

## IMPACTO DEL MANEJO *IN SITU-EX SITU* DEL ORÉGANO MEXICANO (*LIPPIA ORIGANOIDES* KUNTH) EN EL NOROESTE DE YUCATÁN

## IMPACT OF THE *IN SITU-EX SITU* MANAGEMENT OF MEXICAN OREGANO (*LIPPIA ORIGANOIDES* KUNTH) IN NORTHWESTERN YUCATAN

IRINA LLAMAS-TORRES<sup>1</sup>, ROSA GRIJALVA-ARANGO<sup>1</sup>, LUCIANA PORTER-BOLLAND<sup>2</sup> Y LUZ MARÍA CALVO-IRABIEN<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Mérida, México.

<sup>2</sup> Red de Ecología Funcional. Instituto de Ecología A.C., Xalapa, México.

\*Autor de correspondencia: [lumali@cicy.mx](mailto:lumali@cicy.mx)

### Resumen:

**Antecedentes:** El impacto del manejo de plantas en un gradiente *in situ - ex situ* varía dependiendo de factores culturales, socioeconómicos, ecológicos y tecnológicos. Dicho impacto resulta en la divergencia entre poblaciones silvestres y cultivadas, sugiriendo una domesticación incipiente.

**Hipótesis:** Se espera encontrar mayor producción foliar y diferencias en las características del aceite esencial en los sistemas con manejo más intensivo.

**Especies de estudio:** *Lippia origanoides* Kunth.

**Sitio y años de estudio:** vegetación natural, huertos y parcelas del noroeste de Yucatán. 2018-2019.

**Métodos:** En cuatro localidades se documentaron las prácticas de manejo en los sistemas monte, huerto y parcela. Se seleccionaron, por comunidad, cuatro sitios de cada sistema de manejo y se marcaron ocho individuos. Usando ANOVAs se evaluó el efecto principal e interacción de los factores sistema de manejo y localidad, sobre la producción de hoja, intensidad de manejo, cantidad y calidad del aceite esencial.

**Resultados:** El 23 % de los hogares manejan el orégano, preferentemente combinan dos o tres sistemas de manejo. La producción foliar fue mayor en la parcela, seguida de los huertos y por último el monte. No existió un efecto significativo del sistema de manejo sobre el rendimiento del aceite esencial, ni la concentración de carvacrol. La mayoría de los entrevistados no percibe variabilidad intraespecífica en el aroma del orégano.

**Conclusiones:** La selección de individuos *in situ* para su trasplante, y el riego, son prácticas de manejo que, sumadas a otras prácticas, podrían explicar las diferencias en la producción foliar, sugiriendo un proceso de domesticación incipiente.

**Palabras clave:** Aroma, biomasa foliar, domesticación, mayas, riego, selección artificial.

### Abstract

**Background:** The impact of plant management in an *in situ - ex situ* gradient, varies according to ecological, socioeconomic, cultural, and technological factors. Management may result in a divergence between wild and cultivated species, suggesting an incipient domestication.

**Questions and / or Hypotheses:** We expected to find higher levels of leaf production and differences in essential oil characteristics in home-gardens and cultivated plots, which are systems with a more intensive management.

**Studied species / data description /Mathematical model:** *Lippia origanoides* Kunth

**Study site and dates:** natural vegetation, home-gardens and cultivated plots in Northwest Yucatan. 2018-2019.

**Methods:** In four localities oregano management practices were documented in natural vegetation, home-gardens and cultivated plots. At each locality, in the three management systems, eight individuals of oregano were selected. ANOVAs were performed to evaluate the main effects and interaction among management systems and localities over leaf production, management intensity, and the quality and quantity of oil.

**Results:** 23 % of the homes were found to manage oregano, generally in a combination of two or three management systems. Leaf production was three times greater in the cultivated plots, than in home-gardens and natural vegetation. There was no significant effect regarding management system over the yield of essential oils nor the carvacrol concentration. Most interviewees did not perceive intraspecific variability regarding the aroma of oregano.

**Conclusions:** *In situ* individual selection for transplant is a management practice that, together with irrigation and other practices, could explain differences in leaf production, suggesting a process of incipient domestication of oregano.

**Keywords:** Aroma, artificial selection, foliar biomass, domestication, irrigation, Mayans.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License CCBY-NC (4.0) internacional.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



**E**l manejo de la biodiversidad involucra una serie de actividades que el ser humano lleva a cabo utilizando los recursos naturales y modificando los ecosistemas en los que éstos se distribuyen, con el objetivo de moldear la naturaleza para satisfacer sus necesidades. Este manejo está inmerso en una red en la que interactúan tanto elementos ecológicos como socioeconómicos y culturales, a diferentes niveles de organización biológica, de organización humana, así como a diferentes escalas temporales y espaciales (Casas *et al.* 2014, 2016, 2017).

En Mesoamérica existen numerosas evidencias de un manejo de especies vegetales en un gradiente *in situ - ex situ* (Rao *et al.* 2004, Shippmann *et al.* 2006, Toledo *et al.* 2008, Casas *et al.* 2016, 2017). El manejo de las especies *in situ*, implica la manipulación dirigida a fomentar la disponibilidad de poblaciones vegetales en su área natural de crecimiento, en donde se llevan a cabo actividades como la recolección, la tolerancia, el fomento, la inducción, o la protección de los individuos (Casas *et al.* 2007, Casas & Parra 2007, Casas *et al.* 2016, 2017, Lira *et al.* 2016). El manejo *ex situ* incluye el traslado y la siembra de semillas, propágulos o individuos completos a un ambiente controlado por el ser humano y con características distintas a las del ambiente natural en el que se desarrollan las especies. Este tipo de manejo más intensivo generalmente se lleva a cabo en huertos, sistemas agrosilvopastoriles y campos de cultivo. En este gradiente de manejo, *in situ-ex situ*, las especies de plantas se desarrollan bajo distintas intensidades de manejo, las cuales varían dependiendo de factores culturales, sociales, económicos, ecológicos y tecnológicos (Casas *et al.* 1997, Blancas *et al.* 2010, Lira *et al.* 2016).

