



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS

EFFECTOS DEL USO DEL ORÉGANO *Lippia graveolens* EN EL SEMIDESIERTO QUERETANO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
DOCTOR(A) EN CIENCIAS

P R E S E N T A

M. en C. TAMARA GUADALUPE OSORNO
SÁNCHEZ

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: Dr. ROBERTO LINDIG CISNEROS

MÉXICO, D.F.

FEBRERO, 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 19 de septiembre del 2011, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de DOCTORA EN CIENCIAS de la alumna OSORNO SÁNCHEZ TAMARA GUADALUPE con número de cuenta 89230075, con la tesis titulada: "Efectos del uso del orégano *Lippia graveolens* en el semidesierto Queretano", bajo la dirección del Dr. Roberto Antonio Lindig Cisneros.

Presidente: Dr. Ek del Val de Gortari
Vocal: Dr. Humberto Suzán Azpiri
Secretario: Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval
Suplente: Dr. Rafael Lira Saade
Suplente: Dr. Mauricio R. Quesada Avendaño

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 8 de diciembre del 2011.

M. del Coro Arizmendi
Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga
Coordinadora del Programa

c.c.p. Expediente de la interesada

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM y al CONACYT, por haberme otorgado la beca crédito (167316) para realizar mis estudios de posgrado.

Quiero expresar mi agradecimiento a mi tutor de tesis, Dr. Roberto Lindig Cisneros, quien me orientó y apoyó incondicionalmente para concluir esta investigación.

A los miembros de mi comité tutorial Dra. Ek del Val de Gortari, Dr. Humberto Suzán Azpiri, Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval, Rafael Lira Saade y Mauricio Quesada Avendaño por sus comentarios que me permitieron mejorar este trabajo.

A los miembros de la Asociación Rural de Interés Colectivo (ARIC) por permitirme llevar a cabo esta investigación en diferentes ejidos del municipio de Peñamiller y hacer uso de la información que se ha generado hasta el momento.

A todos los compañeros que participaron tanto en el trabajo de campo como en la escritura de esta tesis.

DEDICATORIA

A mi familia amada Alfonso, Héctor Emiliano, Mateo y Alfonso.

Con profundo cariño a mis padres Micaela, Sandra y Marco Antonio. Gracias.

A mis hermanas queridas.

A mis amigas/os de toda la vida.

ÍNDICE

CONTENIDO.....	PAGINAS
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	5
CAPÍTULO I.....	17
“Management and Extraction of <i>Lippia graveolens</i> in the Arid Lands of Queretaro, Mexico”	
CAPÍTULO II.....	22
“Effects of harvesting intensity on population structure of <i>Lippia graveolens</i> (Verbenaceae, Lamiales) in the Semidesert of Querétaro, México”	
CAPÍTULO 3.....	31
“Diferencias en la asociación espacial de <i>Lippia graveolens</i> con cactáceas en un gradiente de intensidad de su cosecha, en el semidesierto queretano”	
DISCUSIÓN GENERAL.....	50

RESUMEN

El orégano (*Lippia graveolens*) es un Recurso Forestal No Maderable, que se cosecha de forma comercial y los ingresos derivados de esta actividad son un complemento importante para los campesinos de las zonas semiáridas de México en donde la especie crece. Sin embargo, en particular en el semidesierto Queretano, se desconoce el impacto directo en las poblaciones silvestres de esta actividad. Por otro lado, se ha documentado que esta planta facilita el establecimiento de cactáceas bajo su dosel. Por lo que la cosecha de sus hojas puede afectar de forma indirecta la regeneración de las especies que se le asocian. No obstante, tampoco se ha hecho ninguna evaluación de las especies que se asocian a *L. graveolens* en esta zona y de cómo el manejo puede afectar esta interacción.

El presente trabajo de investigación documentó el manejo tradicional que realizan los recolectores de las poblaciones silvestres de *L. graveolens* en el municipio de Peñamiller, Querétaro. Se presenta como estudio de caso la evaluación de las cantidades de orégano extraídas por la gente local y la disponibilidad del recurso para el año 2007. Así mismo, se evaluó el efecto de diferentes intensidades de cosecha en cinco poblaciones de orégano silvestre mediante la medición de características demográficas como: densidad, estructura de tamaño de plantas, la proporción de individuos reproductivos y la producción de inflorescencias. Además, se hizo una caracterización de las condiciones ambientales, en términos de las condiciones del suelo y la precipitación, lo anterior se llevó a cabo ya que estos factores pueden influir en la tolerancia de la población a su aprovechamiento. Por último se determinó la asociación de *L. graveolens* con diferentes cactáceas, y se evaluó la diversidad de especies asociadas al orégano en sitios que presentan el mismo tipo de asociación vegetal pero diferente intensidad de manejo.

Los resultados de este estudio indican que en el caso del semidesierto Queretano, existen poblaciones de orégano *in situ* conservadas, poblaciones con uso moderado que presentan características propias de poblaciones manejadas y otras con uso intenso que puede poner en riesgo su permanencia,

afectando el uso que los habitantes hagan de este recurso. Las poblaciones con alta intensidad de cosecha presentaron menor densidad de individuos y también un menor número de las categorías de tamaño, con respecto a su estructura poblacional. Así como menor proporción de individuos en las categorías pequeñas y más grandes. Además un porcentaje menor de individuos reproductivos y en estos lugares no hubo regeneración natural de la especie.

A nivel de la comunidad, se encontró menor diversidad de especies asociadas al orégano en sitios de alta intensidad de cosecha lo que podría afectar la biodiversidad de la comunidad a largo plazo. Se recomienda realizar la cosecha mediante la rotación de rodales, debido a que se observó que en un periodo de dos años de descanso hubo una recuperación significativa de la talla de las plantas. Así como realizar la cosecha dejando por lo menos un tercio de la parte aérea debido a que la recuperación vegetativa de las plantas, es más lenta en las plantas cortadas al ras. Por otro lado sería importante que las tareas de secado se realizaran en el campo, en los mismos rodales de donde se cosecha para procurar que la mayor cantidad de frutos se queden en el sitio, promoviendo con esto la regeneración natural.

Es importante considerar que en las zonas para la recolección de orégano se debe evitar en la medida de lo posible, otro tipo de aprovechamiento de la tierra, por ejemplo, la ganadería, debido a que puede menoscabar las condiciones de las poblaciones manejadas. Así como procurar la permanencia de otras plantas que pueden actuar como nodrizas y contribuir a la regeneración natural de especies que necesitan asociarse con otras plantas para germinar y establecerse, como podría ser el propio caso del orégano.

ABSTRACT

Oregano (*Lippia graveolens*) is a non-timber forest product that is commercially harvested and the incomes from this activity are an important complement to the farmers of the semiarid areas of Mexico where the species grows. However, particularly in the semi-desert of Querétaro the direct impact of this activity on wild populations is not known. On the other hand, it has been documented in different places this plant facilitates the establishment of cacti under its canopy. Consequently the harvest of the leaves may indirectly affect the regeneration of the species associated with it. However, there are not information regarding the plant species associated with *L. graveolens* in this area and how management can affect this interaction.

This research documented the traditional management by harvesters of wild populations of *L. graveolens* in the municipality of Peñamiller, Querétaro. It is presented as a case study evaluating the quantities of oregano extracted by local people and resource availability for the year 2007. Also, we evaluated the effect of different harvest intensities in five populations of wild oregano by measuring demographics characteristics such as plant density, population structure, proportion of reproductive individuals and the production of inflorescences. Additionally, environmental conditions such as soil type and rainfall, were characterized. The above was carried out as these factors can influence the tolerance of the population to their management. Finally the diversity of species associated with oregano on sites that have the same type of plant association, but different management intensity was evaluated.

The results of this study indicate that in the case of semi-desert Queretano, there are preserved *in situ* populations, populations with moderate use their own characteristics and other managed populations with heavy usage, which may jeopardize their permanence, affecting people's use of this resource. Populations with high intensity of harvest had lower density and a smaller number of size categories. And lower proportion of individuals in small and larger categories. In addition, a smaller percentage of reproductive individuals in

these places there were no indicators that it is carrying out the natural regeneration of the species.

At the community level, we found less diversity of species associated with oregano in areas of high harvest intensity which could affect the biodiversity of the community at large. Harvesting is recommended by rotating stands, because it was observed that in a period of two years without harvesting there were a significant recovery of the plant stature. Additionally, we also recommend to harvest only from the first third of the plant, leaving at least one third of the shoot because the plants vegetative recovery is slower in plants cut to the soil level. Finally, the leaves drying tasks must be performed in the field, in the same stands where those are harvested to ensure the most amount of fruits left on the site, promoting the natural regeneration.

It is also important to consider excluding to the oregano harvesting areas, another type of land use, like livestock, since it can have negative influence on the conditions of the managed populations. Promoting the permanence of other nurse plants that contribute to the natural regeneration of species is also recommended

INTRODUCCIÓN GENERAL

Los habitantes de diferentes regiones del mundo han vivido por mucho tiempo con productos recolectados o cosechados de su entorno natural (Ticktin, 2004 y Camacho, 2008). Por ejemplo, en México se estima que entre 5000 y 7000 especies son plantas útiles, lo cual representa entre un tercio y un quinto de la flora de plantas vasculares del país (Caballero y Cortés, 2001, Casas *et al.*, 2007 y Lira *et al.*, 2009). Esto ha permitido que los campesinos a través de su estrecha relación con la naturaleza usen una amplia gama de especies, sobre todo vegetales para satisfacer sus necesidades básicas. La vocación campesina e indígena de manejo de recursos naturales *in situ* involucra diferentes técnicas como el incremento de la población de la planta de interés dentro de la comunidad; el mantener plantas útiles en ambientes transformados por el hombre y la recolección de diferentes productos como pueden ser los "Productos Forestales No Maderables" (PFNM), tales como: semillas, flores, frutos, hojas, raíces, corteza, resina, fibras, gomas y otras partes no maderables (FAO, 2005; y Tapia-Tapia y Reyes-Chilpa, 2008).

Esta forma de aprovechamiento ha coexistido históricamente en el medio rural con aquellas actividades reconocidas como eminentemente productivas: la ganadería y la agricultura, (Peña y Illsey, 2009). De hecho, en muchos países se le ha promovido como una alternativa comercial (Salick *et al.*, 1995). Hoy en día los PFNM forman parte de un complejo de alternativas económicas que, junto con los productos agrícolas, pecuarios y forestales maderables, constituyen los componentes básicos de las "unidades productivas", de la población rural (Peña y Illsey, 2009). De esta forma se puede decir que la cosecha de los PFNM ocurre en el mismo contexto donde se realizan las actividades agropecuarias, y la manera en que se llevan a cabo las diferentes formas de uso de la tierra dentro del territorio está muy relacionada con las condiciones socioeconómicas, culturales, de tipo de gobierno y tenencia de la tierra de los grupos agrarios (Ticktin, 2004 y Chamberlain *et al.*, 2004).

Desde el punto de vista biológico cada una de estas actividades puede representar una presión para las poblaciones naturales de plantas. Por ejemplo, la intensificación sobre todo de las actividades pecuarias y agrícolas se ha relacionado frecuentemente con la sobreexplotación, destrucción y fragmentación del hábitat, con la consecuente aparición de paisajes estructuralmente pobres, con una cubierta vegetal que se ha degradado o desaparecido (Yanes *et al.*, 1997 y Tilman *et al.*, 2001). Algunos autores sugieren que en las zonas donde se lleva a cabo el manejo de RFNM hay mayor diversidad de plantas y animales, porque los otros usos de la tierra pueden representar un mayor riesgo por la transformación del ambiente y pérdida local de la diversidad (Arnold y Pérez, 2001; Endress *et al.*, 2004 y Rodríguez *et al.*, 2008).

Se considera también que la recolección de PFNM representa un impacto menor en las comunidades vegetales y en los procesos del ecosistema, debido al uso *in situ* de poblaciones de plantas adaptadas a ambientes específicos o algún requerimiento cultural, y que la principal actividad que se realiza es la cosecha de alguna parte de las plantas (hojas, tallos, flores, etc.). Sin embargo, la extracción de este tipo de productos también puede alterar procesos biológicos en varios niveles, desde el individuo y la población, hasta el nivel de comunidad y ecosistema (Peters, 1994, Belcher *et al.*, 2005 y Ticktin, 2004), y su sobreexplotación puede ocasionar una declinación de las poblaciones nativas con fuertes implicaciones ecológicas y económicas (Camacho, 2008). Neumann y Hirsch, (2000) documentan a partir de varios estudios de caso, que a medida que aumenta la presión sobre los PFNM y el número de actores implicados en su comercialización, hay un desconocimiento de criterios para su aprovechamiento y manejo sobre una base sostenible.

A pesar de que la extracción de los PFNM es indicador de la contribución de las áreas naturales a la economía nacional y al alivio de la pobreza, ya que estos productos son recolectados sobre todo por personas relativamente pobres que viven en las zonas rurales (FAO, 2005); la

información disponible sigue siendo escasa, tanto en la cantidad y valor de las extracciones, así como en su impacto a nivel ecológico. En este contexto, son necesarios estudios que contribuyen al conocimiento de la forma del manejo, la biología de la población que se maneja como PFNM y las interacciones ecológicas asociadas con la especie a nivel comunidad.

Se estima que en México la recolecta de los RFNM en zonas áridas y semiáridas cubre una superficie de 58.5 millones de hectáreas, mismas que representan 30% del territorio nacional. Concentrándose sobre todo en el desierto Chihuahuense que incluye los estados de Guanajuato, Aguascalientes, Zacatecas, San Luis Potosí, Durango, Chihuahua, Nuevo León, Coahuila y Querétaro (Bautista *et al.*, 2009). Los nueve PFNM más importantes económicamente para estas zonas son: lechuguilla (*Agave lechuguilla*), candelilla (*Euphorbia antisiphylitica*), sotol (*Dasilirium acrotrichum*), yuca (*Yucca schidigera*), agaves (*Agave salmiana*), jojoba (*Simmondsia chinensis*), gobernadora (*Larrea tridentata*), cortadillo (*Nolina cespitifera*) y el orégano (*Lippia graveolens*) (Zamora-Martínez *et al.*, 2001, CONAFOR, 2006 y Tapia-Tapia *et al.*, 2008).

Lippia graveolens pertenece a la familia Verbenaceae, es un arbusto perenne, iteróparo, de larga vida y con crecimiento simpodial, de 1 a 2.5 m de alto que florece de julio a octubre (Sánchez *et al.*, 2007; Velázquez, 2005). La distribución general de esta especie abarca Estados Unidos (sur de Texas), México, Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica (Rastrelli *et al.*, 1998). En México, se establece a lo largo del litoral del Golfo, la vertiente del Pacífico, en la península de Yucatán, en las depresiones y valles interiores (Balsas, Tehuacán, depresión de Chiapas, istmo de Tehuantepec), en las zonas áridas tamaulipeca e hidalguense y en el Desierto Chihuahuense (Sánchez *et al.*, 2007). Esta especie ha sido utilizada por diferentes grupos humanos de manera tradicional (Rastrelli *et al.*, 1998; Pascual *et al.*, 2001; Pérez-Negrón y Casas, 2007 y Camou-Guerrero *et al.*, 2008) y en la actualidad tiene una amplia gama de usos como: condimento, materia prima para la producción de aceites esenciales, utilizados como aditivo en la industria

alimenticia, químico-farmacéutica y de perfumería. El timol (thymol) y el carvacrol (carvone) son los constituyentes más importantes de este aceite esencial. El aceite esencial que se extrae de las hojas se utiliza también para la elaboración de antibióticos y fungicidas (Carrera *et al.*, 2005 y Silva, 2005).

Se calcula que la producción anual de orégano en México es de 4000 toneladas. El comercio del orégano se realiza principalmente con Estados Unidos, al cual se exportan alrededor del 85% de la producción nacional, un 10% va al mercado doméstico y el 5% a países europeos y asiáticos. La producción de este RFNM, se concentra en los estados de Chihuahua, Durango; Coahuila, Jalisco y Querétaro (Silva, 2005). El grado de explotación de *L. graveolens* es muy variable en toda su distribución y no existen datos ciertos acerca de las tasas de su aprovechamiento.

En la región semidesértica de Querétaro, *L. graveolens* se encuentra principalmente en los municipios de Tolimán, Cadereyta y Peñamiller. Este último municipio es el productor más importante de orégano en el estado. En la recolección de esta planta participan alrededor de 1200 familias, lo que representa un tercio de la población total. El potencial de producción se estima en 350 toneladas anuales (Carrera *et al.*, 2005). Las cantidades de hojas cosechadas en esta región han aumentado gradualmente con el fin de satisfacer la creciente demanda de los mercados mexicano e internacional (SEMARNAT, 2002). Resultado de esto, es que la mayoría de las investigaciones que se han llevado a cabo con *L. graveolens* se han centrado, en aspectos que tienen que ver con la mejora de su producción y la obtención, calidad y aplicación de sus aceites esenciales (Domínguez, 2005; Hernández *et al.*, 2007 y Garrido *et al.*, 2007). Dejando de lado las implicaciones que su manejo constante podría tener en la permanencia de las poblaciones naturales y en algunos procesos de regeneración de la comunidad, debido a que se ha reconocido que en algunas comunidades esta planta es dominante y que actúa como una especie que facilita la germinación y establecimiento de otros individuos de la comunidad (Verdú y Valiente-Banuet, 2008).

