapimí, Durango. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 19(2), 305-322.
- Güereca, G. M. C. (2015). *Principales parámetros ecológicos del orégano en tres áreas del Estado de Durango, y su relación con características físicas del aceite esencial*. Paper presented at the VII Reunión Nacional sobre Orégano y otras aromáticas, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Güereca, M. C. G., Hernández, M. S., Kite, G., & Vázquez, M. M. (2007). Actividad antioxidante de flavonoides del tallo de orégano mexicano (*Lippia graveolens* HBK var. *berlandieri* Schauer). *Revista Fitotecnica Mexicana*, 30(1), 43-49.
- Haidé Quezada, F., Sánchez Ramos, G., Lara Villalón, M., Medina Martínez, T., & Pérez Quilantán, L. M. (2011). Parámetros ambientales y abundancia del orégano mexicano (*Lippia graveolens*) en el estado de Tamaulipas. *CienciaUAT*, 6(1), 24-31.
- Hernández Herrera, J. A., Flores Hernández, A., & Ortiz Cano, H. G. (2011). La certificación orgánica alternativa para la comercialización del orégano (*Lippia* spp). In G. Pérez Santiago, M. P. González Castillo, G. Alejandro Iturbide &

- M. C. González Güereca (Eds.), *El Orégano Mexicano: Estado actual del conocimiento* (Primera edición ed., pp. 63-73). Durango, Dgo., México: Artes Gráficas La Impresora: "La Casa Editorial de Durango".
- Hernández, T., Canales, M., Ávila, J. G., García, A. M., Meraz, S., Caballero, J., & Lira, R. (2009). Composition and antibacterial activity of essential oil of *Lippia graveolens* HBK (Verbenaceae). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 8(4), 295-300.
- Hernández R. A. Arias, M. C. G. (1991). Aspectos ecológicos del orégano en el Altiplano Potosino. *Estado Actual del conocimiento sobre el orégano en México*, 67-73.
- Huerta, C. (2002). Orégano Mexicano: Oro Vegetal. *Biodiversitas*, 15, 30-38.
- Huerta, C. (1999). El orégano mexicano: oro vegetal. Edición de Biodiversitas, revista electrónica de la página de internet de la Comisión Nacional de Biodiversidad.
- Huerta, C. (1997). *La Herbolaria: Mito o Realidad*. Biodiversitas, (3, 12).
- Huerta, C. (1997b). Orégano mexicano: oro vegetal. *Biodiversitas*, 15(1), 8-13.
- INE. (2007). Evaluación de riesgo de extinción de *Lippia graveolens* de acuerdo al numeral 5.7 de la NOM-059-SEMARNAT-2001. from <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/534/cap8.pdf>
- INEGI. (2017). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Retrieved 04 de Febrero, 2017, from <http://www.inegi.org.mx/default.aspx>
- INEGI. (2013, 04-08-2015). "Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación escala 1:250 000 serie V (capa unión) *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Segunda edición.
- INEGI. (2000). Carta edafológica 1:250,000. *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática*.
- INFDM. (2005). Enciclopedia de los municipios de México. from <http://www.e-local.gob.mx/>
- James, P. (1997). *La gestión de la calidad total: un texto introductorio*: Prentice Hall.
- Juárez Albáñez, R., & Contreras Blanco, E. (2006). *Determinación de la calidad de aceite de orégano (Lippia graveolens HBK) en diferentes rodales del Ejido Barreal de Guadalupe; Torreón, Coah.* (Tesis), Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México.
- Kalemba, D., & Kunicka, A. (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current medicinal chemistry*, 10(10), 813-829.
- Kizil, S., Ipek, A., Arslan, N., & Khawar, K. M. (2008). Effect of different developing stages on some agronomical characteristics and essential oil composition of oregano (*Origanum onites*). *New Zealand Journal of Crop & Horticultural Science*, 36(1), 71-76.

- Koksal, O., Gunes, E., Ozer, O. O., & Ozden, M. (2010). Analysis of effective factors on information sources at Turkish Oregano farms. *African Journal of Agricultural Research*, 5(2), 142-149.