Las comunidades rurales o indígenas juegan un papel muy importante en los procesos de generación, mantenimiento, conservación y restauración de ambientes y de recursos vegetales a partir de prácticas de manejo que han desarrollado a lo largo de su historia (Toledo 2001, Altieri & Toledo 2011, Casas *et al.* 2016, 2017). Como parte del manejo, se puede llevar a cabo la selección de los individuos con las características de interés, lo que puede ocasionar la divergencia ya sea genética, morfológica, fitoquímica y reproductiva entre poblaciones silvestres y cultivadas, iniciando un proceso incipiente de domesticación (Avenidaño *et al.* 2009, Blancas *et al.* 2010, Aguirre-Dugua *et al.* 2012, Blanckaert *et al.* 2012, Casas *et al.* 2016, Carrillo-Galván *et al.* 2017, Carrillo-Galván *et al.* 2020). La domesticación en plantas es un proceso evolutivo en el que el ser humano manipula el paisaje y de manera específica, las características deseadas de los individuos, mediante la selección artificial, para favorecer su reproducción e incrementar su abundancia (Casas *et al.* 2007, 2016).

A lo largo de la historia del ser humano, las plantas aromáticas han sido utilizadas para el tratamiento de enfermedades, como condimento, conservador y ornamento (Inoue *et al.* 2019). El aroma y sabor que caracteriza a las plantas aromáticas es debido a los aceites esenciales que se producen en diversas partes, como son hojas, ramas, tallos, raíces, corteza, flores, frutos y semillas. Los aceites esenciales son mezclas complejas de decenas a centenas de compuestos químicos volátiles, integrados principalmente por terpenos, terpenoides y fenoles. Además, los aceites esenciales poseen actividades biológicas con aplicaciones industriales diversas (Buchbauer & Baser 2009, Dhifi *et al.* 2016). México es considerado uno de los centros de origen y domesticación de algunas especies de plantas aromáticas (Calvo-Irabien 2018). El manejo de las mismas ha dado como resultado divergencias en las características de las poblaciones silvestres y cultivadas (Bye 1979, Bautista-Lozada *et al.* 2012, Blanckaert *et al.* 2012, Carrillo-Galván *et al.* 2017, 2020). A partir de la variación intraespecífica presente en las plantas aromáticas, la selección que las personas hacen de ella se basa principalmente en su sabor y aroma y en algunas ocasiones se ha documentado que conduce al proceso de domesticación (Blanckaert *et al.* 2012, Carrillo-Galván *et al.* 2017, 2020). El síndrome de domesticación en plantas aromáticas podría estar integrado por cambios en el perfil químico de los metabolitos secundarios, gigantismo en las partes utilizadas, mayor inversión de recursos en la reproducción vegetativa que en la sexual e hibridación inter-específica (Carrillo-Galván *et al.* 2017). En poblaciones manejadas de vainilla (*Vanilla planifolia* Jack), el metabolito vainillina registró un incremento mientras que otros compuestos como el ácido *p* hidroxibenzoico y el ácido vainillínico disminuyeron (Salazar-Rojas *et al.* 2012). En el epazote (*Dysphania ambrosioides* L.) bajo manejo, se registró un aumento en el tamaño de las hojas y los dientes de éstas, así como la pérdida del metabolito ascaridol, el cual es tóxico para los humanos (Blanckaert *et al.* 2012). En la damiana (*Turnera diffusa* Willd), poblaciones bajo cultivo presentaron un aumento en los compuestos con capacidad antioxidante (Soriano-

Melgar *et al.* 2012). En el Chile (*Capsicum annuum* L.), como resultado del proceso de domesticación, se ha descrito un aumento del tamaño del fruto y cambios en la concentración de capsaicina (Luna-Ruiz *et al.* 2018).

El uso y manejo de las plantas aromáticas representan un ingreso importante en la economía familiar, en especial en comunidades rurales (Shippmann *et al.* 2006, Llamas-Torres 2015, Samet & Cikili 2015, Bhat *et al.* 2020). De igual manera, el crecimiento del comercio de aceites esenciales se ha incrementado (Calvo-Irabien 2018), por lo que es necesario desarrollar investigación que permita avanzar en el conocimiento, uso y aprovechamiento sostenible de estos recursos vegetales.