Ante la creciente demanda de orégano en el mercado mundial, lo que representa una fuerte presión para algunas poblaciones de este RFNM a través de su rango de distribución, se plantea la presente investigación que evaluó los efectos directos e indirectos del uso del orégano una región del semidesierto queretano. Es importante mencionar tres aspectos que dan sustento al presente trabajo, 1) que debido a la organización de los recolectores de orégano en una asociación rural de Interés Colectivo (ARIC), fue posible tener datos procedentes de varios años, de los lugares donde se colecta y las cantidades extraídas, condición con la que pocas veces cuentan los estudios; 2) la información histórica de las cantidades extraídas por rodal permitió plantear un enfoque de experimento natural en un gradiente de manejo de este recurso, y 3) debido a la carencia de estudios que vayan más allá del nivel de población este estudio aborda las posibles implicaciones del manejo del orégano a nivel de la comunidad vegetal.

La presente tesis doctoral se desarrolló en cuatro capítulos, descritos a continuación:

Capítulo 1. Management and extraction of Lippia graveolens in the semi-desert of the State of Querétaro in Mexico.

En este capítulo se documentó el manejo tradicional que realizan los recolectores de las poblaciones silvestres de *L. graveolens* en el municipio de Peñamiller. Se presenta como estudio de caso la evaluación las cantidades de orégano extraídas por la gente local y la disponibilidad del recurso para el año 2007.

Este escrito se publicó en la revista *Economic Botany*. 63 (3): 314-318, en el año, 2009.

*Capítulo 2. Effects of harvesting intensity on population structure of *Lippia graveolens* (Verbenaceae, Lamiales) in the semidesert of Queretaro, Mexico.*

Se evaluó el efecto de diferentes intensidades de cosecha en cinco poblaciones de orégano silvestre mediante la medición de las características demográficas como: de la densidad, estructura de tamaño de plantas, la proporción de individuos reproductivos y la producción de inflorescencias. Además, se hizo una caracterización de las condiciones ambientales, en términos de las condiciones del suelo y las precipitaciones, lo anterior se llevó a cabo ya que estos factores pueden influir en la tolerancia de la población a su aprovechamiento.

Este escrito se publicó en la revista *African Journal of Agricultural Research*. 7 (1): 100-108, en el año, 2012.

*Capítulo 3. Diferencias en la asociación espacial de *Lippia graveolens* con cactáceas en un gradiente de intensidad de cosecha, en el semidesierto Queretano.*

En este capítulo se determinó la asociación de *L. graveolens* con diferentes cactáceas, usando el método de Análisis Espacial por Índices de Distancia, SADIE y se evaluó la diversidad de especies asociadas al orégano en sitios que presentan el mismo tipo de asociación vegetal pero diferente intensidad de manejo.

Este escrito fue enviado a la revista, *Revista Mexicana de Biodiversidad*.

Discusión general.

Finalmente esta sección pretende integrar los conocimientos generados durante la investigación para tener una aproximación más completa, que nos permita comprender mejor el efecto del manejo constante sobre las

poblaciones naturales del orégano y su implicación a nivel de la comunidad de plantas, mediante el estudio de la interacción de facilitación de esta planta con otros individuos que se benefician de su presencia. De esta forma se podrán proponer una serie de recomendaciones con el fin de evitar un efecto pernicioso del manejo en el sistema natural.

BIBLIOGRAFIA

- Arnold, J. E. M. y Pérez, M. R. 2001. Can non-timber forest products match tropical forest conservation and development objectives?. *Ecological Economics* 39: 437–447
- Bautista, V. E., Gómez, A. A., Martínez, C. M. y Sánchez, M. F. 2009. *Modelos predictivos para la producción de productos forestales no maderables: lechuguilla*. INIFAP. México. 53 pp.
- Belcher, B., Ruíz-Pérez, M. y Achdiawan, R. 2005. Global Patterns and Trends in the Use and Management of Commercial NTFPs: Implications for Livelihoods and Conservation. *World Development* 33 (9): 1435–1452
- Caballero, J. y Cortés, 200. Percepción, uso y manejo tradicional de los recursos vegetales en México. *Plantas, cultura y sociedad. Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI*. Universidad Autónoma Metropolitana. 315 p.
- Camacho, L. R. 2008. Productos Forestales No Maderables: Importancia e impacto de su aprovechamiento. *Revista Colombia Forestal*. 11: 215-231.
- Camou-Guerrero. A., Reyes-García, V., Martínez-Ramos, M., Casas, A. 2008. Knowledge and use value of plant species in a rarámuri community: a gender perspective for conservation. *Human Ecology*. 36, 259–272
- Carrera, A. A., Jaramillo, F. A. D., Camilo, T.J., Velázquez, O.R., 2005. Orégano: oro verde del semidesierto. La riqueza de los bosques mexicanos: más allá de la madera. Experiencias de comunidades rurales. SEMARNAT. 1° edic. 61 – 70 p.

- Casas, A., Otero-Arnaiz, A., Pérez-Negro, E. y Valiente-Banuet, A. 2007. In situ Management and Domestication of Plants in Mesoamerica. *Annals of Botany*. 1 -15.
- Chamberlain, L. J., Cunningham, B. A. Y Nasi, R. 2004. Diversity in Forest Management: Non-Timber Forest Products and Bush Meat. *Renewable Resources Journal*. 22 (2) 11 -19 p.
- CONAFOR. 2006. Plan Estratégico de Comercialización. <http://148.223.105.188:8081/planestrategico/planestrategico.asp?codigo=2340>
- De la Peña V, G. y Illsley, A, C. 2009. Productos forestales no maderables y legislación ambiental: Sobre-regulación y vacíos jurídicos. <http://www.raises.org/documentacion/documentos/gestion/ponenciapfm.pdf>
- Domínguez, M. M. 2005. Clasificación y evaluación del orégano *Lippia graeolens* HBK en base al rendimiento de aceites esenciales en la región norte de Jalisco. *Orégano. Aprovechamiento, cultivo e industrialización en México*. Universidad Autónoma de Chapingo. 238 pp.
- Endress, B. A., Gorchoy, L.D. y Noble, B. R. 2004. Non-timber forest product extraction: effects of harvest and browsing on an understory palm. *Ecological Applications*, 14 (4) 1139–1153 p
- Garrido, M., Escandón, P., Nieto, V. A. 2007. Composición química, actividad antibacteriana de aceites esenciales y morfología glandular de *Poliomintha longiflora*. *3ª Reunión Nacional sobre el Orégano*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 51 pp.

- Hernández, C. F. Hernández, G. M., Silva, V. R. 2007. Estudios y determinación de parámetros de calidad e el proceso de obtención de aceite esencial de orégano mexicano (*Lippia berlandieri Schauer*) en el estado de Chihuahua. *3ª Reunión Nacional sobre el Orégano*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 51 pp.
- Lira, R., Casas, A., Rosas-López, R., Paredes-Flores, M., Pérez-Negrón, E., Rangel-Landa, S., Solís, L., Torres, I. y Dávila, P. 2009. Traditional Knowledge and Useful Plant Richness in the Tehuacán–Cuicatlán Valley, Mexico. *Economic Botany*. 1–17 p.
- Neumann, R. P. y Hirsch, E. *Commercialisation of Non-Timber Forest Products: Review and analysis of research*. Center for International Forestry Research. Indonesia. 187 pp.
- Pascual, M. E., Slowing, K., Carretero, E., Sánchez Mata, D. y Villar, A. 2001. Lippia: traditional uses, chemistry and pharmacology: a review. *Journal of Ethnopharmacology* 76: 201–214
- Pérez-Negrón, E. y Casas, A., 2007. Use, extraction rates and spatial availability of plant resources in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico: The case of Santiago Quotepec, Oaxaca. *Journal of Arid Environments*. 70: 356–379.
- Peters, M. C. 1994. *Sustainable Harvest of Non-timber Plant Resources in Tropical Moist Forest: An Ecological Primer*. http://www.agro.unalmed.edu.co/cursos/material/3006013/PETERS1994_SustainableHarvestNTFP06-14-99.pdf
- Rastrelli, L., Caceres, A., Morales, C., de Simone, F., Aquino, R., 1998. Iridoids from *Lippia graveolens*. *Phytochemistry*. 49, 1829-1832

- Rodríguez, A. E., Pérez, J. J., Calderón, A. O., Garza, T. E., Ybarra, J. E., Tagle G. M., 2008. Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. *Ciencia UANL* 11, 56-62.
- Salick, J., Mejia, A. y Anderson, T. 1995. Non-Timber Forest Products integrated with natural forest management, Rio San Juan, Nicaragua. *Ecological Applications*. 5 (4) 878 -895 p.
- Sánchez, O., Medellín, R., Aldama, A., Goettsch, B., Soberón, J. y Tambutti, M. 2007. *Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de Especies Silvestres en México (MER)*. INE-SEMARNAT. México. 167 pp.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 6 de marzo de 2002, Primera sección, México, D. F.
- Silva, V. R. 2005. El orégano: una alternativa agroindustrial para las zonas áridas y semiáridas de México. *Orégano. Aprovechamiento, cultivo e industrialización en México*. Universidad Autónoma de Chapingo. 238 pp.
- Tapia-Tapia, E. y Reyes-Chilpa, R. 2008. Productos forestales no maderables en México: Aspectos económicos para el desarrollo sustentable. *Madera y Bosques*. 14 (3) 95-112 p.
- Ticktin, T. 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest Products. *Journal of Applied Ecology*. 41: 11–21.

- Tilman, D., Fargione, J., Wolf, B., D'Antonio, C., Dobson, A. Howart, R. 2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*. 292: 281 – 284
- Velazquéz, O. V. R., 2005. Caracterización de la biología reproductiva, el establecimiento y crecimiento de *Lippia graveolens* Kunth y la producción de sus aceites esenciales en poblaciones con y sin manejo. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro. 150 p.
- Verdú, M. y Valiente-Banuet, A. 2008. The nested assembly of plant facilitation networks prevents species extinctions. *American Naturalist*. 172
- Yanes, V. C., Orozco, A., Rojas, M., Sánchez M. y Cervantes, V. 1997. La reproducción de plantas: semillas y meristemos. *La ciencia para todos*. Primera edición. 164 p.
- Zamora-Martínez, J. M. Torres, R. y Zamora-Martínez, L. I. 2001. *Análisis de la información sobre productos forestales no madereros en México*. FAO. Santiago de Chile, Chile. 126 p

Notes on Economic Plants

Management and Extraction of *Lippia graveolens* in the Arid Lands of Querétaro, Mexico

TAMARA OSORNO-SÁNCHEZ¹, DAVID FLORES-JARAMILLO²,
LUIS HERNÁNDEZ-SANDOVAL³, AND ROBERTO LINDIG-CISNEROS^{4,*}

¹Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México

²Semidesierto de Peñamiller Asociación Rural de Interés Colectivo, Querétaro, México

³Facultad de Ciencias Naturales, Escuela de Biología, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

⁴Laboratorio de Ecología de Restauración, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán, México

*Corresponding author; e-mail: rlindig@oikos.unam.mx

Lippia graveolens, commonly known as Mexican oregano, is a perennial iteroparous shrub from the Verbenaceae family. It is found mainly in xerophytic scrub throughout semi-arid regions in Mexico (Velázquez 2005; Zamudio et al. 1992). The main activity of the people inhabiting this landscape is subsistence agriculture (Rico et al. 2006), supplemented by income from the gathering and marketing of native plants (INEGI 2005). *L. graveolens* is gathered in large quantities (Carrera et al. 2005), placing this resource in some regions, such as the Tarahumara mountain range, at risk (Camou-Guerrero et al. 2008). Silva (2005) points out that national production of oregano in Mexico in 2005 was 4,000 tons, obtained mainly from the wild populations in the states of Chihuahua, Durango, Coahuila, Guanajuato, and Querétaro. He also mentions that 50% of the harvest was gathered illegally and mainly was exported to the United States and the European Union.

In the State of Querétaro, *L. graveolens* is found mainly in the municipalities of Toliman, Cadereyta, and Peñamiller. The amounts gathered in this region have gradually increased in order to satisfy the growing demand of the Mexican and international markets (SEMARNAT 2002). According to the *Asociación Rural de Interés Colectivo* (ARIC), a rural collective association with headquarters in the municipality of Peñamiller, extraction reached 800

tons a year of dry oregano leaves in 2002 (ARIC pers. comm.). In order to achieve this figure, some populations were completely eliminated, thus threatening the viability of this aromatic plant in the region. In the same year, the Mexican government established a “Master Plan for the Integral Management of Oregano in the Semi-Desert of the State of Querétaro” (SEMARNAT 2002). One of the goals of this plan was to establish the boundaries of areas identified for protection and for regeneration, and in addition, to identify areas for the sustainable exploitation of this resource. Nevertheless, no assessment had been made to determine the status of this resource since the plan was put into practice.

Extraction of plant resources for subsistence usually does not threaten plant populations (Griffiths et al. 2003; Shackleton et al. 2007). Nevertheless, extraction for marketing purposes may lead to the local extinction of the species (Martínez-Ríos et al. 2003; Botha et al. 2004; Pérez-Negrón and Casas 2007). Therefore, it is very important to gain knowledge of oregano management practices, as these could have significant effects on its conservation and future use.

Methods

The municipality of Peñamiller is located in the northeastern region of the State of Querétaro,

México. It covers 797 square kilometers (km²), at heights ranging from 1,700 meters above sea level (masl) to 2,232 masl. It has a semi-dry and semi-warm BS1h climate, with an annual average temperature of 21.6°C and annual average rainfall of 404.7 millimeters (mm). Shrub covers 71.14% of the total surface area of the municipality (INEGI 2005). The total population in Peñamiller is 17,007 inhabitants (INEGI 2005). Of those, approximately 4,500 (26.5% of the population) are involved in the gathering and processing of oregano (ARIC pers. comm.). Oregano inhabits 15 of the 16 *ejidos* (the legally recognized form of ownership of community lands in Mexico) into which the municipality is divided.

The description of management practices was based on the experience of one of the authors of this work who has been a technician with ARIC (*Asociación Rural de Interés Colectivo*), a rural collective association since 2002. Headquartered in the municipality of Peñamiller, this association works in the semi-arid region of the State of Querétaro and has more than 1,200 registered oregano collectors as members. Information was obtained directly from oregano collectors at different forums (meetings for organization, information, training workshops, etc.) as well as from daily interaction in the field.

To calculate the availability of the resource in the field, the abundance of *L. graveolens* was determined in 6 of the 15 *ejidos* where it is found. Twenty-two plots measuring 20×50 meters (m) and five plots measuring 10×50 m were selected. These plots were located within the areas where most of the harvesting occurs, with no control of distance from population areas or elevation above sea level. Total sampled area was 2.45 hectares (ha). Within each plot, the following data were recorded: The total number of *L. graveolens* plants and the height of each individual. Plant height data were grouped into size categories to obtain an estimate of size structure of the population.

In order to determine biomass production, the selected plants, which were on average 67 centimeters (cm) tall, were cut down to a stem height of 25 cm. This height was determined following the Mexican official standard (NOM-005-RECNAT-1997) that states that only two-thirds of the plant can be harvested. Fresh weight for each plant was recorded, after which the plants were placed in paper bags to dry for four

days at 25°C and then weighed again to determine total biomass. Afterwards, the leaves and flowering structures were separated to be weighed to obtain the useful biomass. In order to obtain the amount of available oregano in the Peñamiller municipality, the oregano density (ind/ha) was calculated. These data were extrapolated for the area that is subject to exploitation in the municipality (SEMARNAT 2002). The number of individuals found in the area under management was multiplied by the average total biomass and by the useful biomass, respectively. Finally, the quantity of extracted *L. graveolens* was obtained with the support of ARIC, thus allowing us access to the records of the amounts (in kilograms) of oregano collected in 2007. The following information is recorded on the filing cards: The name of collector, *ejido*, the amount collected, and the collection site. This information is part of ARIC's records.

Results and Discussion

Oregano collection starts early. Families are in the fields at the break of dawn, since it may take from one to three hours to reach the place where the plants are gathered. Collection generally takes place before noon. People know when oregano has reached the best stage for collection, normally a few days after the end of the rainy season. It is important for the rainy season to be over, because oregano turns black if it gets wet after being collected.

The only tools needed for collection are a piece of cloth (called "*ayate*") and a curved machete (called "*huingaro*"). Only the branches of the plants are harvested if the Mexican official standard for this species is followed. At least one-third of the main stem and the branches below this height are left, although occasionally only the main stem remains since all branches are collected. The differences between the Mexican official standard and common practice are presented in Table 1. Currently, oregano is dried in a shade house (50% shade) to ensure the quality of the product, which is measured by the amount of oils (thymol and carvacrol) and by the final color of the leaves, although some collectors still dry the branches in the field or at home on clean surfaces in patios or on rooftops.

Once oregano has become dehydrated (in three or four days) it is thrashed to separate leaves, flowers, and fruit from larger branches. Thrashing is done by hitting branches with a wooden stick.

TABLE 1. COLLECTING *LIPPIA GRAVEOLENS*: USE OF THE MEXICAN OFFICIAL STANDARD (NOM-005-RECNAT-1997) VERSUS COMMON PRACTICE.

NOM-005-RECNAT-1997	Common Practice
Only mature plants can be exploited once they have reached maturity. Maturity is determined by size and vegetative characteristics.	Plants are used when they have flowered. This happens a few days after the first rains of the season.
At least 20% of the plants in a given area should be left without harvesting to promote reproduction of the species.	Some areas are protected, even with fencing, to avoid browsing by domestic animals; people spare two of every 10 plants, although in some areas all plants are harvested.
When branches are collected, only one-third of the plant can be harvested.	Through meetings with collectors, the need to follow NOM-005-RECNAT-1997 has been explained and many follow it, although in some areas only the main stem is left.