- León, T. J. A. (1991). *Las normas sobre estudios técnicos justificativos para el aprovechamiento de orégano. Estado actual del orégano en México*. Paper presented at the Memoria de la Primera Reunión Nacional sobre Orégano, Bermejillo, Dgo., México.
- Leyva López, N., Vega Gaxiola, D., Angulo Escalante, M. Á., & Basilio Heredia, J. (2015). *Caracterización fitoquímica y actividad antioxidante del aceite esencial de orégano silvestre (Hedeoma patens Jones)*. Paper presented at the VII Reunión Nacional sobre Orégano y otras Aromáticas, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- López, C., Chanfón, S., & Segura, G. (2005). La riqueza de los bosques mexicanos: más allá de la madera: experiencias de comunidades rurales. *SEMARNAT*.
- López Enríquez, I. L., González Elizondo, M. S., González Elizondo, M., Ruacho González, L., Retana Rentería, F. I., & Tena Flores, J. A. (2011). Distribución geográfica de las especies de oréganos en Durango. In G. Pérez Santiago, M. P. González Castillo, G. Alejandro Iturbide & M. C. González Güereca (Eds.), *El Orégano Mexicano: Estado actual del conocimiento* (Primera edición ed., pp. 23-32). Durango, Dgo., México: Artes Gráficas La Impresora: "La Casa Editorial de Durango".
- López Martínez, C. (2014). *Distribución geográfica y ecológica de dos especies de orégano (Poliomintha longiflora Gray. y Lippia graveolens HBK) en el Estado de San Luis Potosí, México*. (Tesis), Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí.
- Maldonado, A. L. J. (1991). Descripción botánica, distribución y usos del orégano en México. *Estado Actual del conocimiento sobre el orégano en México*, 41-44.
- Maldonado, A. L. J. (1983). *La investigación de orégano*. Saltillo, Coahuila, México.
- Martínez Domínguez, P. M., & Talavera Zúñiga, E. (2011). Transferencia de tecnología de orégano (*Lippia graveolens* HBK) bajo programas de manejo forestal en Jalisco. In G. Pérez Santiago, M. P. González Castillo, G. Alejandro Iturbide & M. C. González Güereca (Eds.), *El Orégano Mexicano: Estado Actual del Conocimiento* (Primera edición ed., pp. 177-189). Durango, Dgo., México: Artes Gráficas La Impresora: "La Casa Editorial de Durango".
- Martínez Domínguez, M. (1994). El manejo técnico del orégano *Lippia berlandieri* Schauer en Jalisco.
- Martínez, D. M. (1990). *Detección y elevación del orégano Lippia berlandieri Schauer en las zonas del norte de Jalisco y suroeste de Zacatecas*. (Licenciatura), Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

- Martínez Natarén, D. A., Parra Tabla, V., Dzib, G., Acosta Arriola, V., Canul Puc, K. A., & Calvo Irabién, L. M. (2012). Essential oil Yield Variation Within and Among Wild Populations of Mexican Oregano (*Lippia graveolens* H.B.K.-Verbenaceae), and its Relation to Climatic and Edaphic Conditions. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 15(4), 589-601. doi: 10.1080/0972060X.2012.10644093
- Martínez Salvador, M. (2013). *Ecología y usos de especies forestales de interés comercial de las zonas áridas de México*.
- Martínez, S. (1997). Caracterización y evaluación del potencial productivo de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) en el municipio de Mapimí, Durango. *México: Universidad Autónoma Chapingo*.
- Martínez S M, F. G. J. G. (1984). Algunos aspectos del orégano en México. *Inventario Nacional Forestal*.
- Medina, B. R. (1982). Técnicas usadas en los inventarios forestales de México. *INIF. Ciencia Forestal*, 37, 46-60.
- Nieves, C. G., Ávila, J. A., Herrera, G. G., López, J. R., Carrillo, R., Flores, O., & Castorena, M. V. (2010). Efectos de tratamientos pregerminativos en la emergencia y crecimiento de plántulas de orégano (*Lippia graveolens* HBK) *chapingo*, 9, 129-134.