El género *Lippia* presenta cerca de 150 especies, la delimitación más reciente de las especies reporta que *Lippia organoides* Kunth es una especie muy variable, con una distribución amplia, desde el norte de Argentina hasta el norte de México. El nombre *L. graveolens* Kunth se establece como sinónimo de *L. organoides*, al igual que otros nombres frecuentemente utilizados, en México, para la determinación de esta especie, entre ellos *L. palmeri* S. Watson y *L. berlandieri* Schauer (O'Leary *et al.* 2012). Almeida *et al.* (2018) resaltan la considerable diversidad química dentro de *L. organoides* y la presencia de quimiotipos, lo cual ha sido reportado también para poblaciones silvestres de Colombia (Vega-Vela *et al.* 2013) y de México (Vargas-Mendoza *et al.* 2016). *Lippia organoides* es un arbusto perenne de hasta 4 m de altura, cuyas hojas y flores presentan un intenso olor a orégano. Tallo generalmente estrigoso, raramente hispido o ligeramente estrigoso. Hojas generalmente opuestas, en ocasiones ternadas, lámina elíptica a ovada, de 0.5 a 6.1 cm de largo y 0.3 a 3.5 cm de ancho. Las hojas se encuentran cubiertas de tricomas glandulares de tipo peltado y capitado, en los que se produce el aceite esencial (Martínez-Natarén *et al.* 2014). Inflorescencia compuesta, (2-) 3-6 florescencias por axila, brácteas apicales libres. Frutos esquizocarpos secos, 0.1-0.2 cm de largo (O'Leary *et al.* 2012). Las flores son sésiles y zigomórficas, hermafroditas y autocompatibles. En promedio el 11.4 % de las flores producen frutos con una o dos semillas (Ocampo-Velázquez *et al.* 2009). En México, las poblaciones silvestres de esta especie se localizan principalmente en matorrales xerófilos de regiones áridas y semiáridas, también se les encuentra en matorrales de duna costera y en selvas bajas caducifolias (Soto *et al.* 2007).

*Lippia organoides* se ha utilizado para distintos propósitos, principalmente como saborizante (Salazar *et al.* 2012, 2016) y como planta medicinal (Roys 1931, Linares & Bye 1989, Lewis 1990, Hopkins 2011). La especie es considerada como una fuente importante de compuestos bioactivos (Bautista-Hernández *et al.* 2021). Debido a estas propiedades, la cosecha y comercialización del orégano se ha desarrollado a lo largo de su área de distribución (Soto *et al.* 2007). En México existen pocos cultivares de *L. organoides* por lo que la mayoría de la cosecha y el manejo se realiza de forma silvestre, principalmente por comunidades rurales e indígenas (Huerta 1997, Granados-Sánchez *et al.* 2013, Llamas-Torres 2015, Orona-Castillo *et al.* 2017, Llamas-Torres *et al.* 2019, Rendón-Sandoval *et al.* 2020). Diversos autores han realizado estudios sobre el impacto de la cosecha en la especie (Soto *et al.* 2007, Osorno-Sánchez *et al.* 2009, Arellanes *et al.* 2013, Villavicencio-Gutiérrez *et al.* 2018, Llamas-Torres *et al.* 2019).

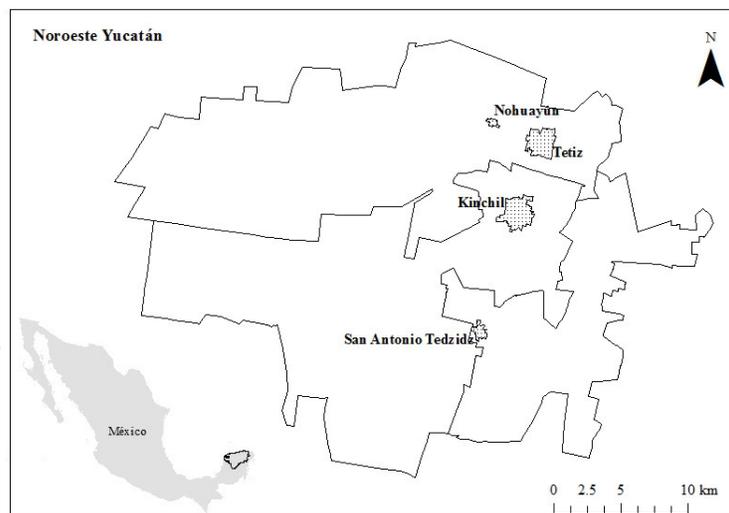
En México las hojas de orégano son consideradas un recurso forestal no maderable, su aprovechamiento se encuentra regulado por la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, su Reglamento (SEMARNAT 2021) y la NOM-007-RECNAT-1997 (SEMARNAT 1997). En la Península de Yucatán, *L. organoides* es una de las plantas aromáticas más usadas en la cocina yucateca (Salazar *et al.* 2012). Es por ello que la demanda de orégano en el mercado ha conducido a los pobladores rurales a su cosecha silvestre y a su cultivo, desencadenando una serie de prácticas de manejo que suponen un impacto sobre la especie. En el noroeste de Yucatán, el manejo se hace en tres sistemas, la vegetación natural, denominada localmente monte, y también en huertos familiares y parcelas agrícolas. La comercialización genera ingresos que contribuyen al presupuesto familiar, siendo parte importante de los medios de vida de las comunidades de esta región (Llamas-Torres 2015, Llamas-Torres *et al.* 2019). El valor en el mercado se basa en su aroma, debido al aceite esencial presente en hojas, tallos y flores. Los principales metabolitos que caracterizan el aceite esencial son el carvacrol y el timol (Castillo-Herrera *et al.* 2007, Calvo-Irabien *et al.* 2014) los cuales le confieren propiedades antimicrobianas, antioxidantes, además de antiparasitarias (Calvo-Irabien 2018). En la península de Yucatán, existe variación intraespecífica en el rendimiento y la composición química del aceite, la cual se encuentra asociada a características genéticas, y a condiciones edafológicas y climáticas (Calvo-Irabien *et al.* 2014, Martínez-Natarén *et al.* 2014).

Existen numerosos estudios experimentales sobre el manejo agronómico (Dunford & Silva-Vázquez 2005, Silva *et al.* 2015, Martínez-Hernández *et al.* 2017) y biotecnológico (Muñoz-Miranda *et al.* 2019, Aarland *et al.* 2020, Sánchez-Velázquez *et al.* 2021) de la especie. Sin embargo, son escasos y limitados los estudios del manejo tradicional en agroecosistemas.