Once the oregano is thrashed, the leaves are placed in polyethylene sacks. These sacks also contain some flowers, mature and immature seeds, and some branch stems measuring from 1 cm to 20 cm. This product, which is ready to be sold, is called “*en greña*” because it is not completely chaff-free. Sacks can weigh from 9 to 14 kg.

Our field results indicate that the density of *L. graveolens* was 3,891 plants per hectare with a height distribution dominated by plants 41 to 60 cm tall (Fig. 1). According to the oregano management plan, the surface available for exploitation is 12,293 hectares. The total average biomass produced per hectare was 1,069 kg, and

the production of *ejidos* managing the oregano was 13,142 tons. Useful dry biomass was 421 kg/ha, and extrapolating for the area under management in Peñamiller, this figure equated to 421 tons. The amount of oregano collected in 2007 in the Peñamiller municipality was 49.9 tons. Ten of the fifteen *ejidos* participated: Agua Fría (18%), Camargo (17%), Encinos (8%), Enramadas (5%), Extoraz (6%), La Higuera (14%), Maguey Verde (2%), Peña Blanca (9%), El Portugués (16%), and San Lorenzo (5%). In 2007, only 872 collectors participated.

Given the large quantities of oregano that is being harvested and the apparent lack of adher-

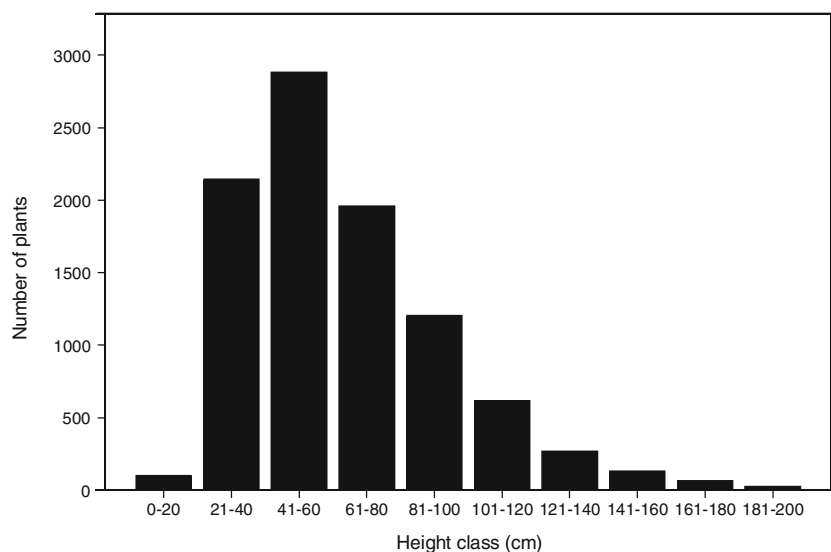


Fig. 1. Size categories of *Lippia graveolens* individuals in the area under management.

ence to the Mexican official standard by all collectors, we suggest that overharvest of the resource is occurring, in a few areas. However, in order to fully address this issue in the future, we will need to take other factors into account, including plant fitness over a multi-year follow-up.

Density of *L. graveolens* in the area under management in the State of Querétaro was 3,891 ind/ha. This number is similar to that reported for other managed systems neighboring the area in the State of Guanajuato (Velázquez 2005), as well as for other areas in the State of Coahuila (Berlanga et al. 2005). Nevertheless, all these managed populations show a lower density than that found for an unmanaged population in San Juan Raya, State of Puebla, that reports a density in the range of 6,000 plants per hectare (Velázquez 2005), suggesting that mortality and/or recruitment rates are altered by the extraction of oregano.

The average height of oregano plants in Peñamiller, as well as the greater percentage of individuals within the 41-to-60-cm height range can be considered to be features that are particular to this management system, since populations with these same characteristics have been found in various places where this aromatic plant is harvested (Berlanga et al. 2005; Contreras and Ovalle 2003; Velázquez 2005). Lack of individuals in the 0–20 cm size class might reflect that this species recruits only in favorable years. Consequently it would be important to follow the recommendations provided for in the Mexican official standard NOM-007-RECNAT-1997, which establishes how oregano plants must be cut and harvested, and to disseminate these recommendations at the different information and work forums that are conducted with *ejidatarios*. Furthermore, since *L. graveolens* is a nurse plant for many species, exerting an influence over the biodiversity of the system (Osorno-Sánchez 2005; Velázquez 2005), keeping tall plants is imperative to maintain ecosystem function.

Finally, a factor that might influence these results is the preference shown by collectors to gather oregano from the same sites, thus giving rise to areas registering high pruning frequency, a practice that can have an adverse effect on the environmental conditions of these locations. Since 2002, workshops with collectors have been carried out in order to implement the Mexican official standard, with the result that an increasing number of collectors have adopted the new practices.

Acknowledgements

We want to thank Adrian Yañez León, Odilon Cervantes Yañez, Lucio Gudiño Perez, and Eracleo Morales Sanchez for their support and Nicole Salgado for field assistance.

Literature Cited

- Berlanga, R. C. A., G. Villavicencio, B. Martínez, and P. Cano. 2005. Vegetación asociada al orégano *Lippia graveolens* (HBK) y sus características dasonómicas en algunas comunidades de Coahuila. In Orégano Aprovechamiento, cultivo e industrialización en México, Segunda Reunión Nacional sobre Orégano. 25 y 26 febrero. 2005. CIReNa. Salaces, Chihuahua, México.
- Botha, J., E. T. F. Witkowski, and M. C. Shackleton. 2004. The Impact of Commercial Harvesting on *Warburgia salutaris* ("Pepper-Bark Tree") in Mpumalanga, South Africa. *Biodiversity and Conservation* 13:1675–1698.
- Camou-Guerrero, A., V. Reyes-García, M. Martínez-Ramos, and A. Casas. 2008. Knowledge and Use Value of Plant Species in a Rarámuri Community: A Gender Perspective for Conservation. *Human Ecology* 36:259–272.
- Carrera, A. A., F. A. D. Jaramillo, T. J. Camilo, and O. R. Velázquez. 2005. Orégano: oro verde del semidesierto. La riqueza de los bosques mexicanos: más allá de la madera. Experiencias de comunidades rurales. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Contreras, B. E. and O. J. Ovalle. 2003. Manejo del agroecosistema orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.): Fenología y evaluación del corte al ras. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Agroecología, México.
- González Güereca, M. C., M. Soto Hernández, G. Kite, and M. Martínez Vázquez. 2007. Antioxidant Activity of Flavonoids from the Stem of the Mexican Oregano (*Lippia graveolens* HBK var. *berlandieri* Schauer). *Revista Fitotecnia Mexicana* 30:43–49.
- Griffiths, D. A., A. Philipsa, and C. Godjuwab. 2003. Harvest of *Bombax ceiba* for the Aboriginal Arts Industry, Central Arnhem Land, Australia. *Biological Conservation* 113:295–305.
- Hernández, T., M. Canales, J. G. Avila, A. Duran, J. Caballero, A. Romo de Vivar, and R. Lira. 2003. Ethnobotany and Antibacterial

- Activity of Some Plants Used in Traditional Medicine of Zapotitlán de las Salinas, Puebla (México). *Journal of Ethnopharmacology* 88:181–188.
- INEGI. 2005. Cuaderno estadístico municipal, Peñamiller, Querétaro de Arteaga. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- Martínez-Ríos, J. J., C. E. Pérez, C. C. Valencia, and V. J. Quiñones. 2003. Modelo de la distribución geográfico-espacial del orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.). En la reserva de la biósfera de Mapimí, Durango, México. Universidad Juárez del Estado de Durango, México.
- Osorno-Sánchez, T. G. 2005. Efectos de la herbivoría del ganado caprino en tres asociaciones vegetales del Valle de Tehuacán, Puebla. Masters Thesis, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Pérez-Negrón, E. and A. Casas. 2007. Use, Extraction Rates and Spatial Availability of Plant Resources in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico: The Case of Santiago Quio-tepec, Oaxaca. *Journal of Arid Environments* 70:356–379.
- Rastrelli, L., A. Caceres, C. Morales, F. de Simone, and R. Aquino. 1998. Iridoids from *Lippia graveolens*. *Phytochemistry* 49:1829–1832.
- Rico, M. M., F. E. L. Vidal, and S. E. Santiago. 2006. Otomíes del semidesierto queretano. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas CDI. México.
- SEMARNAT. 2002. Plan maestro para el manejo integral del orégano en el semidesierto queretano. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Shackleton, M. C., F. Parkin, I. M. Chauke, L. Downsborough, A. Olsen, G. Brill, and C. Weideman. 2007. Conservation, Commercialization and Confusion: Harvesting of *Ischyrolepis* in a Coastal Forest, South Africa. *Environment Development and Sustainability* 11:229–240.
- Silva, V. R. 2005. El orégano (*Lippia berlandieri*) una alternativa agroindustrial para las zonas áridas y semiáridas de México. In: Orégano Aprovechamiento, cultivo e industrialización en México, Segunda Reunión Nacional sobre Orégano. 25 y 26 febrero. 2005. CIRENa. Salaires, Chihuahua, México.
- Velázquez, O. R. 2005. Caracterización de la biología reproductiva, el establecimiento y crecimiento de *Lippia graveolens* Kunth y la producción de aceites esenciales en poblaciones con y sin manejo. Ph. D. Thesis, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, México.
- Zamudio, R. S., J. Rzedowski, E. Carranza and G. Calderón. 1992. La vegetación del estado de Querétaro. Panorama preliminar. Instituto de Ecología A. C., CONCYTEQ, México.

Full Length Research Paper

Effects of harvesting intensity on population structure of *Lippia graveolens* (Verbenaceae, Lamiales) in the Semidesert of Queretaro, Mexico

Tamara Osorno-Sánchez¹, Alfonso Torres Ruiz² and Roberto Lindig-Cisneros^{1*}

¹Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado Postal 27, Admón. 3, Santa María, C.P.58091, Morelia, Michoacán, México.

²Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales, Laboratorio de Ecología y diversidad Faunística; Querétaro, México.

Accepted 6 December, 2011

Whole Oregano (*Lippia graveolens*) is a wild shrub species that is harvested commercially as an important complement to the income of farmers in the semiarid areas of Mexico. However, the impact of this activity on populations of the species is unknown, particularly in the semi-desert of Queretaro State in Mexico. We quantified the consequences of different harvest rates on the growth and reproduction of five wild populations of *L. graveolens*, with the goal of improving current practices. We found that, as the harvesting rates of *L. graveolens* increase, there are changes in the density, size structure, proportion of reproductive individuals and production of inflorescences. For instance, in sites with the lowest harvesting intensity, the density was 2980 individuals/ha, the mean plant height was 100 ± 3.25 cm (mean \pm SE) and mean plant cover was 4312 ± 247 cm²; whereas in sites with the highest plant harvesting intensity the density was 1920 individuals/ha, mean plant height was 30 ± 1.93 cm and mean plant cover was 843 ± 73 cm². Such changes place certain managed wild oregano populations in a vulnerable situation, illustrating the need of close monitoring of species harvested from the wild as cash crops.

Key words: Extraction, spices, population dynamics, non-wood forest products.

INTRODUCTION

The collection of useful wild plants is a common practice among farmers in many parts of the world, because this activity addresses many basic needs (Shackleton and Shackleton, 2004; Pérez-Negrón and Casas, 2007; Godínez-Alvarez et al., 2008), as well as complementing their economy through trade in various products at the local, national and international markets (Botha et al., 2004). Of great importance in this regard are the non-timber forest products (NTFP), among which are a large number of wild plant species (Griffiths et al., 2003). However, little is known about the long term effects of harvesting these resources in terms of survival and

condition of the populations from which they are extracted (Lamont et al., 2001; Endress et al., 2004). In the case of plants used for their leaves, the effects are generally cumulative and it has been observed that the impact of harvesting can vary widely between species (Shahabuddin and Prasad, 2004; Endress et al., 2006). There are certain species that are tolerant and have the ability to increase or maintain levels of growth and reproduction after being subjected to harvest (Mendoza et al., 1987; Oyama and Mendoza, 1990; Shackleton et al., 2007), but others exhibit a dramatic negative effect (Olmsted and Alvarez-Bullya, 1995; Camacho, 2008).

Various factors influence the response of NTFP populations to collection: environmental conditions cause the tolerance of plants to vary, because rates of growth and demographic response can change significantly with

*Corresponding author: E-mail: rlindig@oikos.unam.mx.

the climate and soil gradients (Ticktin, 2004; Gaoué and Ticktin, 2007). Other factors are more related to the management practices applied to the system, such as differences in the type of plant parts collected, and the spatial patterns and intensity of harvesting (Endress et al., 2006). The intensity of harvest can have important consequences for the rates of survival, growth and reproduction of the individual plants involved, which can in turn affect population structure and dynamics (Ticktin, 2004). For example, there are studies that show that the harvesting intensity of palm leaves affects the reproduction of the plant, reducing the production of inflorescences, translocation of resources to reproductive structures, and/or the proportion of reproductive individuals (Endress et al., 2004).

To facilitate the sustainable management of NTFP, it is important to promote management systems which cause the least disturbance to the availability of resources. This can be achieved by utilizing harvesting systems that improve both rates of use and regeneration potential. Accomplishment of this goal urgently requires further studies documenting the effects of different harvest intensities on populations, so that optimal harvest rates can be adopted (Panfil and Gullison, 1988; Ticktin et al., 2002).

Lippia graveolens is a shrub native to the semiarid areas of Northern and Central Mexico, and is a NTFP resource used for human consumption (Contreras and Ovalle, 2003; Hernández et al., 2003; Camou-Guerrero et al., 2008). The plant, that can be cultivated but is mostly harvested from wild populations, has medicinal properties (González Güereca et al., 2007; Rastrelli, et al., 1998) and is used to season food. As a seasoning, the leaves with flowers appear under the name “whole oregano” in US food markets. This spice, however, differs from “oregano”, the leaf of *Origanum vulgare* (Leung and Foster, 1996). In addition, the essential oils thymol and carvacrol can be extracted from *L. graveolens* and are utilized by cosmetic and food industries (Carrera, et al., 2005; Lin et al., 2007). It is harvested mainly for markets in Mexico and partly exported to the United States, supplying half of the market in that country (Olivier, 1996). In the municipality of Peñamiller, Querétaro, whole oregano represents an important contribution to the local economy. The farmers usually harvest leaves from the wild oregano populations during the flowering period, which implies a serious risk to the reproduction and persistence of these populations (Mata-González and Meléndez-González, 2005). Each *ejido* of the Peñamiller municipality applies a different rate of use of *L. graveolens* (Osorno-Sánchez et al., 2009), thus providing a favorable natural scenario allowing evaluation of the effect of harvesting intensity on the populations. The objective of this study was therefore to evaluate the effect of different management intensities by measuring the demographic attributes of density, plant size structure, proportion of reproductive individuals and production of

inflorescences in five populations of wild oregano. In addition, an assessment of environmental conditions, in terms of soil conditions and rainfall, was carried out as these factors can influence the tolerance of populations to management.

MATERIALS AND METHODS

Study sites

The study was conducted between May 2007 and October 2008, in a semi-arid zone of the Queretaro state, on the central region of Mexico. The study was conducted at five sites, each belonging to different *ejidos* of the municipality of Peñamiller: Higueras, Peña Blanca, San Lorenzo, Maguey Verde and Tequesquite (Figure 1). Those sites were chosen according to the oregano harvesting intensity. In each *ejido*, the harvest rate was determined dividing the average amount harvested per *ejido* by the area of management determined for each *ejido*, following the parameters provided by the Master Plan for the Integrated Use of Oregano in the Queretano semi-desert (SEMARNAT, 2002). Taking into account the utilization rate at each site, a gradient of use for the system was obtained, for more detailed information on gradient of use determination see Osorno-Sánchez et al. (2009).

The *ejido* Higueras had the highest rates of oregano harvesting, at 2.55 kg/ha, followed by San Lorenzo, Maguey Verde, Peña Blanca and finally Tequesquite, which had an extraction rate of 0.22 kg/ha (Table 1). The calculated harvest rates from each *ejido* were considered, for each of the sites, as the explanatory variable for *L. graveolens* population parameters.

Data collection

Plant association type was determined at each sample site based on the description of the vegetation in the Estorax River basin in the state of Querétaro (Ruiz, 1984). Soil samples of approximately 1 kg per soil horizon were taken from each study site. The soil collected was stored in plastic bags, air dried at room temperature, homogenized, ground and sieved through a 2 mm mesh for subsequent analysis. The parameters measured were divided into soil physical (color, moisture content, dry bulk density, particle density, porosity, percentage of sand, silt and clay and soil texture) and chemical properties (pH in H₂O and KCl, percentage of C and N, C: N ratio, cation exchange capacity, exchangeable bases (Ca, Mg, Na and K) and organic matter content).

Parameters such as color, texture and soil structure, characteristics of biological activity, arrangement of the pores and the pedogenetic concentrations (mottles, cutans, nodules, etc.) as well as the analytical results (soil pH, particle size distribution, cation exchange capacity, exchangeable cations) were used to determine the group to which each soil belonged, based on the FAO classification (FAO, 2006). Moreover, rainfall meters (Spectrum, model 120) were placed to record the precipitation at each site. These sensors remained within the plots throughout the 2009 rainy season (July to October). We used the program SpecWare 7 Professional to download the data from the rainfall meters.