- Olhagaray, R. E. C., Vega Sotelo, F., & Espinoza Arellano, J. (2011). Comercialización del orégano (*Lippia berlandieri* Schauer), en el Municipio de Nazas Durango, México. In G. Pérez Santiago, M. P. González Castillo, G. Alejandro Iturbide & M. C. González Güereca (Eds.), *El Orégano Mexicano: Estado actual del conocimiento* (Primera edición ed., pp. 51-61). Durango, Dgo., México: Artes Gráficas La Impresora: "La Casa Editorial de Durango".
- Olhagaray, R. E. C. (2005). *Cuantificación de orégano (Lippia berlandieri Schauer) en diez localidades del municipio de Nazas, Durango, México*. Paper presented at the Segunda Reunión Nacional sobre Orégano, Aprovechamiento, cultivo e industrialización en México.
- Ortega, R. S. A., Guerrero B A, Dávila H A, Arredondo A G, Arias M C G y Martínez C M A (1987). Investigación en orégano. *CIFNE*.
- Ortega, R. (1991). Plantación de orégano en bordos con aplicación de pequeñas láminas de riego. Estado actual del conocimiento sobre el orégano en México. *Primera Reunión Nacional sobre orégano* (pp. 264-267). Bermejillo, Durango.
- Ortega Nieblas, M., Robles Burgueño, M., Acedo Félix, E., González León, A., Morales Trejo, A., & Vázquez Moreno, L. (2011). Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de orégano (*Lippia palmeri* S. Wats). *Revista Fitotecnica Mexicana*, 34(1), 11-17.

- Osorno Sánchez, T., Flores Jaramillo, D., Hernández Sandoval, L., & Lindig Cisneros, R. (2009). Management and extraction of *Lippia graveolens* in the arid lands of Queretaro, Mexico. *Economic botany*, 63(3), 314-318.
- Pérez González, E. (2012). *Evaluación de dos sistemas de extracción de aceite esencial de orégano (Lippia graveolens HBK) en dos localidades del Estado de Durango*. (Tesis), Universidad Autónoma Chapingo, Bermejillo, Dgo.
- Pérez Santiago, G., González Castillo, M. P., & Iturbide, G. A. (2011). Aceites esenciales para la conservación de alimentos, control de plagas y enfermedades agrícolas. In G. Pérez Santiago, M. P. González Castillo, G. Alejandro Iturbide & M. C. González Güereca (Eds.), *El Orégano Mexicano: Estado actual del conocimiento* (Primera edición ed., pp. 139-151). Durango, Dgo., México: Artes Gráficas La Impresora: "La Casa Editorial de Durango".
- Quintero D A, G. G. A. (1991). Manual para la identificación de los oréganos mexicanos. *Estado Actual del conocimiento sobre el orégano en México*, 268-274.
- Rentería, N., Silva-Vázquez, R., Morrillón, G., Aguilar, C., & Herrera, R. (2010). Genetic diversity of Mexican oregano *Lippia berlandieri* Schauer, from the Chihuahuan desert area. *Plant Breeding and Seed Science*, 62, 85-96.
- Reyes, C. J., & Ortega, R. S. (2005). Aprovechamiento, manejo y cultivo del orégano en la Región Lagunera. *Folleto para productores INIFAP*.
- Rivero Cruz, I., Duarte, G., Navarrete, A., Bye, R., Linares, E., & Mata, R. (2011). Chemical Composition and Antimicrobial and Spasmolytic Properties of *Poliomintha longiflora* and *Lippia graveolens* Essential Oils. *Journal of food science*, 76(2), C309-C317. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.02022.x
- Rodríguez Morales, J. I., & Hernández Zamudio, M. G. (2012). *Determinación de diversidad de esporas de hongos micorrizicos arbusculares en rizosfera de orégano silvestre (Lippia graveolens HBK) del Ejido del Barreal de Guadalupe, Torreón, Coah.* (Tesis), Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México.