El objetivo de este trabajo fue evaluar y comparar el impacto del manejo tradicional en poblaciones silvestres y cultivadas de *Lippia origanoides*, sobre la producción foliar, el rendimiento y la composición química del aceite esencial. Analizamos cómo las prácticas de manejo y de propagación han influenciado la variación encontrada en la producción de hojas y del aceite esencial. Esperamos encontrar una mayor producción de hojas, así como diferencias en la cantidad y composición química del aceite esencial en las poblaciones de huertos y parcelas, pues son sistemas con un manejo más intensivo. Esta tendencia sugeriría una selección positiva de los individuos con las características deseadas por los usuarios, en relación con los individuos de poblaciones silvestres.

## Materiales y métodos

*Sitio de estudio.* En el noroeste de Yucatán la cosecha silvestre y el cultivo de orégano se da principalmente en cuatro localidades rurales, Kinchil, Tetiz, Nohuyán y San Antonio Tedzidz, por lo que, dichas localidades fueron seleccionadas para este estudio (Figura 1, Tabla 1). Esta zona se caracteriza por poseer un clima cálido, el más seco de los subhúmedos con lluvias en verano, alto porcentaje de lluvias invernales, poca oscilación térmica y un máximo térmico cercano al solsticio de verano (Orellana-Lanza *et al.* 2010). Ocupada por selva baja caducifolia y vegetación secundaria (Durán & García-Contreras 2010) que se establece sobre una planicie kárstica de suelos del tipo leptosoles líticos, someros, con grandes cantidades de piedras y afloramientos de roca (Bautista *et al.* 2015).



**Figura 1.** Ubicación de las localidades de estudio.

*Obtención de datos. Manejo in situ-ex situ.*- Se realizó una primera entrevista semiestructurada, para identificar a los usuarios del orégano (Tabla 1). Se identificaron los sistemas de manejo en los que se trabaja el orégano en cada hogar, así como un panorama general de las prácticas de manejo llevadas a cabo, y se identificaron informantes clave. Posteriormente, utilizando un muestreo aleatorio estratificado se eligió, en las cuatro comunidades, el 30 % del total de hogares en los que se mencionó manejar el orégano ya sea *in situ*, *ex situ* o en diferentes combinaciones de ambos tipos de manejo. En estos 130 hogares, se realizó una segunda entrevista, semiestructurada, a 113 hombres y 17 mujeres, de entre 26 y 77 años. Adicionalmente, se realizó observación participante en los tres sistemas de

manejo mencionados por los entrevistados. Se acompañó a los cosechadores en 15 viajes a la vegetación natural, así como visitas a 10 huertos y 10 parcelas, por localidad. Con ambos métodos se obtuvo información específica sobre las actividades de manejo, quién y con qué frecuencia la realizan, así como los criterios utilizados para seleccionar individuos u hojas al cosechar o trasplantar y las formas de acceso al recurso y organización para su manejo. Como prácticas de manejo se consideraron todas las actividades humanas relacionadas con la manipulación *in situ* y *ex situ* (Casas & Parra 2007). Dichas actividades se agruparon en las categorías de manejo propuestas por González-Insuasti & Caballero (2007) y Casas *et al.* (2016, 2017).

**Tabla 1.** Características demográficas y físicas de las localidades estudiadas.

Localidad	No. habitantes/ No. hogares*	No. hablantes maya*	No. entrevistas	Altitud (m snm)*
Kinchil	6,307 / 1,583	4,034	56	3
Tetiz	3,939 / 993	2,866	18	6
Nohuayún	777 / 176	765	19	6
Tedzidz	1,237 / 312	1,012	37	-1

\*INEGI, 2010

En poblaciones de orégano, tanto en el monte como en huertos y parcelas, de las cuatro localidades, se realizó una evaluación de la producción de hojas y del rendimiento del aceite esencial, así como de su composición química. La identificación taxonómica de la especie fue llevada a cabo por expertos del Herbario del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). En cada localidad, se seleccionaron cuatro sitios de cada uno de los tres sistemas de manejo. En dichos sitios se marcaron ocho individuos de orégano (con una altura mayor a los 100 cm y con una copa de 1 m<sup>2</sup> aproximadamente). El número de sitios de cada sistema de manejo y de individuos fue determinado de tal manera que, con base en su disponibilidad y acordando con los participantes la menor intervención en el desarrollo habitual de la producción y cosecha, permitiera evaluar estadísticamente la variabilidad del impacto del manejo sobre las variables estudiadas.

Impacto del manejo de *Lippia origanoides* sobre la producción foliar.- En los tres sistemas de manejo, de las cuatro localidades, tanto en la temporada de sequía (marzo-mayo) como de lluvias (junio-octubre), a cada individuo se le midió el ancho, largo y la altura de la copa, para realizar el cálculo del volumen de la copa. Se cosecharon las hojas de cada individuo en su totalidad, fueron secadas a temperatura constante y pesadas. La producción foliar de cada individuo fue estimada con base en el peso seco de las hojas dividido entre el volumen de la copa, y el número de meses que representa cada temporada (g m<sup>-3</sup> mes<sup>-1</sup>). La disponibilidad de las muestras estuvo sujeta a la presencia de hojas durante el periodo de muestreo y a la colaboración de los participantes. Por tratarse de una especie caducifolia, para la temporada de sequía los individuos en el monte no presentaron hojas y tampoco en huertos y parcelas sin riego. Para la temporada de lluvia, algunos de los sitios no presentaron hojas debido a que éstas fueron cosechadas con anticipación al muestreo o las etiquetas de los individuos fueron removidas, o bien la persona participante decidió no continuar con el experimento y no fue posible realizar la cosecha de hojas.