The demographic conditions of the 5 populations subject to different management intensities were determined for the years 2007 and 2008 by visiting the site every two months. At each site, 5 grids of 10 × 10 m were established, giving a total sampling area of 500 m². In each grid the height and coverage of each *L. graveolens* plant was recorded. Cover was calculated based on the measurement of two perpendicular diameters taken from the canopy of the shrubs according to the formula of an ellipse.

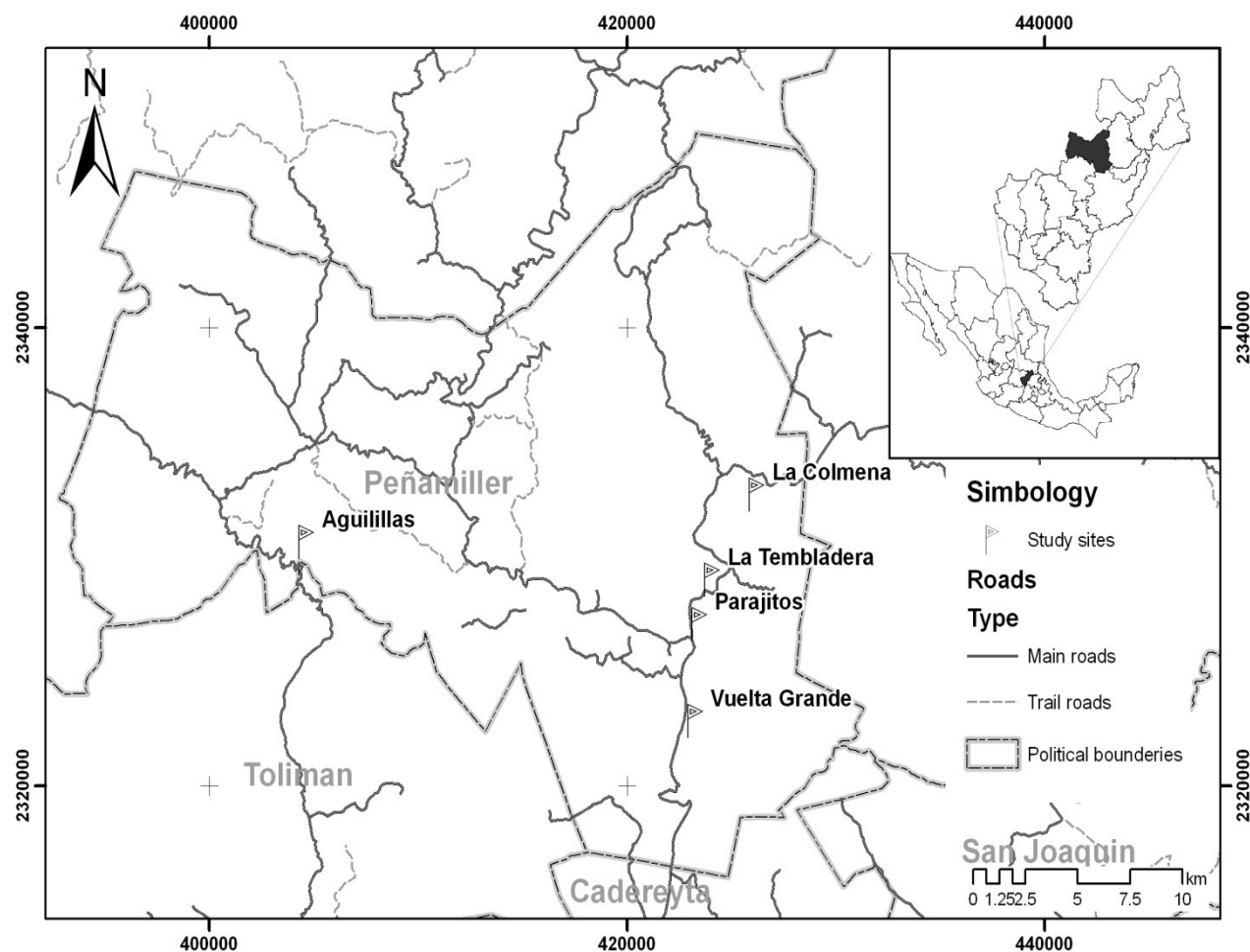


Figure 1. Study area with study sites in the semi-desert of the State of Querétaro, México.

Table 1. Harvest data, sorted by harvest rate as an indication of harvest intensity, geographical characteristics and *Lippia graveolens* populations' parameters for each study site for year 2007.

Study site (ejido)	Harvested area (ha)	Authorized harvest (Kg)	Harvest rate (Kg/ha)	Elevation (m.a.s.l.)	Slope aspect	Vegetation	<i>Lippia graveolens</i>		
							Mean height (cm)	Mean cover (cm ²)	Density (ind./ha)
Aguilillas (Tequesquite)	382	10573	0.22	1556	Southeast	Submontane Shrub	100	4312	2620
Colmena (Peña Blanca)	1594	71948	0.77	1940	Southeast	Submontane Shrub	58	1473	2980
Tembladera (Maguey verde)	1135	39000	0.82	1610	Southeast	Submontane Shrub	65	2241	2780
Pajaritos (San Lorenzo)	1535	9748	0.91	1332	South	Desert Shrub	51	2386	2180
Vuelta Grande (Higueras)	572	30487	2.55	1353	East	Desert Shrub	30	843	1920

Table 2. Soil parameters taken from each study site, data shown are mean values for all horizons sampled.

Site	Porosity (%)	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Cation exchange capacity (cmol/kg)	Calcium Cmol(+)/kg-1	Nitrogen (%)	Organic C (%)	Real density Mg*kg-1
Aguilillas	57.4	7.6	7.3	10.8	24.8	0.4	4.0	2.3
Colmena	61.4	7.7	7.3	13.1	24.6	0.2	3.7	2.5
Tembladera	51.5	7.8	7.2	11.9	25.9	0.2	3.3	2.3
Parajitos	61.9	7.8	7.1	9.2	24.5	0.2	2.7	2.7
Vuelta grande	59.8	7.6	7.3	17.7	23.1	0.3	3.7	2.7

The density of each population of *L. graveolens* was calculated as the number of plants per area sampled. Individuals from each population were classified into 10 size categories (in cm): 1) 0-20, 2) 21-40, 3) 41-60, 4) 61-80, 5) 81-100, 6) 101-120, 7) 121-140, 8) 141-160, 9) 161-180 and 10) 181-200. Size categories were defined based on the range of data obtained in the field (Velázquez, 2005).

For comparative purposes, one plot adjacent to each sampling population was fenced off to avoid grazing of goats and all harvesting activities suspended within that plot. Two years after harvest was suspended, *L. graveolens* plant height and coverage measurements were taken within the fenced plots for each of the sites, with the exception of the lowest harvest intensity site, since no harvesting activity was performed during the study period.

The proportion of reproductive individuals and the production of flowers were evaluated monthly in each site for both years and only for 2008, respectively. In order to determine the proportion of reproductive individuals, we counted the total number of oregano plants with and without flowers presents in a total surface of 500 m² per site, in the same plots used for the demographic analysis. To evaluate the flower production per site, 10 whole oregano plants were chosen at random, the total number of branches per individual were recorded and three of those branches with reproductive organs were taken from each individual of *L. graveolens* plant and the numbers of buds, flowers and fruits were recorded during the flowering period.

Statistical analyses

For soil data statistical analyses, the replicates per sample from each horizon were considered, and the results correspond to the mean of the replicates. Statistical analysis of this data was carried out using a Multivariate Analysis of Variance (Zar, 1988) in the program JMP 7.0. (SAS, 2007). Differences on rain precipitation per site were analyzed with ANOVA (Zar, 1998). Relationships between plant height, cover and density, with harvest rates, were analyzed with linear models, using the program SPSS 10.0 (Zar, 1988). For categorical data (population structure) chi-squared tests (Zar, 1998), were performed to assess if harvesting created even population structures, which is with the same number of individuals in each size class. A two-way ANOVA test was performed to determine the difference between control and experimental sites and the respective interactions. The flowering intensity between sites was analyzed using two-way ANOVA. Data were tested for conformity with the assumptions of each type of analysis performed. As a consequence of these tests we found necessary to log transform plant height and coverage data to improve normality.

RESULTS

The soils of the 5 study sites are Rendzic (calcareous) of

the Phaeozem group (Table 2). Only 5 variables (Density; Organic material, Porosity, pH KCl and pH H₂O) met the assumptions of MANOVA and were taken for the analysis. There were significant differences between sites in their properties (df = 4, F = 491.742, P > 0.0001). However, the post hoc analysis shows that there was no difference in soil density (Mg*Kg⁻¹). A mollic horizon was present in all the soil profiles, with a cation exchange capacity between 9.2 and 17.7 cmol/kg. There was a significant amount of active calcium and a base saturation greater than 100%. All the soils had little litter, but there were indications of biological activity resulting in mineralization, and even humification of the organic residues.

In 2009, which was a drought year, the average precipitation recorded at all five sites was 69.4 mm and the greatest quantity of rain was recorded in October (54.5 mm). ANOVA analysis indicates a significant difference in accumulated precipitation among the study sites (df = 4, F = 3.241, P = 0.012), with Tembladera (83.5 mm) and Colmena (88.8 mm) receiving the most precipitation. While lower rainfall occurred at site Aguilillas (33.4 mm)

The five study sites belong to the scrub vegetation type; the plant associations found were basically microphyllous desert scrub in the case of Parajitos and Vuelta grande, and submontane scrub in the case of Tembladera, Colmena and Aguilillas (Table 1).

Density of *L. graveolens* ranged from 1920 ± 449 individuals/ha (mean ± SE) in Vuelta Grande, to 2980 ± 348 individuals/ha in Colmena and, along with the mean height and mean cover, density decreased as the harvest rate increased (Figure 2). No significant differences were found between the densities of the five populations and the harvest rate (F_(1, 3) = 4.27, P = 0.13). However, there were significant differences in plant height (F_(1, 3) = 26.03, P = 0.01) and cover (F_(1, 3) = 11.46, P = 0.04). Furthermore, the distribution of height classes differed between sites (Figure 3). Heights of plants found in Vuelta Grande and in Aguilillas were significantly different (Table 1). It was found that 4 of the sites have a plant height range that is within 21 to 80 cm. Only in Aguilillas, the site that had the lowest intensity of use, the plants were found with an average height of 100 cm.

Population structure analyses showed that there were only significant differences in the populations of Vuelta

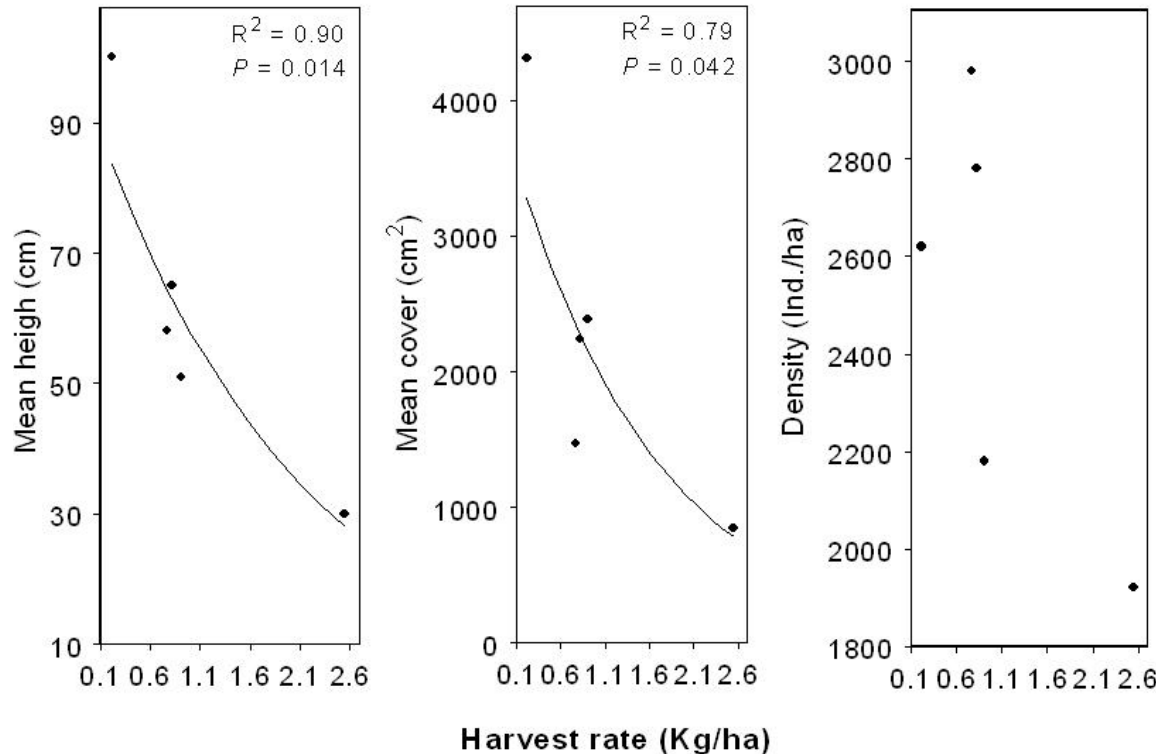


Figure 2. Relationship between harvest rate and *Lippia graveolens* plant mean height, mean cover and density. Data were log-transformed to meet the assumptions of normality.

Grande ($\chi^2 = 158$, $df = 36$, $P > 0.05$) and Aguillillas ($\chi^2 = 163$, $df = 36$, $P > 0.05$). The largest proportion (79%) of individuals in all populations was found in the intermediate size category (> 21 cm and <80 cm). Proportions of individuals of small (0 to 20 cm) and large (> 81 <200 cm) size were 10 and 11%, respectively (Figure 3).

The flowering period of *L. graveolens* was from July to October. The percentage of reproductive individuals in 2007 was 58%, while in 2008 it was 79% (Figure 4). In terms of flowering intensity, in 2008 significant differences were found in flower production among the sites ($df = 19$, $F = 7,570$, $P < 0.0001$). Differences were also observed in flower production depending on the month ($df = 19$, $F = 7,570$, $P < 0.0001$) and an interaction effect was observed between month and site ($df = 19$, $F = 7,570$, $P < 0.019$). The sites that presented the greatest difference, in terms of flower production in 2008, were Parajitos and Colmena (Figure 4).

The exclusion experiment shows a significant difference in the height of populations with and without management in the whole model using a two-way ANOVA ($df = 7$, $F = 22.212$, $P < 0.0000$); the average height in the sites without harvesting (exclusion treatment) was 69.9 ± 1.5 cm (mean \pm SE), while in the site with harvesting it was 56.6 ± 1.1 (Figure 5). Plant cover was also significantly different between excluded and harvested

sites ($t = 0.023$, $df = 366$, $P < 0.001$); the average coverage for control sites was 2916 ± 115 cm³ and for harvested sites the value was 2582 ± 91.2 cm³. Figure 5 shows the comparison by size category of plots with and without management at the four sites sampled.

DISCUSSION

The results of this study show that the management of oregano has an impact on the wild populations studied. Although normally the soil characteristic is an important environmental factor in the plant community and population characteristics, we could assume that impacts on the wild oregano population studied are principally due to management intensity. The measurement of different demographic attributes allowed the determination of the status of each of the populations under different management intensities. With respect to the density of oregano, the estimate was 3891 individuals/ha (Osorno-Sánchez et al., 2009) in the municipality of Peñamiller. There was variation between study sites, with values ranging from 1920 ind/ha in Vuelta Grande up to 2980 ind/ha in Colmena but this was not statistically significant. While these minor differences may be explained by the different environmental factors at each site, it is important to consider that the site with the highest harvest rate

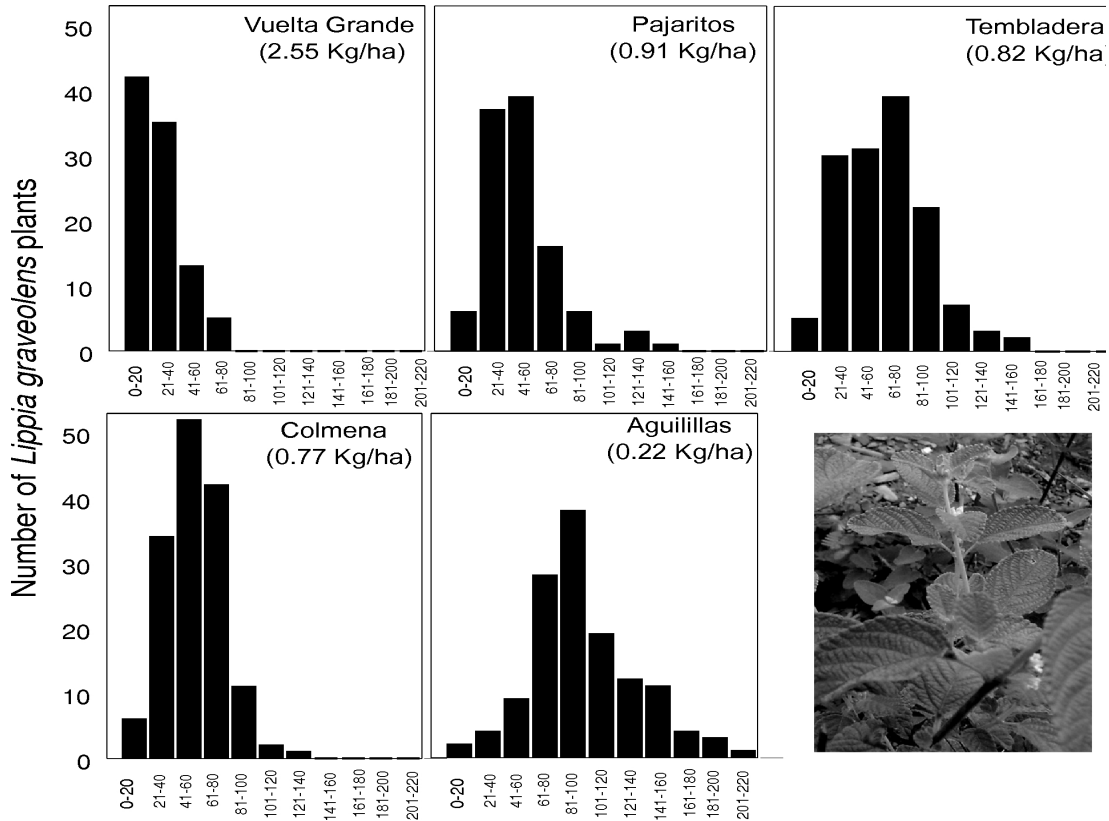


Figure 3. Height distribution of *Lippia graveolens* plants in five locations of the semi-desert of the State of Querétaro, México.