- Rolando, A. (2007). Aceite esencial de orégano: tratamiento por digestión anaeróbica de los residuos generados en su obtención. In U. N. d. Luján (Ed.). Buenos Aires, Argentina.
- Romahn de la Vega, C. F., Ramírez Maldonado, H., & Treviño García, J. L. (1994). Dendrometría. *Universidad Autónoma Chapingo*, 354.
- Ruiz, J. A., Vázquez, R. S., & Hernández, D. I. F. (2009). Caracterización del aceite esencial de orégano liso (*Poliomintha longiflora* gray) de la localidad Infiernillo en el municipio de Higueras, NL, México. *Salus*, 10(1).
- Rzedowski, J., & Calderón de Rzedowski, G. (2002). *Familia verbenaceae*. México: Conacyt y CONABIO.
- Sánchez, N. A., Uribe, H C, Hurtado, R J y Martínez, S M. (1991). Evaluación fisicoquímica del aceite esencial de orégano de poblaciones naturales

- localizadas en la Zona norte del Jalisco. *Estado Actual del conocimiento sobre el orégano en México*, 281-289.
- Santillán Soto, J., & Silva Ramírez, J. (2011). Política Forestal para el aprovechamiento sustentable de recursos no maderables. In G. Pérez Santiago, M. P. González Castillo, G. Alejandro Iturbide & M. C. González Güereca (Eds.), *El Orégano Mexicano: Estado Actual del Conocimiento* (Primera edición ed.). Durango, Dgo., México: Artes Gráficas La Impresora: "La Casa Editorial de Durango".
- Sarrazin, S. L. F., da Silva, L. A., Oliveira, R. B., Raposo, J. D. A., da Silva, J. K. R., Salimena, F. R. G., Mourão, R. H. V. (2015). Antibacterial action against food-borne microorganisms and antioxidant activity of carvacrol-rich oil from *Lippia origanoides* Kunth. *Lipids in Health & Disease*, 14, 1-8. doi: 10.1186/s12944-015-0146-7
- Sarrazin, S. L. F., da Silva, L. A., de Assunção, A. P. F., Oliveira, R. B., Calao, V. Y. P., da Silva, R., Mourão, R. H. V. (2015b). Antimicrobial and Seasonal Evaluation of the Carvacrol-Chemotype Oil from *Lippia origanoides* Kunth. *Molecules*, 20(2), 1860-1871. doi: 10.3390/molecules20021860
- SAS Institute Inc. (2012). *SAS/STAT®9.3 User's Guide*
- SEMARNAT. (2009, 28 de Noviembre de 2016). Aprovechamiento Forestal. Retrieved 23 de Abril, 2011, from <https://www.gob.mx/semarnat>
- SEMARNAT. (2008). Orégano en especie *Fichas de información comercial de productos forestales* (pp. Folleto técnico): CONAFOR.
- SEMARNAT. (2001). *Evaluación del riesgo de extinción de Lippia graveolens de acuerdo al numeral 5.7 de la NOM-059-SEMARNAT-2001*.
- SIAP. (2010). Cierre de la producción agrícola por estado, cultivos perennes. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. from <http://www.siap.gob.mx/>
- Silva, R. (2005). *El orégano (Lippia graveolens Schauer) una alternativa agroindustrial para las zonas áridas y semiáridas de México*. Paper presented at the Segunda Reunión Nacional de orégano, CIRENA, Salta, Chihuahua.
- Silva, R. (2004). *El orégano como alternativa de producción para zonas áridas*. Chihuahua, México.
- Silva, V. (1999). El orégano como una alternativa de producción agrícola sustentable para las zonas áridas y semiáridas. *CIRENA, Folleto de productores* (11).
- Silva Vázquez R., Gástelum Franco M. G., Torres Muñoz J. V., & V., N. M. G. (2008). Oregano species in Mexico. In R.-H. Saucedo-Pompa, Aguilar-González (Ed.), *Outstanding Phytochemicals from Mexican semi-desert: From plant to natural chemicals and biotechnology* (pp. 136-153).