Impacto del manejo de *Lippia origanoides* sobre el rendimiento de aceite esencial.- En cada sistema de manejo y localidad, la evaluación del rendimiento de aceite, se hizo con una muestra de 25 g de hoja de cada individuo siguiendo la metodología descrita en Calvo-Irabién *et al.* (2014). El rendimiento se determinó como gramos de aceite gramos de hoja<sup>-1</sup> × 100.

Impacto del manejo de *Lippia origanoides* sobre la composición química del aceite esencial y la concentración de carvacrol.- La descripción de la composición química del aceite esencial se llevó a cabo por medio de cromatografía

de gases. Se utilizó un cromatógrafo de gases Varian, columna DB5 de 60 m de largo y 0.25 mm de diámetro interno, tiempo total de 75.75 min para separar los componentes. La identificación y cuantificación de los compuestos obtenidos en el perfil cromatográfico, se hizo por comparación con estándares comerciales utilizando el mismo método. Los estándares fueron: carvacrol, timol, p-cimeno, terpinen-4-ol, beta-cariofileno, alfa-humuleno y óxido de cariofileno (SIGMA 99 % de pureza) y mirceno, limoneno, eucaliptol, gama-terpineno (FLUKA 99 % de pureza). Estos 11 compuestos son los que presentaron la mayor concentración (% de área del perfil cromatográfico) en las muestras analizadas y fueron seleccionados para el análisis estadístico con base en estudios previos (Calvo-Irabien *et al.* 2009, 2014).

*Análisis estadísticos de datos.* Manejo *in situ-ex situ*.- El análisis de la variabilidad en el tipo de manejo del orégano entre localidades se realizó mediante pruebas de independencia de  $\chi^2$  y los residuos corregidos de Haberman (Legendre & Legendre 1998, López-Roldán & Fachelli 2015) utilizando SPSS v. 15. La intensidad de manejo se estimó utilizando el promedio del número de actividades de manejo realizadas *in situ* y *ex situ*, en las distintas localidades. Se utilizó un ANOVA factorial de dos vías, para evaluar el efecto sobre la intensidad de manejo, de los factores: tipo de manejo (tres niveles), y localidad (cuatro niveles), así como el efecto de la interacción de ambos factores. Posteriormente, se realizaron pruebas múltiples de comparación por pares utilizando la corrección de Bonferroni (Quinn & Keough 2002).

Impacto del manejo de *Lippia origanoides* sobre la producción foliar, el rendimiento y la composición química del aceite esencial.- Se realizó un ANOVA factorial de dos vías para cada una de las variables de respuesta, biomasa foliar total ( $\text{g m}^{-3}$ ), rendimiento (%) y concentración de carvacrol (%) en el aceite esencial. Los factores evaluados fueron: tipo de manejo (tres niveles), y localidad (cuatro niveles), así como el efecto de la interacción de ambos factores. En caso de ser necesario los datos originales fueron transformados para cumplir con los supuestos del análisis. Posteriormente, se realizaron pruebas múltiples de comparación por pares, utilizando la corrección de Bonferroni (Quinn & Keough 2002).

La comparación de la similitud en la composición química del aceite esencial, en las muestras de los distintos sistemas de manejo y localidades, se hizo por medio de una matriz de datos con las muestras de aceite como renglones y, como columnas, la concentración (%) para cada uno de los 11 compuestos mayoritarios del aceite esencial. La identificación de grupos se hizo mediante un análisis de conglomerados, utilizando un método jerárquico aglomerativo, como medida de asociación entre las muestras se usó la distancia euclidiana y como algoritmo de agrupación el promedio aritmético no ponderado (Legendre & Legendre 1998). Los análisis se realizaron usando Metaboanalyst v. 5 (Xia *et al.* 2015).

Finalmente, se realizó un análisis de correlación de Pearson, para evaluar la relación entre la producción de hojas, el rendimiento del aceite esencial y la concentración de carvacrol, en los individuos de orégano estudiados, utilizando SPSS v. 15.