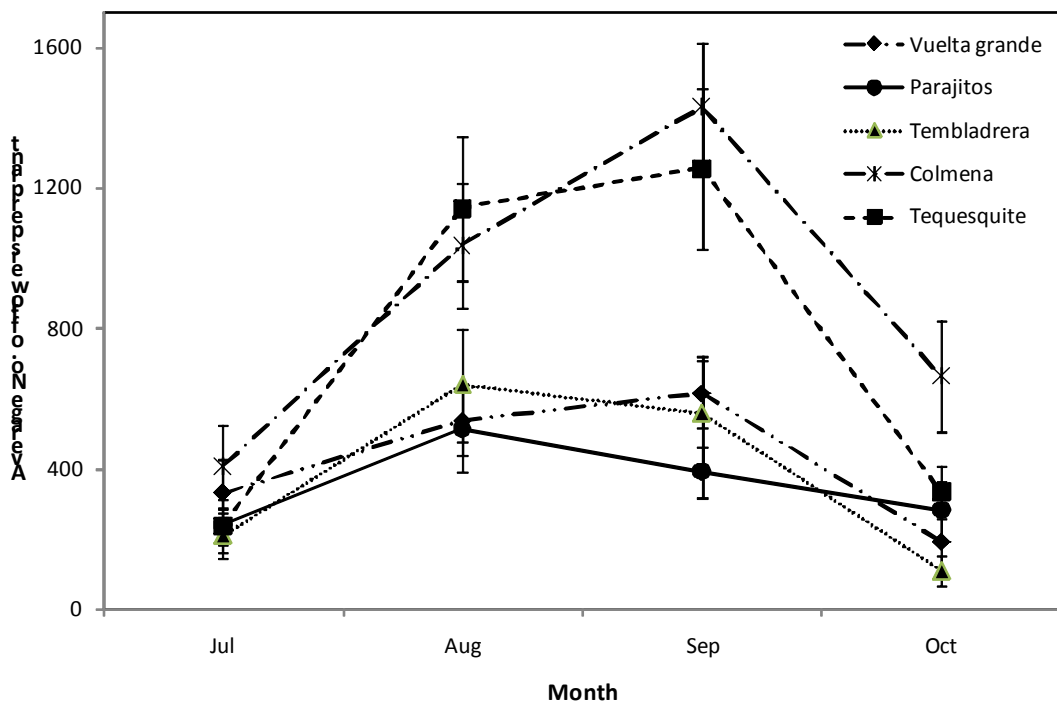


Figure 4. Mean flower production in 2008 of *Lippia graveolens*, following different harvest rates in five locations, estimated as the total number of flowers produced by each individual every month during the reproductive period. Bars represent standard errors.

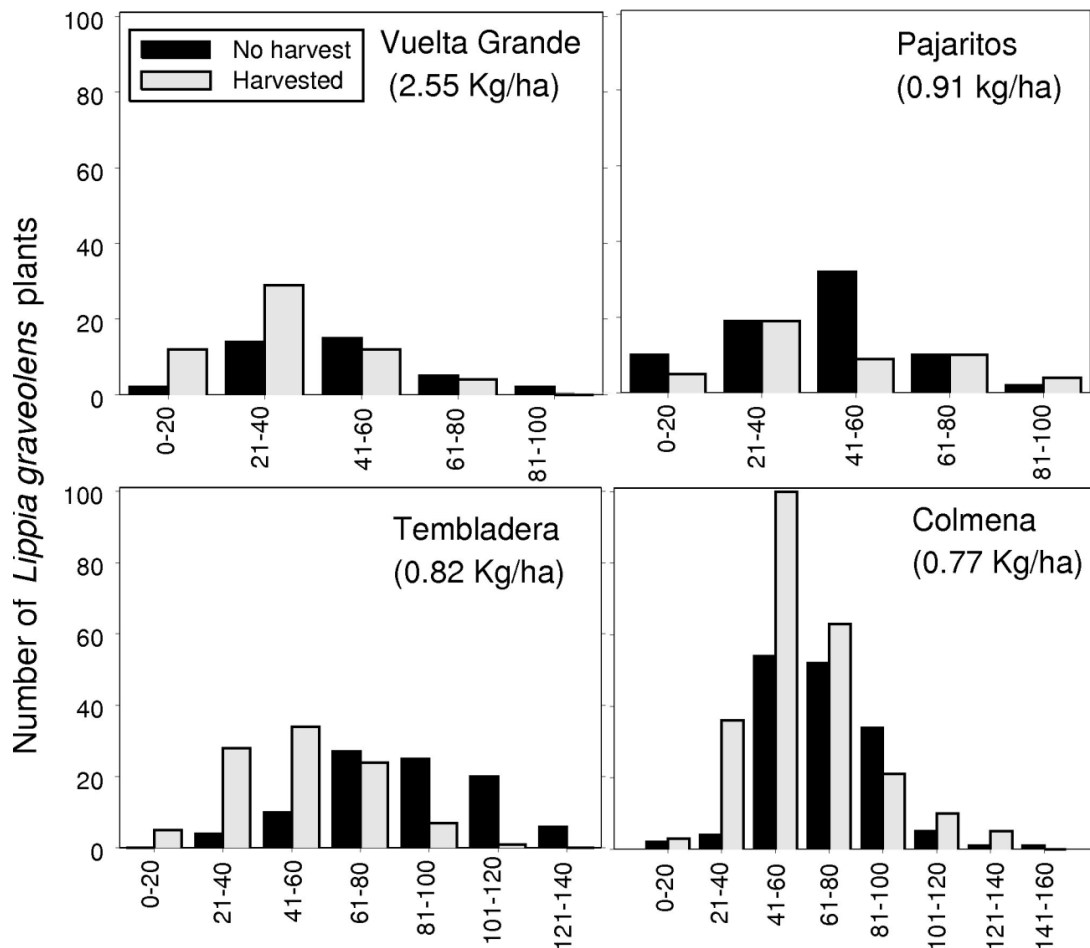


Figure 5. Height distribution of *Lippia graveolens* plants in harvested and non-harvested plots (2008), in four locations of the semi-desert of the State of Querétaro, México.

(Higueras, 2.55 Kg/ha) had the lowest density. This should be taken into consideration in the oregano management plan as it has been suggested that a reduction in population size can lead to loss of alleles and reduced genetic variation (Jennings et al. 2001).

The population of Aguilillas, which exhibited a low harvest rate (0.22 Kg/ha), is considered to be well conserved because it was the only population to present plants of all size categories, with 65% of individuals measuring between 61 and 120 cm and some individuals reaching more than two meters in height, a size which this species naturally reaches in unmanaged populations (Velazquéz, 2005). Furthermore, this site showed high percentages of reproductive individuals, 46% in the first year and 95% in the second year with a high flowering intensity. Another fact that supports this consideration is the seedling count conducted in 2008, when the highest number of seedlings was found on this site, which suggests the occurrence of recruitment of new individuals (unpublished data). It is interesting to note that these seedlings were always found in areas covered by canopy

and associated with other leguminous shrubs suggesting that this species requires special micro-environmental conditions for its establishment, a common phenomenon in arid areas (Valiente-Banuet and Ezcurra, 1991).

Parajitos (0.91 Kg/ha), Tembladera (0.82 Kg/ha) and Colmena (0.77 Kg/ha), with intermediate harvest rates, showed no significant change in size structure of their plants. 65% of the plants were found within a height range of 41-100 cm. This is a typical feature of populations subject to annual cutting, because every year the plant has to initiate growth from the same height (Velazquéz, 2005). However, it is noteworthy that in these populations there was a reduction in the frequency of larger categories and a decrease in the number of size classes. These features must be considered in the management and use of oregano as it has been suggested that populations lacking small and large individuals may be subject to partial decrease (Rao et al., 1990).

In the case of the Vuelta grande population (2.55 Kg/ha), the large number of individuals who fell into the

size category of 0 to 20 cm reflects a drastic change in the size of the plants which is probably due to frequent pruning, however, livestock may also contribute to this effect because, both here and in Parajitos, goats were observed browsing on the plants. Previous studies reported that strong impact of these ruminants can impact the physiology of the plants, due to the damage they cause to the terminal buds causing a reduction in size of the internodes. This damage changes the architecture of the individual plant (Cuartas and García-González, 1992).

This site also had the lowest percentage of reproductive shrubs, while a decrease in the production of inflorescences was also found. It has been suggested that a low proportion of reproductive individuals can reduce the quality and quantity of pollen and seed dispersal (Elzinga et al., 2001; Godínez-Alvarez et al. 2008). This, in turn, is likely to reduce genetic variability and increase risks to the progeny as a result of inbreeding (Fuchs et al., 2002). We believe that the characteristics of the population described above indicate a limitation in regeneration and lack of seedling and recruitment. This limitation places the population concerned in a vulnerable situation. The exclusion experiment indicates that *L. graveolens* plants can recover if harvesting and consumption from large herbivores can be prevented.

Despite the fact that *L. graveolens* is not considered an endangered species (NOM-059-SEMARNAT-2001), and that in the case of the Queretaran semi-desert a master plan exists for the integrated management of oregano, monitoring of these five populations has shown that oregano populations are conserved *in situ* within the Peñamiller municipality. These are populations under both moderate and intensive use, which makes these populations vulnerable, threatening their existence and affecting their utility to the local inhabitants.

Monitoring is an essential part of management because it can redefine or strengthen objectives. In this sense, it is recommended to emphasize the proposal raised by the "Master Plan for the Integrated Management of Oregano in the Semi-desert of Queretaro" recommending harvesting by rotation, because it was observed that, over a 2 year fallow period, there was a significant recovery of the stature of the plants.

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to thank Dr. Norma Eugenia García Calderón for helping with the soil analyses, Dr. Héctor Godínez Alvarez, for her valuable help with statistical analyses and Dr. Eusebio Jr. Ventura Ramos and César Augusto Granada Isaza for helping with the rain data collection, Aslam Narvaez Parra for field assistance and Hugo Luna for the map. This paper constitutes a partial fulfillment of the Graduate Program in Biological Sciences (Posgrado en Ciencias Biológicas) of the National Autonomous University of Mexico (UNAM) for the first author.

REFERENCES

- Arnold MEJ, Pérez RM (2001). Can non-timber forest products match tropical forest conservation and development objectives? *Ecol. Econ.*, 39: 437-447.
- Botha J, Witkowski ETF, Shackleton SM (2004). The impact of commercial harvesting on *Warburgia salutaris* ('pepper-bark tree') in Mpumalanga, South Africa. *Biod. Conserv.*, 13: 1675-1698.
- Camacho LR (2008). Productos Forestales No Maderables: Importancia e impacto de su aprovechamiento. *Rev. Colombia Forestal*, 11: 215-231.
- Camou-Guerrero A, Reyes-García V, Martínez-Ramos M, Casas A (2008). Knowledge and use value of plant species in a rarámuri community: a gender perspective for conservation. *Hum. Ecol.*, 36: 259-272
- Canizales-Velázquez PA, Alanís-Rodríguez E, Aranda-Ramos R, Mata-Balderas JM, Jiménez-Pérez J, Alanís-Flores G, Uvalle-Sauceda JI, Ruiz-Bautista MG (2009). Caracterización estructural del matorral submontano de la sierra madre oriental, Nuevo León, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 15: 115-120.
- Carrera AA, Jaramillo FAD, Camilo TJ, Velázquez OR (2005). Orégano: oro verde del semidesierto. La riqueza de los bosques mexicanos: más allá de la madera. Experiencias de comunidades rurales. SEMARNAT. 1° edic, pp. 61-70.
- Contreras BE, Ovalle OJ (2003). Manejo del agroecosistema orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.): fenología y evaluación del corte al ras. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – U.L. Departamento de Agroecología, pp. 136-140.
- Cuartas P, García-González R (1992). *Quercus ilex* browse utilization by Caprini in Sierra de Cazorla and Segura (Spain). *Plant Ecol.*, 99: 317-330.
- Del-Val E, Crawley MJ (2005). Are grazing increaser species better tolerators than decreaseers? An experimental assessment of defoliation tolerance in eight British grassland species. *J. Ecol.*, 93: 1005-1016.
- Elzinga CL, Salzer DW, Willoughby JW, Gibbs JP (2001). Monitoring plant and animal populations. Blackwell. Science, London, 360 pp.
- Endress BA, Gorchov LD, Berry JE (2006). Sustainability of a non-timber forest product: Effects of alternative leaf harvest practices over 6 years on yield and demography of the palm *Chamaedorea radicalis*. *For. Ecol. Manag.*, 234: 181-191.
- Endress BA, Gorchov LD, Noble BR (2004). Non-Timber forest product extraction: effects of harvest and browsing on an understory palm. *Ecol. Appl.*, 14: 1139-1153.
- FAO (2006). World reference base for soil resources 2006 A framework for international classification, correlation and communication. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 127 pp.
- Fuchs E, Lobo AJ, Quesada M (2002). Effects of Forest Fragmentation and Flowering Phenology on the Reproductive Success and Mating Patterns of the Tropical Dry Forest Tree *Pachira quinata*. *Conserv. Biol.*, 17: 149-157.
- Gaoué GO, Ticktin T (2007). Patterns of harvesting foliage and bark from the multipurpose tree *Khaya senegalensis* in Benin: Variation across ecological regions and its impacts on population structure. *Biol. Conserv.*, 137: 424-436.
- Godínez-Alvarez H, Jiménez J., Mendoza M, Pérez F, Roldán P, Ríos-Casanova L, Lira R (2008). Densidad, estructura poblacional, reproducción y supervivencia de plantas útiles en el valle de Tehuacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79: 393-403.
- González Güereca MC, Soto Hernández M, Kite G, Martínez Vázquez M (2007). Antioxidant activity of flavonoids from the stem of the Mexican oregano (*Lippia graveolens* HBK var. *berlandieri* Schauer). *Rev. Fitotecnia Mex.*, 30: 43-49.
- Griffiths DA, Phillips A, Godjuwa B (2003). Harvest of Bombax ceiba for the Aboriginal arts industry, central Arnhem Land, Australia. *Biol. Conserv.*, 113: 295-305.
- Hernández T, Canales M, Avila JG, Duran A, Caballero J, Romo de Vivar A, Lira R (2003). Ethnobotany and antibacterial activity of some plants used in traditional medicine of Zapotitlán de las Salinas, Puebla (México). *J. Ethnopharmacol.*, 88: 181-188.
- INEGI (2005). Cuaderno estadístico municipal Peñamiller Querétaro