- Soto, R. J., Hernández, A. F., Franco, R. C., & Silva, R. (2007). Identificación y selección de genotipos de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) sobresalientes en producción de timol y carvacrol. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 6(1), 25-36.
- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1960). *Principles and procedures of statistics*. United States of America: Mc-Graw Hill Book Company, Inc.
- Stefanaki, A., Cook, C. M., Lanaras, T., & Kokkini, S. (2016). The Oregano plants of Chios Island (Greece): Essential oils of *Origanum onites* L. growing wild in different habitats. *Industrial Crops and Products*, 82, 107-113. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.086>
- Tezara, W., Coronel, I., Dzib, G., & Calvo-Irabién, L. M. (2013). Relación entre la capacidad fotosintética y el contenido de aceites esenciales de *Lippia graveolens* (Verbenaceae) en dos localidades con diferencias en precipitación anual. *Interciencia*, 38(9), 669.
- Vázquez, R. S., & Dunford, N. T. (2005). Bioactive Components of Mexican Oregano Oil as Affected by Moisture and Plant Maturity. *Journal of Essential Oil Research*, 17(6), 668-671.
- Veras, H. N. H., Rodrigues, F. F. G., Colares, A. V., Menezes, I. R. A., Coutinho, H. D. M., Botelho, M. A., & Costa, J. G. M. (2012). Synergistic antibiotic activity of volatile compounds from the essential oil of *Lippia sidoides* and thymol. *Fitoterapia*, 83(3), 508-512. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fitote.2011.12.024>
- Vicuña, G. C., Stashenko, E. E., & Fuentes, J. L. (2010). Chemical composition of the *Lippia origanoides* essential oils and their antigenotoxicity against bleomycin-induced DNA damage. *Fitoterapia*, 81(5), 343-349. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fitote.2009.10.008>
- Villa Castorena, M., Catalán Valencia, E. A., Arreola Ávila, J. G., Inzunza Ibarra, M. A., & López, A. R. (2011). Influencia de la frecuencia del riego en el crecimiento de orégano (*Lippia graveolens* HBK). *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 17(SPE.), 183-193.
- Villarreal, Q. J. A. (2001). Listados florísticos de México XXIII. *Flora de Coahuila*.
- Villavicencio Gutiérrez, E. E., & Cano, A. (2012). *Cultivo de orégano, opción productiva para las zonas semidesérticas*. Desplegable para productores. Coahuila, México.
- Villavicencio Gutiérrez, E. E., & Cano, A. (2012). *Producción de planta y cultivo de orégano en plantaciones forestales*. Desplegable para productores. Coahuila, México.
- Villavicencio, G., Cano, P., & García, C. (2010). *Metodología para determinar la existencia de orégano (Lippia graveolens HBK) en rodales naturales de Parras de la Fuente, Coahuila*. Folleto técnico

- Villavicencio, G. E. E. (2008). *Tablas de predicción del rendimiento de hoja seca de orégano (Lippia graveolens H.B.K.) para las poblaciones naturales de Coahuila*. Ficha Tecnológica Coahuila, México.
- Villavicencio, E., Martínez, O., Cano, A., & Berlanga, C. (2007). Orégano, recurso con alto potencial. *Ciencia y Desarrollo*, 33(211), 60-66.
- Willman D E M, S. M. H., Rimpler H. (2000). Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán, 27, 31-34.
- Wogiatzi, E., Gougoulas, N., Papachatzis, A., Vagelas, I., & Chouliaras, N. (2009). Chemical composition and antimicrobial effects of Greek origanum species essential oil. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 23(3), 1322-1324.
- Yáñez Chávez, L. G., Escobar Pedraza, J. J., Campos Villarreal, A. G., & Flores Hernández, A. (2013). *Aprovechamiento del orégano (Lippia graveolens): Producción de biomasa y rendimiento de aceite esencial extraído por el método de arrastre con vapor de agua en Mapimí, Dgo*. Paper presented at the I Congreso Internacional y IX Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas y VI Reunión Nacional del Orégano y otras aromáticas, Bermejillo, Dgo.