## Resultados

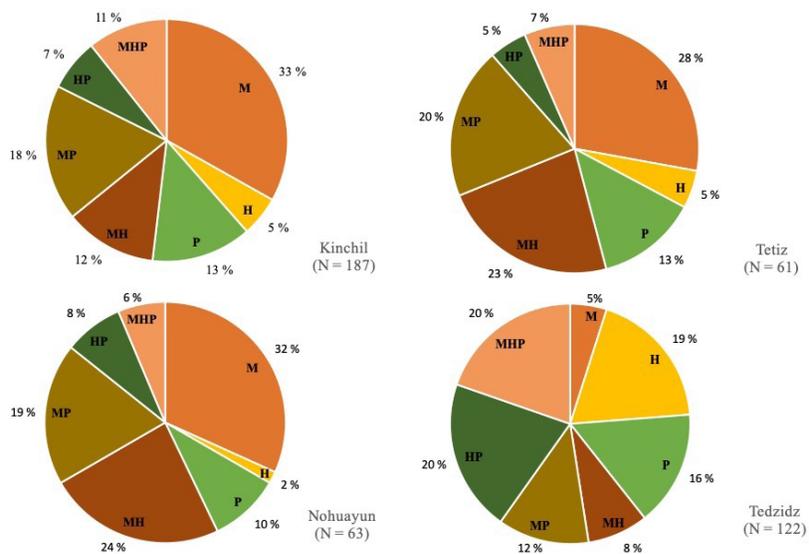
*Prácticas de manejo in situ-ex situ.* La proporción promedio de hogares dedicados al manejo del orégano por localidad fue de  $23 \pm 8.3$  %. Tedzidz y Nohuayún fueron las localidades con mayor porcentaje de hogares dedicados al manejo del orégano, con 39 y 36 % de los hogares, respectivamente. Tetiz fue la localidad con el menor porcentaje de hogares, siendo 6 % y en Kinchil, el 12 %. El orégano se maneja en tres sistemas de manejo, la vegetación natural, los huertos familiares y las parcelas agrícolas (Figura 2). En las localidades de Kinchil, Tetiz y Nohuayun, las preferencias para manejar el orégano en el monte, es decir *in situ*, y *ex situ*, en huertos y parcelas, fueron similares (Figura 3). El 55 % de los hogares de estas tres localidades prefieren combinar los sistemas de manejo. El manejo únicamente en el monte lo lleva a cabo el 24 % de las personas entrevistadas, 13 % sólo en parcelas y el 8 % sólo en huertos. La localidad de Tedzidz, se distingue de las demás, pues después de un manejo combinado en los distintos

## Impacto del manejo en orégano mexicano

sistemas (60 %), prefieren su manejo únicamente en huertos (19 %) o parcelas (16 %) y sólo el 5 % lo maneja sólo en el monte (Figura 3d).



**Figura 2.** Sistemas de manejo del orégano (*Lippia origanoides*) en el noroeste de Yucatán. A) Vegetación natural (“monte”), B) Huerto familiar, C) Parcela agrícola de orégano, D) cosecha manual del orégano.



**Figura 3.** Proporción de hogares (%) que utilizan el orégano en los distintos sistemas de manejo para las cuatro localidades de estudio (M = monte, H = huerto, P = parcela). N = número de hogares entrevistados.

En función de, si el manejo se realiza *ex situ* o *in situ*, si utilizan criterios de selección de individuos y las actividades de manejo llevadas a cabo, se definieron los tipos de manejo (Tabla 2). La mayoría de los entrevistados, 39 % o más, mencionó manejar el orégano tanto *in situ* como *ex situ*. No obstante, se observó una variación significativa en el tipo de manejo que se realiza en las localidades estudiadas ( $\chi^2 = 14.95$  gl = 6,  $P < 0.02$ ). En la localidad de Tedzidz el número de entrevistados que mencionó manejar el orégano *in situ* fue menor, mientras que los que lo manejan *ex situ* fue mayor, en Kinchil se encontró un número mayor de usuarios en el manejo *in situ* (Tabla 3).

**Tabla 2.** Categorías de manejo definidas con base en el tipo de manejo, criterios de selección y actividades realizadas para el orégano (*Lippia organoides*) en el noroeste de Yucatán.

Tipo de manejo	Criterio selección	Actividades de manejo	Propagación
<i>In situ</i> no selectivo	Ninguno	Deshierbe, poda	No mencionada
<i>In situ</i> selectivo	Altura del individuo, grosor, dureza y tamaño de las hojas	Deshierbe, poda	No mencionada
<i>Ex situ</i> no selectivo	Ninguno	Deshierbe, riego, poda reubicación	Dispersión manual de semillas
<i>Ex situ</i> selectivo	Altura del individuo, vigor, éxito en el trasplante	Deshierbe, poda, riego, reubicación de individuos, fertilización, aplicación de herbicida	Trasplante de individuos provenientes del monte

**Tabla 3.** Variación del tipo manejo de *Lippia organoides* Kunth en las localidades estudiadas. Se muestra la frecuencia relativa (%) de hogares que manejan el orégano en el gradiente *in situ* - *ex situ*.

Tipo de manejo	Kinchil	Tetiz	Nohuayún	Tedzidz
<i>In situ</i>	32.1*	27.8	21.0	2.7*
<i>Ex situ</i>	28.6	22.2	26.4	51.4*
Ambos	39.3	50.0	52.6	45.9
Total entrevistados	56	18	19	37

\*valores distintos a los esperados, con base en los residuos corregidos.

Con relación a los criterios de selección utilizados, se observó que en el manejo *in situ*, todas las personas entrevistadas en Tetiz y Nohuayun mencionaron un manejo selectivo. Únicamente el 16 y 10 % de los entrevistados, en Kinchil y Tedzidz, respectivamente, mencionaron realizar un manejo no selectivo. En el manejo *ex situ* también predominó el manejo selectivo, únicamente 2 % de las personas entrevistadas mencionaron un manejo no selectivo, en la comunidad de Kinchil.

La intensidad de manejo mostró un efecto significativo tanto de la interacción localidad-tipo de manejo ( $F_{(3,187)} = 3.19$ ,  $P = 0.030$ ), así como del factor, tipo de manejo ( $F_{(1,187)} = 112$ ,  $P = 0.0001$ ). El efecto del factor localidad no fue estadísticamente significativo ( $F_{(3,187)} = 0.8$ ,  $P = 0.50$ ). La mayor intensidad de manejo fue registrada en el manejo *ex situ* selectivo, con un promedio de intensidad de manejo igual o mayor a tres, con excepción de la comunidad de Nohuayún. La menor intensidad se registró en el manejo *in situ* selectivo de las localidades de Kinchil y Tedzidz con un promedio de intensidad de manejo menor a dos actividades (Tabla 4).