- Arteaga. 1ª Edición, 188 pp.
- Jennings SB, Brown ND, Boshier DH, Whitmore TC, Lopes CA (2001). Ecology provides a pragmatic solution to the maintenance of genetic diversity in sustainably managed tropical rain forest. *For. Ecol. Manag.*, 154: 1-10.
- Lamont BB, Marsula R, Enright NJ, Witkowski ETF (2001). Conservation requirements of an exploited wildflower: modelling the effects of plant age, growing conditions and harvesting intensity. *Biol. Conserv.*, 99: 157-168.
- Leung AY, Foster S (1996). Oregano. In: Leung, A.Y., Foster, S. (Eds.), *Encyclopedia of Common Natural Ingredients Used in Food, Drugs and Cosmetics*, second ed. Wiley, New York, pp. 398-400.
- Lin LZ, Mukhopadhyay S, Robbins RJ, Harnly JM (2007). Identification and quantification of flavonoids of Mexican oregano (*Lippia graveolens*) by LC-DAD-ESI/MS analysis. *J. Food Compos. Anal.*, 20: 361-369.
- Martínez-Ríos JJ, Castellanos-Pérez E, Valencia-Castro CM, Quiñones-Vera JJ (2005). Modelo de la distribución geográfico-espacial del Orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.) en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, Durango, México. *Suelos Ecuatoriales*.
- Mata-González R, Meléndez-González R (2005). Growth characteristics of Mexican oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) under salt stress. *Southwest. Nat.*, 50: 1-6.
- Mendoza A, Piñero D, Sarukhán J (1987). Efectos of experimental defoliation on growth, reproduction and survival of *Astrocaryum mexicanum*. *J. Ecol.*, 75: 545-554.
- NOM-059-SEMARNAT (2001). Evaluación del riesgo de extinción de *Lippia graveolens*. <http://www2.ine.gov.mx/publicaciones/libros/534/cap8.pdf>.
- Ohlagaray CE, Sánchez SR, Vega SF (2007). Establecimiento y manejo de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) para la producción de hoja, mediante la aplicación de densidades de plantación, con riego de auxilio de la presa. En el ej. El cable, Durango, México. In: 3ª Reunión Nacional sobre Orégano. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 25: 28.
- Olmsted I, Alvarez-Bullya E (1995). Sustainable harvesting of tropical trees: demography and matrix models of two palm species in Mexico. *Ecol. Appl.*, 5: 484-500.
- Osorno-Sánchez T, Flores-Jaramillo F, Hernández-Sandoval L, Lindig-Cisneros R (2009). "Management and Extraction of *Lippia graveolens* in the Arid Lands of Querétaro, Mexico". *Econ. Bot.*, 63: 314-318.
- Osorno-Sánchez TG (2005). Efectos de la herbivoría del ganado caprino en tres asociaciones vegetales del Valle del Tehuacán, Puebla. Tesis de Maestría, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, 57 p.
- Oyama K, Mendoza A (1990). Effects of defoliation on growth, reproduction, and survival of a neotropical dioecious palm, *Chamaedorea tepejilote*. *Biotropica*, 22: 119-123.
- Panfil SN, Gullison RE (1988). Short term impacts of experimental timber harvest intensity on forest structure and composition in the Chimanes Forest, Bolivia. *For. Ecol. Manag.*, 102: 235-243.
- Pérez-Negrón E, Casas A (2007). Use, extraction rates and spatial availability of plant resources in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico: The case of Santiago Quiotepec, Oaxaca. *J. Arid Environ.*, 70: 356-379.
- Rao P, Barik SK, Pandey HN, Tripathi RS (1990). Community composition and tree population structure in a sub-tropical broad-leaved forest along a disturbance gradient. *Vegetatio*, 88: 151-162.
- Rastrelli L, Cáceres A, Morales C, de Simone F, Aquino R (1998). Iridoids from *Lippia graveolens*. *Phytochemistry*, 49: 1829-1832.
- Rodríguez AE, Pérez JJ, Calderón AO, Garza TE, Ybarra GE, Tagle GM (2008). Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. *Ciencia UANL*, 11: 56-62.
- Ruiz ZS (1984). *La vegetación de la Cuenca del río extor n el estado de Querétaro y sus relaciones fitogeográficas*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, 275 pp.
- SAS Institute (2007). JMP 7.0.1. Statistical discovery software. SAS Campus Drive Cary, NC 27513, USA.
- SEMARNAT (2002). Plan maestro para el manejo integral del orégano en el semidesierto queretano.
- Shackleton C, Shackleton S (2004). The importance of non-timber forest products in rural livelihood security and as safety nets: a review of evidence from South Africa. *South Afr. J. Sci.*, 100: 658-664.
- Shackleton CM, Parkin F, Chauke MI, Downsborough L, Olsen A, Brill G, Weideman G (2007). Conservation, commercialisation and confusion: harvesting of *Ischyrolepis* in a coastal forest, South Africa. *Environ. Dev. Sustain.*, 11: 229-240.
- Shahabuddin G, Prasad S (2004). Assessing Ecological Sustainability of Non-timber Forest Produce Extraction: The Indian Scenario. *Conserv. Soc.*, 2(2): 235-250.
- Ticktin T (2004) The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *J. Appl. Ecol.*, 41: 11-21.
- Ticktin T, Nantel P, Ramirez F, Johns T (2002). Effects of Variation on Harvest Limits for Nontimber Forest Species in Mexico. *Conserv. Biol.*, 16: 691-705.
- Valiente-Banuet A, Ezcurra E (1991). Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan Valley, Mexico. *J. Ecol.*, 79: 661-671.
- Velazquez OVR (2005). Caracterización de la biología reproductiva, el establecimiento y crecimiento de *Lippia graveolens* Kunth y la producción de sus aceites esenciales en poblaciones con y sin manejo. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro, 150 pp.
- Zar JH (1998). *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 718 pp.

DIFERENCIAS EN LA ASOCIACION ESPACIAL DE *Lippia graveolens* CON CACTACEAS EN UN GRADIENTE DE INTENSIDAD DE SU COSECHA, EN EL SEMIDESIERTO QUERETANO

Tamara Osorno-Sánchez¹, Humberto Suzán Azpiri², Oscar Ricardo García Rubio² y Roberto Lindig Cisneros^{1,3}.

1. Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado Postal 27, Admón. 3, Santa María, C.P.58091, Morelia, Michoacán, México.

2. Escuela de Biología, Universidad Autónoma de Querétaro, Avenida de las Ciencias s/n, 76230 Querétaro, Querétaro, México.

3. Author for correspondence: rlindig@oikos.unam.mx

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los estudios sobre los Recursos Forestales no Maderables (RFNM) se han centrado en el nivel de población (Ticktin *et al.*, 2002; Obiri *et al.*, 2002; Shahabuddin y Prasad, 2004 y Godínez-Álvarez *et al.*, 2008). No obstante se ha señalado que la persistencia de la población a largo plazo no implica en absoluto que la cosecha no tiene efectos sobre otros miembros de la comunidad (Ticktin, 2004). Los pocos estudios que han investigado el efecto de la cosecha de RFNM en las comunidades o ecosistemas indican que los impactos ecológicos en estos niveles pueden ser significativos (Galetti y Aleixo, 1998 y Ganeshiah *et al.*, 1998).

En los ambientes áridos, las interacciones positivas, especialmente la facilitación, juega un papel importante en el mantenimiento de la diversidad de la comunidad (Suzán *et al.*, 1996; Callaway y Pugnaire 1999; Pugnaire y Valladares, 1999 y Michalet *et al.*, 2006; Verdú y Valiente-Banuet, 2008), al permitir el reclutamiento de distintas especies, ya que las plantas nodrizas proveen sombra, y protegen a las plántulas de la radiación solar, temperaturas extremas y pérdida de agua, así como del ataque de los herbívoros. Con ello proporcionan microambientes de suelos húmedos, oxigenados y con

nutrimentos. Algunas veces de forma indirecta se fija nitrógeno con lo que se aumenta la sobrevivencia y productividad (Godínez-Álvarez y Valiente-Banuet, 1998; Pugnaire y Valladares, 1999). En la actualidad se reconoce que en algunas comunidades de plantas, más del 90% de las especies con éxito solo se establecen debajo de la copas de arbustos y árboles que actúan como plantas nodrizas (Valiente-Banuet *et al.*, 1991 y Verdú y Valiente-Banuet, 2008). También se ha señalado que la estructura de ciertas comunidades está determinada en gran medida por las relaciones de facilitación, como el nodricismo (Pugnaire *et al.*, 1996). No obstante la reducción del dosel de árboles o arbustos que actúan como nodrizas puede provocar condiciones ambientales más estresantes para el establecimiento y sobrevivencia de las plántulas e impedir la regeneración natural de especies asociadas (Connell, 1978 y Marañón *et al.*, 2008).

En diferentes localidades de México, se ha señalado que *Lippia graveolens* facilita el establecimiento de distintas de cactáceas bajo su dosel como: *Coryphantha* sp., *Stenocereus* sp., *Neobuxbaumia mezcalaensis*, *Mammillaria* sp., *Ferocactus* sp., *Agave* sp. y *Myrtillocactus geometizans*, (Osorno-Sánchez 2005; Velásquez, 2005 y Verdú y Valiente-Banuet, 2008). El manejo de las poblaciones silvestres de *L. graveolens* como RFNM es una práctica importante a nivel nacional y en específico en el Semidesierto Queretano, ya que en esta zona la cosecha del orégano y algunas otras plantas medicinales, representan la única actividad que les ofrece una oportunidad de obtener ingresos económicos. De hecho, en el municipio de Peñamiller que es el principal productor de orégano del estado de Querétaro, participan en la recolección unas 1200 familias, representando un tercio de la población total (Angulo *et al.*, 2005). Cada ejido de este municipio, aplica una tasa diferente de aprovechamiento de *L. graveolens* esto propicia un escenario natural favorable para evaluar un gradiente de la intensidad de cosecha sobre las poblaciones naturales (Osorno-Sánchez, *et al.*, 2009). La cosecha de las hojas del orégano puede afectar de forma indirecta la regeneración de las especies que se le asocian. No obstante, hasta el momento no se ha hecho ninguna evaluación de las especies que se asocian a *Lippia graveolens* en esta

zona y de cómo el manejo puede afectar esta interacción. El objetivo de este trabajo fue determinar la asociación de *L. graveolens* con diferentes cactáceas, usando el método de Análisis Espacial por Índices de Distancia, SADIE. Así como evaluar la diversidad de especies asociadas al orégano en sitios que presentan el mismo tipo de asociación vegetal pero diferente intensidad de manejo.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de estudio

El presente estudio se realizó en cinco localidades del municipio de Peñamiller, estado de Querétaro. En un rango de altitud que va desde los 1332 hasta los 1940 msnm (Figura 1). El clima de esta región es de tipo semicálido, con régimen de lluvias en verano, presencia de sequía intraestival y escasa lluvia invernal (menor del 5% anual), con oscilaciones térmicas extremas de 7.7 °C. La temperatura promedio es de 21.7 °C y la precipitación promedio son 380.2 mm (Ruiz, 1984 e INEGI, 2005). Los suelos de los 5 sitios de estudio son del Grupo Phaeozem, Rendzicos (calcáricos) (Osorno-Sánchez *et al.*, 2010). El tipo de vegetación predominante en la región es matorral, las especies arbustivas que dominan son *Fouquieria splendens*, *Acacia* sp., *Karwinskia humboldtiana*, *Mimosa lacerata*, *Ayenia rotundifolia* y *Turnera diffusa*. Además de cactáceas como *Lophophora diffusa*, *Echinocactus platyacanthus*, *Ferocactus macrodiscus*, *Coryphanta erecta*, *Astrophytum ornatum* y *Mammillaria elongata* (Scheinvar, 2004 y Osorno-Sánchez *et al.*, 2010). Entre las asociaciones vegetales más ricas florísticamente están en primer lugar el matorral submontano y en segundo lugar el matorral desértico micrófilo. La extensión que ocupan estos matorrales así como la variedad de hábitats en los que se encuentran pueden explicar su riqueza florística (Ruiz, 1984).

En el municipio de Peñamiller se presentan diferentes intensidades de cosecha, nosotros nos basamos en la 5 intensidades de cosecha reportadas

por Osorno-Sánchez *et al.*, (2010) para estos sitios. Por lo tanto, las intensidades de cosecha tomadas en cuenta para este estudio son: Vuelta grande con la tasa de aprovechamiento más alta, de 2.55 kg/ha, con tasas de aprovechamiento intermedias, Colmena (0.82 kg/ha), Parajitos (0.77 kg/ha), y Tembladera, (0.91 kg/ha) y Aguilillas con la menor tasa de cosecha de 0.22 kg/ha.

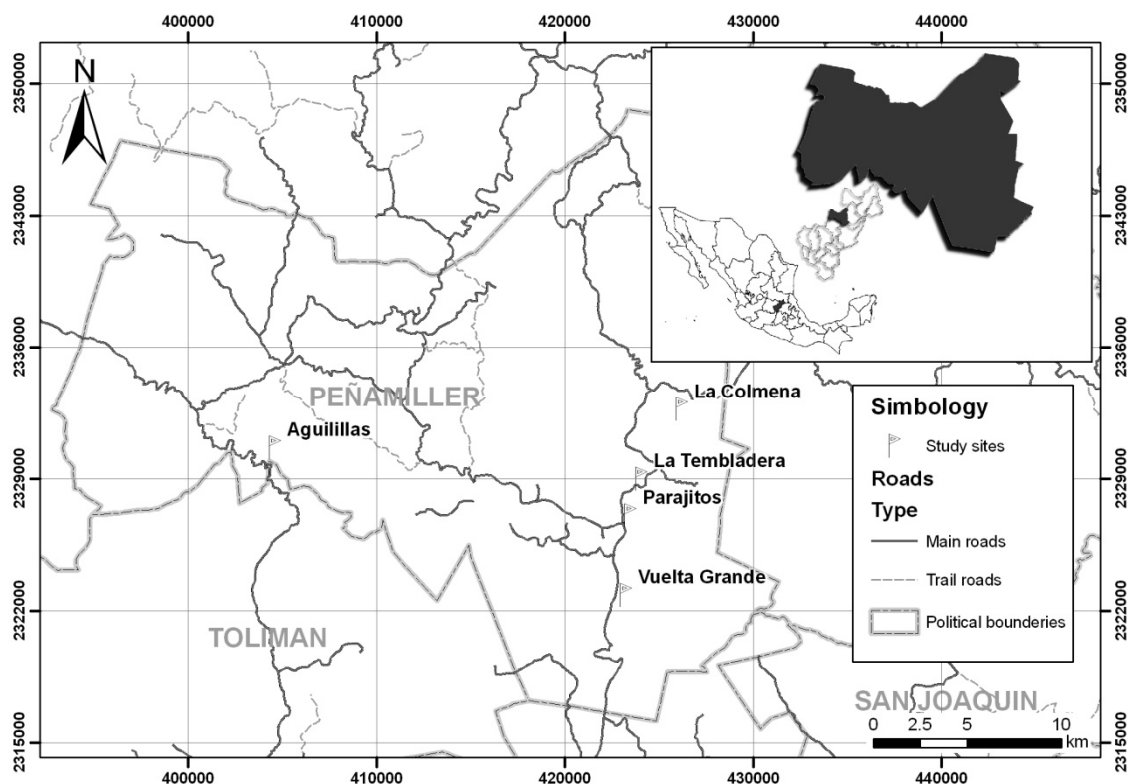


Figura 1. Ubicación de los cinco sitios de estudio, en el municipio de Peñamiller, estado de Querétaro.

Muestreo

Para realizar el muestreo de la vegetación, se determinó el tamaño mínimo de los cuadrantes según la curva de acumulación de especies. Para cada especie encontrada se realizó la determinación botánica. El tipo de asociación vegetal presente en cada sitio se determinó consultando la descripción de la vegetación de la cuenca del Río Estorax en el estado de Querétaro (Ruiz, 1984). La estructura de la vegetación en cada uno de los sitios de muestreo se determinó estableciendo al azar 1 parcela de 10 * 50 m (en total, 500 m² de área) y en cada parcela se establecieron 5 subcuadrantes de 10 * 10. Dentro de la parcelas se tomaron datos de la abundancia, cobertura (diámetro mayor * diámetro menor) y altura de todos los individuos.

La cobertura fue calculada en m² a partir de la medición de dos diámetros perpendiculares de las copas de los árboles y arbustos de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C = \{[(d1 + d2) \div 4]^2\} * \pi$$

Donde: C = Cobertura promedio, d1 = 1er diámetro de la cobertura de la copa, d2 = 2º diámetro de la cobertura de la copa.

La densidad se calculó como el número de individuos de todas las especies por unidad de área (ha), y el valor de importancia específico para cada especie se determinó con datos de la frecuencia relativa (frecuencia de una especie entre el total de los valores de frecuencia de todas las especies), densidad relativa (número de individuos de una especie entre el total de individuos de todas las especies) y la cobertura relativa (cobertura de una determinada especie dividida entre la cobertura de todas las especies), mediante la siguiente fórmula:

$$VI = (fr + dr + cr)$$

Donde VI es el valor de importancia por especie, fr es la frecuencia relativa, dr es la densidad relativa y cr es la cobertura relativa de cada especie.

Para analizar la distribución espacial de *Lippia graveolens* y la asociación con otras especies de plantas se usó el Análisis Espacial por Índices de Distancia (SADIE). Con este programa se calculó el índice de asociación (X , chi griega) entre el orégano y la flora vecina. Las especies pueden estar espacialmente disociadas cuando $X < 0$, asociadas si $X > 0$; o presentar un arreglo azaroso cuando $X = 1$ (Perry *et al.*, 1999; Perry y Dixon, 2002). El SADIE trabaja con un algoritmo donde los datos observados son iterativamente arreglados hasta que alcanzan una distribución regular (D); y comparan los arreglos espaciales de las muestras observadas con otros arreglos derivados de las muestras. Además, este programa provee de información espacial visualmente explícita sobre el acomodo espacial de las especies (Perry y Dixon, 2002). Los datos para el análisis espacial fueron tomados como antes se describió en parcelas de 10 X 50 m, con subparcelas de 5 X 10 m. Donde la posición de cada individuo de cada especie fue mapeada en dos dimensiones.

Para determinar el impacto del manejo en la diversidad de especies que se establecen debajo del dosel del orégano, en cada zona con diferente intensidad de cosecha se tomaron los datos de riqueza y abundancia de las cactáceas asociadas a *L. graveolens* en un área de 1000 m² excepto para la zona de baja intensidad de cosecha, donde solo se muestreo en 500 m². La diversidad de las especies asociadas se calculó aplicando el índice de diversidad de Shannon-Wiener para los diferentes sitios, usando la fórmula dada por (Moreno, 2001).

$$H' = \sum p_i \ln p_i$$

Donde p_i = Proporción del total de la muestra perteneciente a las "i" especies.

RESULTADOS

Los cinco sitios donde se establecieron las parcelas pertenecen al tipo de vegetación de matorral xerófilo y las asociaciones vegetales que se encontraron fueron dos, matorral desértico micrófilo en el caso de Vuelta grande y Parajitos y matorral submontano en el caso de Tembladera, Colmena y Aguilillas.