**Tabla 4.** Intensidad de manejo del orégano (*Lippia origanoides*) en las localidades del noroeste de Yucatán. Se muestra el valor promedio  $\pm$  error estándar del número de actividades de manejo y el tamaño de muestra. Los valores señalados con la misma letra no mostraron diferencias estadísticamente significativas.

Tipo de manejo	Kinchil	Tetiz	Nohuayun	Tedzidz
<i>In situ</i> selectivo	1.8 $\pm$ 0.08 <sup>c</sup> (N = 32)	2.0 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup> (N = 14)	2.0 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup> (N = 15)	1.8 $\pm$ 0.20 <sup>c</sup> (N = 13)
<i>Ex situ</i> selectivo	3.3 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup> (N = 40)	3.0 $\pm$ 0.20 <sup>a</sup> (N = 14)	2.7 $\pm$ 0.16 <sup>a,b</sup> (N = 15)	3.3 $\pm$ 0.11 <sup>a</sup> (N = 52)

*Manejo in situ.* El manejo del orégano *in situ*, se lleva a cabo en áreas con vegetación de selva baja caducifolia, en las que el orégano crece naturalmente. Todos los usuarios mencionaron tolerar a la especie, dejando en pie individuos al abrir brechas pequeñas, para la recolección de leña, la cacería, la producción de carbón o la apicultura. No realizan ninguna selección sobre los individuos que dejan en pie. En el monte, el orégano es cosechado principalmente por mujeres o jóvenes, que acuden en parejas, grupos familiares o de vecinos, en menor frecuencia acuden hombres de forma individual. Las hojas de orégano son cosechadas sólo en la temporada de lluvia, ya que en temporada de sequía el orégano pierde totalmente sus hojas. La cosecha en el monte comienza dos o tres semanas después de iniciada la temporada de lluvias, una vez que el orégano presenta abundante follaje. Se cosecha casi el 100 % de las hojas de un individuo, desprendiendo las hojas de las ramas, lo que los usuarios denominan “raspar el orégano”. Un mismo individuo puede ser cosechado dos o tres veces dependiendo de la duración de la temporada de lluvia. La cosecha del orégano termina una vez que el orégano comienza su floración y fructificación (noviembre-febrero), ya que la cantidad de hojas disminuye considerablemente y se les dificulta separar las hojas de flores y frutos, lo cual es una condición del comprador quien compra sólo la hoja. La cosecha generalmente se realiza en individuos superiores a los 100 cm de altura, con hojas maduras, que los cosechadores denominan “sazonas”, y describen como duras, gruesas, grandes y de fácil desprendimiento.

El 47 % de las personas entrevistadas hicieron referencia a la altura del individuo como criterio de selección para realizar la cosecha. Las características de las hojas fueron mencionadas con mayor frecuencia como criterio de selección, el 68 y 78 % mencionaron el grosor y la dureza, respectivamente, y el 5 % mencionó el tamaño. Los individuos con hojas pequeñas y delgadas denominadas “sencillas”, generalmente no son cosechados porque mencionan que las hojas no pesan después de ser secadas. Todos los entrevistados mencionaron no utilizar el aroma para distinguir, o seleccionar, entre los individuos u hojas que deciden cosechar.

En el monte, las personas llevan a cabo distintas prácticas de protección y promoción o fomento de la especie. En el 40 % de los casos realizan el deshierbe, en el que eliminan plantas de otras especies que impiden o disminuyen el crecimiento y desarrollo del orégano. Mencionan que si no se las quitan “el orégano no crece, lo ahorcan”. Asimismo, el 89 % mencionó llevar a cabo la poda de ramas, la cual en general se realiza quebrando las mismas con las manos en el momento de la cosecha. Algunas personas consideran que esto perjudica al individuo, mientras que otras mencionaron que esto “hace que crezcan mejor”. En individuos superiores a 180 cm de altura, con la finalidad de que el orégano tenga un menor tamaño que facilite su cosecha y aumente su vigor, podan con una coa las ramas más altas. Ninguno de los entrevistados mencionó realizar la poda completa del individuo, cortando en la base del tallo principal.

*Manejo ex situ.* El manejo del orégano *ex situ* se lleva a cabo en huertos y parcelas. Los huertos están directamente asociados al hogar y se encuentran en el traspatio de las casas delimitados con albarradas. El orégano es manejado principalmente por mujeres, en algunas ocasiones los hombres, y algunos jóvenes también participan. Los huertos tienen una superficie de entre 50 y 4,800 m<sup>2</sup> el orégano se encuentra creciendo en compañía de gran diversidad de árboles frutales, otras hierbas aromáticas y diversas plantas de ornato.

Las parcelas agrícolas se encuentran alejadas del hogar, son más grandes que los huertos (400-10,000 m<sup>2</sup>) y la mayoría de las labores de manejo son realizadas por el o los propietarios de la parcela, generalmente varones. El orégano regularmente se encuentra creciendo en policultivo con cítricos, pitahaya y ciruela. El 98 % de los entrevistados mencionaron que trasplantan individuos completos de orégano desde el monte hacia sus parcelas o huertos, con el fin de realizar su cultivo. En las parcelas, comúnmente son los hombres quienes lo realizan, mientras que en los huertos son principalmente las mujeres. Únicamente dos de las personas entrevistadas mencionaron que el establecimiento del orégano fue porque “riegan”, o dispersan manualmente, las semillas que les quedan al secar las hojas cosechadas en el monte. Sin embargo, comentan que “siempre son muy pocos los individuos que logran germinar”. Ocasionalmente el orégano se puede establecer de forma natural mediante la dispersión de sus semillas, y en estos casos las personas inicialmente toleran su establecimiento y posteriormente lo protegen y/o fomentan.