La dominancia de las especies varió en los diferentes sitios y se describe a continuación:

En Vuelta grande el matorral desértico micrófilo se encontró en la ladera este, a una altitud de 1353 msnm. Los elementos más altos miden entre 2 y 3.5 metros (el 4% del total de los individuos). En el estrato arbustivo inferior (60 cm a 1.5 m), está el 35.7 % de las plantas y formando el estrato arbustivo aun más bajo se encuentra el 60% de los individuos. La asociación vegetal es *Fouquieria splendens*-*Acacia vernicosa*, acompañando a las especies anteriores se encuentran *Larrea tridentata*, *Cylindropuntia leptocaulis*, *Jatropha dioica* y *Lippia graveolens*.

En Parajitos esta misma asociación vegetal se establece en una ladera con dirección sur, a una altitud es de 1332 msnm. Los elementos más altos miden entre 3 y 5 metros (1.3 %). En el estrato arbustivo inferior (60 cm a 1.5 m) está el 21.4 % y formando el estrato arbustivo más bajo esta el 76% de los individuos. La asociación vegetal predominante es *Acacia vernicosa*, *Hechtia glomerata* y *Fouquieria splendens*. La presencia de *Karwinskia humboldtiana* como una especie dominante es indicio de perturbación.

En la Tembladera el matorral submontano se establece en una ladera con dirección suroeste, a una altitud de 1610 msnm. Los elementos más altos miden entre 4 y 6 metros (0.4 % del total de los individuos). En el estrato arbustivo inferior (60 cm a 1.5 m) está el 53.8 % y formando el estrato arbustivo

más bajo se encuentra el 42.2% de los individuos. La especies dominantes son *Fouquieria splendens* y *Pseudosmodingium multifolium*, acompañadas de *Ayenia rotundifolia*, *Machaonia coulteri* y *Lippia graveolens*.

En Colmena el matorral submontano se encontró en una ladera con dirección suroeste, a una altitud de 1940 msnm. Los elementos más altos miden 2 metros (0.3 % del total de los individuos). En el estrato arbustivo inferior (60 cm a 1.5 m) está el 37.3% de los individuos y formando el estrato aún más bajo se encuentra el 66.6%. La especie dominante es *Tiquilia* sp., acompañada de *Lippia graveolens*, *Mimosa* sp., *Gimnosperma glutinosum*, *Krameria cytisoides* y *Neopringlea integrifolia*.

Por último, en Aguilillas el matorral submontano se encontró en una ladera con dirección suroeste, a una altitud de 1556 msnm. Los elementos más altos miden 6 metros (1.6 % del total de los individuos). En el estrato arbustivo inferior (60 cm a 150 m) está el 73.8 % de los individuos y formando el estrato el 21%. La especie dominante es *Mimosa* sp., acompañada de *Neopringlea integrifolia*, *Acacia* sp., *Calliandra eryophylla* y *Lippia graveolens*.

L. graveolens fue la especie más abundante en todos los sitios muestreados. No obstante, no se mantuvo como especie dominante en uno de los sitios con manejo intermedio y en el sitio con mayor intensidad de manejo. El valor de la cobertura del orégano vario significativamente ($F = 0.0006$, g.l. 24, $P < 0.05$). La mayor cobertura se presentó en el sitio con menor intensidad de uso.

En total se realizó el análisis de 20 relaciones de asociación/disociación de *Lippia graveolens* con otras especies (principalmente cactáceas) presentes en la comunidad. Se encontró que seis de las 20 especies analizadas están asociadas consistentemente con el orégano. En siete casos también hay asociación pero esta varía dependiendo del sitio y en siete casos no hay una asociación de *L. graveolens* con cactáceas (Cuadro 1).

Del total de especies de cactáceas presentes en todos los sitios de estudio un 71.4 % presentó asociación con el orégano. En el matorral desértico micrófilo el porcentaje de especies asociadas al orégano fue de 73.3% y no hubo diferencia en número de especies asociadas al orégano en los sitios de baja y alta intensidad de cosecha. Mientras que en el matorral submontanos se asociaron a esta planta facilitadora un 26.7% especies y el sitio que más asociadas presentó fue el de menor intensidad de cosecha.

Se encontró una consistencia en la asociación con *Strombocactus disciformis*, *Lophophora diffusa*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Thelocactus hastifer*, *Mammillaria elongata* y *Ferocactus echidne*. Existe una fuerte asociación entre *L. graveolens* y *Thelocactus hastifer* y *Lophophora diffusa* en Vuelta grande, el único lugar donde se presentan estas especies de cactáceas. Sin embargo, el valor de la asociación entre el orégano y *L. diffusa* es menor que entre esta última especie y el arbusto *Larrea tridentata* ($\chi = 0.811$).

Las especies que no están relacionadas con el orégano son *Coryphantha erecta*, *Coryphantha radians*, *Cylindropuntia leptocaulis*, *Ferocactus* sp., *Mammillaria parkinsonii* y *Opuntia stenopetala*. Así mismo, es importante mencionar que no se encontró asociación espacial entre *L. graveolens* y el arbusto *Fouquieria splendens*. Dicho análisis se realizó debido a que observaciones de campo apuntaban a que individuos de *F. splendens* pudieran estar relacionados a plantas de orégano.

Especies asociadas	Valor de χ en cada sitio				
	I	II	III	IV	V
<i>Astrophytum ornatum</i>		-0,0676			0,3329
<i>Coryphantha erecta</i>	0,9616	-0,246	-0,5325		
<i>Coryphantha radians</i>		-0,1587			
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	-0,6156	0,6905	-0,2837		0,1919
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>		-0,1333			
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	0,1991	-0,3639	0,558		
<i>Ferocactus echidne</i>				0,9996	
<i>Ferocactus latispinus</i>	-0,2427	-0,0676	-0,2837		
<i>Lophophora diffusa</i>		0,6857			
<i>Mammillaria parkinsonii</i>		-0,2935	-0,3209		
<i>Mammillaria elongata</i>	0,6975	0,9996	0,9996	0,9996	0,8641
<i>Mammillaria sp</i>	0,7001		-0,2837		
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>		0,5716			
<i>Opuntia microdasys</i>	0,2178	0,5937	-0,2837		
<i>Opuntia sp</i>	0,3029		-0,0855		
<i>Opuntia stenopetala</i>			-0,0855	-0,2935	
<i>Strombocactus disciformis</i>	0,2285				
<i>Thelocactus hastifer</i>		0,9996			

Cuadro 1. Especies asociadas a *Lippia graveolens* en cinco sitios de estudio del municipio de Peñamiller, Querétaro. Los datos se obtuvieron en el programa SADIE (2002).

Se encontró una diferencia significativa en la cobertura promedio que presenta *L. graveolens* en los sitios con diferente intensidad de manejo. Para el matorral desértico micrófilo, Vuelta grande presentó la menor cobertura y para el matorral submontano la Colmena. A pesar de que fueron los lugares con mayor densidad de plantas de orégano. La diversidad de especies asociadas al orégano también presentó diferencias significativas (Cuadro 2). La diversidad más alta para el matorral desértico micrófilo se encontró en Parajitos y en el matorral submontano en Aguilillas que presenta la menor intensidad de cosecha.

En lo que respecta al número de individuos asociados al orégano en función de la cobertura promedio que se presentó en cada sitio también hubo diferencias significativas. ($X = 24$, gl 4, $P < 0.05$).

Parametros de <i>L. graveolens</i>	Vuelta grande	Pajaritos	Tembladera	Colmena	Aguillillas	Diferencia de las varianzas
Densidad	9,66	9,08	9,78	13,4	6,18	0,0204 *
Cobertura	0,84	2,39	2,24	1,47	4,31	0,0006*
Diversidad de especies asociadas	0,38	1,68	0,64	0,00	0,87	31,16 *

Cuadro 2. Parametros poblacionales de *Lippia graveolens* y diversidad de especies asociadas en cinco sitios que experimentan diferentes intensidades de cosecha. (* Significativo al nivel de 0.000).

DISCUSIÓN

Lippia graveolens fue una especie dominante en todos los sitios de estudio, sin embargo su asociación fue diferente entre el matorral submontano y el matorral desértico. En el matorral desértico se encuentra junto con *Acacia sp*, *Fouquieria splendens*, *Hechtia glomerata*, *Karwinskia humboldtiana*, *Cylindropuntia leptocaulis*, *Jatropha dioica* en el matorral desértico micrófilo, mientras que en está junto a *Mimosa lacerata*, *Fouquieria splendens*, *Pseudosmodium multifolium*, *Ayenia rotundifolia* y *Turnera diffusa* en el matorral submontano. El valor de dominancia del orégano en el matorral desértico micrófilo fue menor en los sitios donde la intensidad de su cosecha es alta.

Debido a que las plantas de orégano de las poblaciones naturales sujetas a la continua recolección tienen una recuperación lenta (Mata-González y Meléndez-González, 2005 y Pavón *et al.*, 2006), es importante tener en cuenta que los cambios en estos atributos, también pueden afectar las interacciones espaciales de las poblaciones. Lo anterior es de relevancia en una comunidad donde un número importante de sus miembros, dependen del

tamaño y la estructura del dosel de la planta nodrizas que crean una variedad de microhábitats que pueden ser diferencialmente ocupados (Castellanos *et al.*, 1999). En este sentido, se debe mencionar que la mayoría de las cactáceas que se encontraron en este estudio asociadas espacialmente a *L. graveolens* son endémicas y con distribución restringida (Hernández y Godínez, 1994 y Zúñiga *et al.*, 2005) y muchas de ellas están sujetas a presiones de colecta y a la destrucción de su hábitat. Además por lo general tienen una habilidad limitada para restablecerse demográficamente después de un evento de perturbación (Hernández y Godínez, 1994). Así que el conocimiento específico de las interacciones espaciales de *L. graveolens* y de especies beneficiadas, es importante para la conservación e incluso, recuperación de las poblaciones que se encuentran en peligro.

En lo que se refiere a la asociación espacial de *L. graveolens* con diferentes cactáceas, se encontraron más asociaciones positivas en el matorral desértico micrófilo que en el submontano. Lo que puede estar relacionado a la riqueza de cactáceas presentes en cada uno de estos dos tipos de asociación. Scheinvar (2004) indica cinco especies de cactáceas encontradas para el matorral submontano, mientras que para el matorral desértico micrófilo, enlista 45 especies. El tipo de relación de *L. graveolens* con cactáceas en algunos casos varió en función del lugar sin embargo se encontró que consistentemente hubo una fuerte asociación con *Mammillaria elongata*, en contraste, con *M. parkinsonii* que no presentó en ningún sitio de estudio asociación con este arbusto, a pesar de ser especies del mismo género con semejanza en la forma de crecimiento. Esto indica que no todas las especies son afectadas de la misma manera por la presencia de este RFNM, por lo que *L. graveolens* actuaría como nodriza sólo para una parte limitada de los componentes de la comunidad. En este sentido, se ha propuesto que algunas especies de la comunidad podrían presentar una tendencia a establecerse preferentemente junto a nodriza involucrando algún tipo de reconocimiento especie-específico (Pugnaire y Haase, 1996; Callaway, 1998 y Badano *et al.*, 2002).

En el matorral desértico micrófilo una de las plantas asociadas a *L. graveolens* fue *Lophophora diffusa* o peyote, especie bajo protección según la norma oficial mexicana NOM-ECOL-059-2001 (SEMARNAT, 2002), sin embargo el valor de la asociación entre el peyote y *Larrea tridentata* fue mayor corroborando con este resultado que *L. tridentata* es la principal nodriza de cactáceas del género *Lophophora* (Zúñiga *et al.*, 2005 y Anaya y Rubio, 2010). El valor de asociación mayor del peyote a la *L. tridentata*, en este caso pudo estar relacionado al valor de importancia de esta especie en la comunidad. Ya que mientras *L. graveolens* se mantuvo como una planta dominante en casi todos los sitios de estudio, en el lugar de mayor intensidad de cosecha del matorral micrófilo, especies como *L. tridentata* y *Acacia* sp. fueron las dominantes. A pesar de que existe un alto grado de especificidad en la relación de *L. tridentata* y *L. diffusa*, el hecho de que esta especie se relacione también con el orégano apoya lo que se ha venido señalando en diferentes trabajos sobre concebir a las comunidades de plantas como las redes ecológicas en las que las especies interactúan con otras, relacionándose con una o más especies distintas (Bascompte *et al.*, 2006; Valiente-Banuet *et al.*, 2006; Verdú y Valiente-Banuet, 2008). Se recomienda, usar este enfoque para posteriores estudios en la zona. Debido a que esto nos permite conocer la importancia relativa de cada una de las especies en el conjunto de la comunidad y los mecanismos por los cuales se mantiene la biodiversidad (Valiente-Banuet *et al.*, 2006).

En los sitios de alta intensidad de cosecha, el dosel de *L. graveolens* se redujo significativamente y la diversidad de especies asociadas fue la menor. Esto pudiera estar relacionado a que la cosecha a altas intensidades provoca condiciones ambientales más estresantes, relacionadas tal vez con la fertilidad del suelo ya que análisis edáficos indican diferencias significativas, en cuanto al porcentaje de materia orgánica ($df = 14$, $F = .0148$, $P > 0.05$) y la concentración de Nitrógeno ($df = 9$, $F = .0172$, $P > 0.05$) presente en cada sitio, y que el mayor porcentaje tanto de materia orgánica como de Nitrógeno se registro en el sitio con menos intensidad de manejo (Datos no publicados). La investigación de Pugnaire *et al.*, (1996) apoya esta idea, debido a que ellos

indican que la mayor diversidad de plantas debajo del dosel de *Retama sphaerocarpa*, planta facilitadora que se encuentra en una zona semiárida del sureste de España, se relaciona con arbustos grandes, probablemente debido a una mayor heterogeneidad microambiental en sus amplios doseles.

Llama la atención que en uno de los sitios del matorral submontano la diversidad de cactáceas asociadas sea tan pobre. Consideramos que la razón de esto puede relacionarse a que además de que el manejo del orégano ha modificado atributos poblacionales de estas plantas, también a nivel comunidad hay un cambio importante en la estructura, lo que puede estar relacionado a la práctica de otras actividades agropecuarias como la ganadería.

Bajo esta situación se recomienda por una parte, que en los sitios donde se cosechan las hojas del orégano el manejo se realice siguiendo las recomendaciones de corte que se hacen en la (NOM-005-RECNAT-1997), donde se indica que se debe cosechar solo dos terceras partes del dosel de la planta, esto con el fin de evitar condiciones ambientales estresantes para el reclutamiento de nuevos individuos en la comunidad. Por otro lado, creemos que para conservar la biodiversidad de plantas que se asocian a *L. graveolens*, se tiene que poner interés en conservar también una distribución heterogénea de árboles y arbustos que mantenga la estructura de la comunidad donde se encuentra este RFNM. Por este motivo, no es recomendable remover las especies arbustivas asociadas al orégano.

BIBLIOGRAFÍA

- Anaya, M. D. y Rubio, G. O. 2010. Análisis espacial por índices de distancia (SADIE) de *Lophophora williamsii* en tres parcelas con diferente grado de perturbación en San Luis Potosí. *VII Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas*. 217 -231.
- Badano. E. I., Molina-Montenegro. M. A., Quiroz. C. y Cavieres. L. A. 2002. Efectos de la planta en cojín *Oreopolus glacialis* (Rubiaceae) sobre la riqueza y diversidad de especies en una comunidad alto-andina de Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural*. 75: 757-765.
- Bascompte, J., Jordano, P. y Olesen, J. M. 2006. Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Science*. 312: 21.
- Callaway, R. M. y Pugnaire, F. I. 1999. Facilitation in plant communities. En Pugnaire, F. I. and Valladares, F. (eds), *Handbook of functional plant ecology*. Marcel Dekker, pp. 623–648.
- Callaway. R. M. 1998. Are positive interactions species specific? *Oikos* 82: 202-207.
- Castellanos, A. E., Tinoco-Ojanguren, C. y Molina-Freaner. F. 1999. Microenvironmental heterogeneity and space utilization by desert vines within their host trees. *Annals of Botany*. 84: 145–153.
- Connell, M. L. 1978. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science*. 199: 1302 – 1310.

- Galetti, M. y Aleixo, A. 1998. Effects of palm heart harvesting on avian frugivores in the Atlantic rain forest of Brasil. *Journal of Applied Ecology*. 35: 286 -293.
- Ganeshaiyah, K. N., Shaanker, U., Murali, M. S., Shankar, U. y Bawa, S. K. 1998. Extraction of non-timber forest products in the forests of biligiri rangan hills, India. 5. Influence of dispersal mode on species response to anthropogenic pressures. *Economic Botany* 52 (3): 316-319.
- Godínez-Alvarez, H. y Valiente-Banuet, A. 1998. Germination and early seedling growth of Tehuacan Valley cacti species: the role of soils and seed ingestion by dispersers on seedling growth. *Journal of Arid Environments*. 39(1) 21 -31
- Godínez-Álvarez, H., Jiménez, M., Mendoza, M., Pérez, F., Roldán, P., Ríos-Casanova, L. y Lira, R. 2008. Densidad, estructura poblacional, reproducción y sobrevivencia de cuatro especies de plantas útiles en el Valle de Tehuacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 79: 393 – 403
- Hernández, H. M. y Godínez, H. A. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana*. 26:33-52.
- Marañón, T., Camarero, J.J., Castro, J., Diaz, M., Espelta, J. M., Hampe, A., Jordano, P., Valladares, F., Verdú, M. y Zamora, R. Heterogeneidad ambiental y nicho de regeneración. En: Valladares, F. 2008. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante (Segunda edición)*. Páginas 71-102.
- Mata-González, R y Meléndez-González, R. 2005. Growth characteristics of mexican oregano (*Lippia berlandieri* schauer) under salt stress. *The Southwestern Naturalist*. 50(1):1–6.

- Obiri, B. J., Lawesa, M. y Mukolwe, M. 2002. The dynamics and sustainable use of high-value tree species of the coastal Pondoland forests of the Eastern Cape Province, South Africa. *Forest Ecology and Management* 166: 131–148.
- Osorno-Sánchez, T. G. (2005). Efectos de la herbivoría del ganado caprino en tres asociaciones vegetales del Valle del Tehuacán, Puebla. Tesis de Maestría, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. 57 p.
- Osorno-Sánchez, T., Ruiz, T. A. y Lindig-Cisneros, R. 2010. Effect of harvesting intensity on the population structure of *Lippia graveolens* in Queretaro, Mexico. *Human Ecology*. En prensa.
- Pavon, N., Escobar, R. y Ortiz-Pulido, R. 2006. Extracción de hojas de la palma *Brahea dulcis* en una comunidad otomí en hidalgo, México: efecto sobre algunos parámetros poblacionales. *INCI*, 31 (1): 57-61.
- Pugnaire, F. I. y Haase, P. 1996. The Ecological Society of America Facilitation Between Higher Plant Species In A Semiarid Environment. *Ecology*. 77(5): 1420-1426.
- Pugnaire, F. I. y Valladares, F. 1999. Facilitation in plant communities. En: Pugnaire, F. I. y Valladares, F. (Eds). *Handbook of functional plant ecology*. New York. 911 p.
- Ruiz, Z. S. 1984. *La vegetación de la Cuenca del río Extorax en el estado de Querétaro y sus relaciones fitogeográficas*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 275 pp.
- Scheinvar, L. 2004. Flora cactológica del estado de Querétaro: diversidad y riqueza. FCE, México, 390 pp

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 6 de marzo de 2002, Primera sección, México, D. F.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), NORMA Oficial Mexicana NOM-005-RECNAT-1997. Procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de corteza, tallos y plantas completas de vegetación forestal.

Shahabuddin, G y Prasad, S. 2004. Assessing Ecological Sustainability of Non-Timber Forest Produce Extraction: The Indian Scenario. *Conservation and Society*. 2: 235-250.

Suzán, H., Nabhan, G. P. y Patten, D. T. The importance of *Olneya tesota* as a nurse plant in the Sonoran Desert. *Journal of Vegetation Science*. 7(5): 335 -344.

Ticktin, T. 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest Products. *Journal of Applied Ecology*. 41: 11–21.

Ticktin, T., Nantel, P. y Ramírez, F. 2002. Effects of Variation on Harvest Limits for Nontimber Forest Species in Mexico. *Conservation Biology*. 16: 691-705.

Valiente-Banuet, A. Vite, F. y Zavala-Hurtado, A. 1991. Interaction between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse shrub *Mimosa luisana*. *Journal of Vegetation Science*. 2 (1): 11 – 14.

- Valiente-Banuet, A., Vital, R. A., Verdú, M. y Callaway, R. 2006. Modern quaternary plant lineages promote diversity through facilitation of ancient tertiary lineages. *PNAS*. 103: 45.
- Velazquéz, O. V. R. (2005). Caracterización de la biología reproductiva, el establecimiento y crecimiento de *Lippia graveolens* Kunth y la producción de sus aceites esenciales en poblaciones con y sin manejo. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro. 150 p.
- Verdú, M. y Valiente-Banuet, A. 2008. The nested assembly of plant facilitation networks prevents species extinctions. *American Naturalist*. 172: 6.
- Zúñiga, B., Malda, G y Suzán, H. 2005. Interacciones planta-nodriza en *Lophophora diffusa* (cactaceae) en un desierto subtropical de México. *Biotropica* 37(3): 351–356

DISCUSIÓN GENERAL

En el presente estudio se considera que los productos forestales no maderables deben ser estudiados de forma sistémica, en donde diferentes niveles de aproximación (tanto poblacionales como comunitarios) nos permitirán llegar a un mejor aprovechamiento y conservación. Se trabajó a una escala de región tratando de representar diferentes condiciones en las que se encuentra las poblaciones naturales de orégano, que tienen que ver con el método e intensidades de cosecha, las condiciones ambientales (edáficas y de precipitación) y las condiciones bióticas relacionadas a procesos de facilitación en la comunidad vegetal. Determinando de esta forma, los efectos directos e indirectos de las diferentes intensidades de cosecha aplicadas a las poblaciones silvestres.

Confirmamos lo señalado por otros autores sobre que los datos de producción de biomasa y densidad son importantes, pero insuficientes para entender el estado de las poblaciones de los recursos forestales no maderables y los posibles impactos de la su cosecha (Ticktin, 2004; Godínez-Alvarez *et al.*, 2008). Debido a que la percepción sobre el estado de las poblaciones naturales de orégano, puede diferir si únicamente se toman criterios como la productividad y densidad de la planta, a cuando se toman en consideración distintos criterios poblacionales y ecológicos. Por ejemplo, la densidad de esta planta fue similar a otros sistemas bajo manejo (Rivera *et al.*, 2005; Rivera *et al.*, 2007) y la cantidad de biomasa cosechada fue menor a la disponible calculada en la región. Tomando en cuenta sólo esos dos parámetros se podría decir que esta actividad es sustentable en la zona, pero al hacer el análisis de algunos parámetros poblacionales, como la estructura de tamaños de las poblaciones de orégano, la proporción de individuos reproductivos y el impacto indirecto de esta actividad en la biodiversidad de la comunidad, hay indicios de impactos negativos para algunas poblaciones.

En lo referente a la situación de las poblaciones de *L. graveolens* se debe mencionar que esta planta tiene una amplia distribución en el país, cubriendo más del 40% del territorio nacional y que se le ha considerado como una especie que se encuentra fuera de riesgo de extinción, no obstante se ha reconocido que las poblaciones del desierto chihuahuense se ven seriamente afectadas por la extracción masiva de sus hojas (Sánchez *et al.*, 2007). A partir de este estudio se determinó que en el caso del semidesierto Queretano, existen poblaciones *in situ* conservadas, poblaciones con uso moderado que presentan características propias a poblaciones manejadas y otras con un uso intenso, que puede poner en riesgo su permanencia, afectando de esta forma el aprovechamiento que los habitantes hagan de este recurso. Las poblaciones con alta intensidad de cosecha presentaron menor densidad y también un menor número de las categorías de tamaño, así como menor proporción de individuos en las categorías pequeñas y más grandes, y un porcentaje menor de individuos reproductivos, por otro lado en estos lugares no hubo registro de que se está llevando a cabo la regeneración natural de la especie. Algunas de estas características ya han sido documentadas para otros recursos forestales no maderables sobre todo en lo que tiene que ver con aspectos de la estructura poblacional indicando que la baja proporción de individuos pequeños y grandes puede potencialmente llevar a un decremento de las poblaciones (Elzinga *et al.*, 2001; Jennings *et al.*, 2001; Godínez-Alvarez *et al.*, 2008). Con respecto a la baja proporción de individuos reproductivos en el sitio con la intensidad de cosecha más alta, se debe poner especial atención si se considera que a su vez, solo un porcentaje pequeño de flores produce frutos (Velázquez, 2005). Por lo anterior, será importante desarrollar un estudio que tenga que ver con el monitoreo de la producción de flores, frutos y semillas, en diferentes años y localidades, así como su correlación con características ambientales y de intensidades de cosecha aplicadas.

A nivel comunidad, la diversidad vegetal del matorral donde se encuentra *L. graveolens* en los sitios estudiados presenta una magnitud similar a lo reportado para otros matorrales relativamente diversos del centro y norte del país (Osorno-Sánchez, 2005 y Canizales-Velázquez *et al.*, 2009). Este dato

corresponde con los planteado por algunos autores que sugieren que en las zonas donde hay manejo de RFNM hay mayor diversidad de plantas y animales cuando son comparados con otros usos de la tierra, que pueden representar un mayor riesgo por la transformación del ambiente y pérdida local de la diversidad (Arnold y Pérez, 2001; Endress *et al.*, 2004 y Rodríguez *et al.*, 2008). Sin embargo, la pérdida de especies asociadas al orégano en sitios de alta intensidad de cosecha podría afectar la biodiversidad de la comunidad a largo plazo.

En base a los resultados de este estudio y considerando que se debe vincular el ámbito ecológico con el económico para fomentar iniciativas que induzcan a que la producción sea tanto económicamente rentable, como ambientalmente sustentable, se propone que para mejorar el manejo del orégano, en el semidesierto Queretano, se procure que la capacitación que reciben los colectores de orégano sea continua. Esta capacitación deberá poner énfasis durante los talleres en realizar la cosecha mediante la rotación de rodales, debido a que se observó que en un periodo de dos años de descanso hubo una recuperación significativa de la talla de las plantas (Osorno-Sánchez *et al.*, 2011). Así como realizar la cosecha dejando por lo menos un tercio de la parte aérea debido a que la recuperación vegetativa de las plantas, es más lenta en las plantas cortadas al ras (Contreras y Ovalle, 2005 y Rivera, 2005). Por otro lado se propone que las tareas de secado deben realizarse en el campo, en los mismos rodales de donde se cosecha para procurar que la mayor cantidad de frutos se queden en el sitio, promoviendo con esto la regeneración natural. También es importante considerar que en las zonas para la recolección de orégano se debe evitar, en la medida de lo posible, otro tipo de aprovechamiento de la tierra, en este caso la ganadería, debido a que puede menoscabar las condiciones de las poblaciones manejadas. Así como procurara la permanencia de otras plantas que pueden actuar como nodrizas y contribuir a la regeneración natural de especies que necesitan asociarse con otras plantas para germinar y establecerse, como podría ser el propio caso del orégano (Velázquez, 2005).

Sin duda la cosecha de las hojas de orégano ha permitido a las familias campesinas del semidesierto Queretano diversificar sus actividades de subsistencia, convirtiéndose en una alternativa productiva y de empleo temporal. Sin embargo, el paso de un uso tradicional de este recurso (Hernández *et al.*, 2003; Camou-Guerrero *et al.*, 2008) a un régimen de aprovechamiento para responder las demandas de un mercado internacional, impone algunos retos para el manejo sustentable de este recurso. Sobre todo porque esta actividad tiende a proporcionar un bajo nivel de ingresos (Huerta, 2005) situación que obliga a que cada campesino tratara de cosechar el máximo posible, en decremento de las poblaciones silvestres. Aunque en la actualidad el “Plan Maestro para el Manejo Integral del Orégano en el Semidesierto de Querétaro” que entró en vigor desde el 2002, ha mejorado la situación, permitiendo un incremento del precio del producto, para los campesinos organizados y regulando las cantidades comercializadas en la región. Aun hoy en día, por causas que tienen que ver con la organización social, se sigue realizado en algunos casos la venta de este producto a intermediarios que no siguen ningún plan de control de las cantidades que adquieren.

Los trabajos encaminados a promover plantaciones comerciales de este RFNM pueden ayudar a disminuir la presión a las poblaciones naturales, recientemente han proliferado empresas que tienen como objetivo el establecimiento de este cultivo de manera rentable (Huerta, 2005 y Sánchez *et al.*, 2007). No obstante, esta opción también enfrenta problemas como que plantas cultivadas pueden ser menos atractivas en el mercado, debido a que para la síntesis de metabolitos secundarios, como los terpenos, las plantas de orégano necesitan un entorno natural bajo condiciones particulares de estrés, competencia y herbivoría que puede cambiar o no expresarse en condiciones de un monocultivo (Abrego, 2011). Además las plantaciones también pueden tener efectos negativos en la conservación. La producción de plantas a través del cultivo, por ejemplo puede conducir a la degradación ambiental y pérdida de diversidad genética así como la pérdida de incentivos para conservar las

poblaciones silvestres (Schippmann *et al.*, 2006). Por lo anterior será necesario un seguimiento y mayor comprensión de las implicaciones de esta alternativa.

Por último coincidimos con Tapia-Tapia (2008), en que es necesaria una política pública nacional bien definida sobre la gestión de los productos forestales no maderables, su recolección y desarrollo sustentable. En el caso en particular del orégano, se debe poner énfasis en mejorar las formas de financiar la producción, comercialización y distribución por parte de las comunidades locales. Además del desarrollo de tecnología optimizada para el procesamiento y la diversificación de productos, dando valor agregado a estos desde los lugares en que se cosechan, para mejorar de forma efectiva la pobreza y ayudar a una mejor gestión de este recurso.

BIBLIOGRAFÍA

- Abrego, R. A. G. 2011. Patrones de variación de volátiles foliares en poblaciones de *Lippia graveolens* kunth del desierto queretano. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de biología. 65 p.
- Arnold, J.E. y Pérez, M. R. 2001. Can non-timber forest products match tropical forest conservation and development objectives? *Ecological Economics* 39(3): 437-447
- Camou-Guerrero. A., Reyes-García. V., Martínez-Ramos, M. y Casas. A. 2008. *Human Ecology*. 36:259–272
- Canizales-Velázquez, P. A., Alanís-Rodríguez, E., Aranda-Ramos, R., Mata-Balderas, J. M., Jiménez-Pérez, J., Alanís-Flores, G., Uvalle-Sauceda, J. I., and Ruiz-Bautista, M. G. (2009). Caracterización estructural del matorral submontano de la sierra madre oriental, Nuevo León, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15: 115-120.
- Contreras, B. E. and O. J. Ovalle. 2003. Manejo del agroecosistema orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.): fenología y evaluación del corte al ras. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – U.L. Departamento de Agroecología 136-140
- Elzinga, C. L., Salzer, D. W., Willoughby, J. W., and Gibbs, J.P. (2001). *Monitoring plant and animal populations*. Blackwell. Science, London, 360 p.
- Endress, A. B. David L. Gorchov, L. D. y Noble, B. R. 2004. Non-timber forest product extraction: effects of harvest And browsing on an understory palm. *Ecological Applications*, 14(4): 1139–1153

- Godínez-Álvarez, H., Jiménez, M., Mendoza, M., Pérez, F., Roldán, P., Ríos-Casanova, L. y Lira, R. 2008. Densidad, estructura poblacional, reproducción y sobrevivencia de cuatro especies de plantas útiles en el Valle de Tehuacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 79: 393 – 403
- Hernández, T., Canales, M., Avila, J.G., Duran, A., Caballero, J., Romo de Vivar, A. y Lira, R. 2003. Ethnobotany and antibacterial activity of some plants used in traditional medicine of Zapotitlán de las Salinas, Puebla (México). *Journal of Ethnopharmacology* 88:181–188
- Huerta. C. 2005. *Orégano mexicano oro vegetal*. <http://www.maph49.galeon.com/biodiv2/oregano.html>
- Jennings, S. B., Brown, N. D., Boshier, D. H., Whitmore, T. C., and Lopes, C. A. (2001). Ecology provides a pragmatic solution to the maintenance of genetic diversity in sustainably managed tropical rain forest. *Forest Ecology and Management*. 154: 1-10.
- Osorno-Sánchez, T. G. (2005). Efectos de la herbivoría del ganado caprino en tres asociaciones vegetales del Valle del Tehuacán, Puebla. Tesis de Maestría, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. 57 p.
- Rivera. O., Sánchez. S. R., Olague. F. y Gurrola. C. A. 2005. Cuantificación de orégano (*Lippia Brlandieri, Schawer*) en diez localidades de municipio de Nazas, Durango, México. *Orégano aprovechamiento, cultivo e industrialización en México*. Universidad Autónoma de Chapingo. 49-57 p.
- Rivera. O., Sánchez. S. R., Vega. S. F. 2007. Establecimiento y manejo del orégano (*Lippia Brlandieri, Schawer*) para la producción de hoja, mediante la alicación de densidades de plantación, con riego de auxilio

de la presa. En el ejido El Cable, Durango. México. *3ª Reunión Nacional sobre orégano*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 25 p.

Rodríguez, A. E., Pérez, J. J., Calderón, A. O., Garza, T. E., Ybarra, J. E., and Tagle G. M. (2008). Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. *Ciencia UANL* 11: 56-62.

Sánchez. O., Medellín. R., Aldama. A., Goettsch. B., Sobeón. J. y Tambutti M.2007. Evaluación del riesgo de extinción de *Lippia graveolens* de acuerdo al numeral 5.7 de la NOM-059-SEMARNAT-2001. *Método de Evaluación del Riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER)*. Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat). 91 110 p.

Schippmann, U. Danna Leaman, D. y Cunningham, A. B. A. 2006. Comparison of cultivation and wild Collection of medicinal and aromatic Plants under sustainability aspects. *Medicinal and Aromatic Plants*. Impreso en Holanda. 75 – 95 p

Tapia-Tapia, E. C. y Reyes-Chilpa, R. 2008. Productos forestales no maderables en México: Aspectos económicos para el desarrollo sustentable. *Madera y Bosques* 14(3): 95-112

Ticktin, T. 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest Products. *Journal of Applied Ecology*. 41: 11–21.

Velazquéz, O. V. R. (2005). Caracterización de la biología reproductiva, el establecimiento y crecimiento de *Lippia graveolens* Kunth y la producción de sus aceites esenciales en poblaciones con y sin manejo. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro. 150 p.