Al trasplantar, en el 80 % de los casos los individuos son elegidos por su tamaño, con una altura entre 40 y 50 cm, el 68 % mencionó “que aguanten el trasplante” refiriéndose a individuos que crecen en suelo arcilloso de color rojo (“*k'ankab*”), ya que ello les sugiere una raíz bien desarrollada. Sólo el 5% mencionó que estén “fuertes” refiriéndose a individuos con tallos gruesos y hojas abundantes. En ninguna de las entrevistas se mencionó que los individuos seleccionados para trasplantar fueran elegidos por su aroma.

El riego, trasplante, reubicación, fertilización y aplicación de herbicidas son actividades exclusivas del manejo *ex situ*. El riego es muy variable, se aplica en el 80 % de parcelas y 75 % de huertos y puede ser indirecto o directo. En los huertos, el riego indirecto es por escurrimiento de agua de uso doméstico, del riego de otras plantas, agua utilizada para la alimentación de animales; cuando el riego es directo se realiza con la ayuda de baldes o mangueras. Únicamente el 14 % de los huertos presentó sistema de riego tecnificado. El agua proviene del sistema de abastecimiento de agua potable, el cual está programado durante cinco horas al día. En las parcelas, el riego es directo en el 48 % con sistema de irrigación tecnificado. En el resto se realiza con la ayuda de baldes o mangueras, el agua proviene de pozos, se extrae con la ayuda de poleas manuales, bombas eléctricas o de gasolina.

La poda de individuos es realizada en el 97 % de los casos en los huertos y el 100 % de las parcelas. La poda de las ramas se realiza principalmente durante la cosecha, usando las manos de la misma forma previamente descrita para el manejo *in situ*. En el caso de la poda completa del tallo principal, esta se realiza a 20 o 30 cm del suelo, con la ayuda de una coa o machete, para fomentar la regeneración y aumentar el vigor, en especial de individuos “viejos” y tener un tamaño que facilite la cosecha. Este tipo de poda es poco frecuente, se realiza una vez terminada la época de cosecha, en el 12 % de huertos y 16 % de parcelas, y no la realizan todos los años.

En el 100 % de huertos y parcelas se realiza el deshierbe manual para controlar o eliminar hierbas que pudieran limitar el crecimiento del orégano. La aplicación de herbicidas solo se da en el 10 % de las parcelas. En el 9 % de los huertos y de las parcelas se realiza la fertilización, la cual se aplica de forma general para las especies cultivadas. La reubicación de individuos se mencionó en un 23 % para las parcelas y 21 % para los huertos, con la finalidad de ordenar el cultivo y proporcionar mayor espacio o lugares menos sombreados para favorecer el desarrollo.

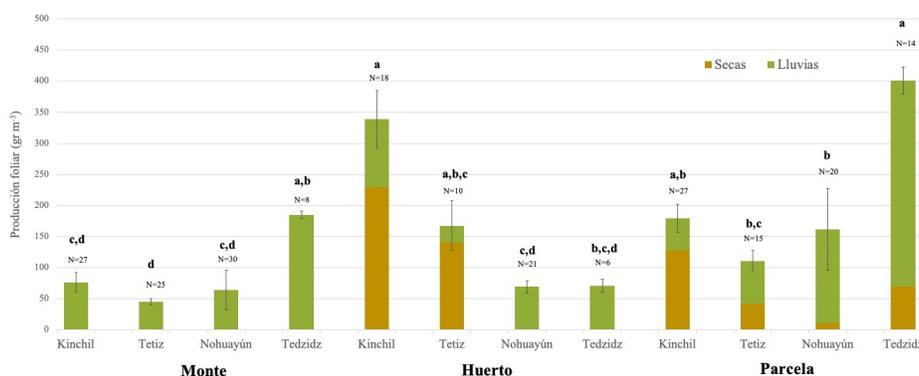
Una vez que el orégano se establece y alcanza una talla aproximada de 100 cm de altura, un individuo es cosechado en promedio  $3.3 \pm 0.2$  veces por ciclo, reportando un mínimo de una cosecha en huertos y dos en parcelas, y un máximo de seis veces. La cosecha de hojas en huertos y parcelas generalmente es realizada por mujeres.

Al igual que en el monte, en huertos y parcelas la cosecha de orégano normalmente es suspendida durante la temporada de floración y fructificación. Una vez que pasa la temporada de reproducción, en caso de estar disponibles, las hojas de orégano son cosechadas nuevamente.

*Acceso al orégano y organización social.* El acceso, uso y manejo del orégano, está influenciado por normas formales e informales que existen a distintos niveles. De acuerdo con la Ley Agraria (SRA 1992) las comunidades estudiadas se encuentran dirigidas por una asamblea ejidal, que es el órgano de gobernanza local colectiva, conformado por ejidatarios que tienen acceso a los derechos y decisiones sobre la propiedad, el uso y manejo de la tierra, y de los recursos naturales que en ella se distribuyen. La cosecha en el monte es realizada en tierras de uso común. No existen restricciones de acceso al recurso vegetal, tampoco reglas o acuerdos establecidos entre los miembros del ejido para

normar el uso y la cosecha. La propiedad de los huertos y las parcelas es otorgada por la asamblea ejidal. Los huertos son parte del territorio asignado para el asentamiento del hogar. Las parcelas son solicitadas a la asamblea para el establecimiento de actividades productivas. Tanto en los huertos como en las parcelas el acceso al orégano está limitado únicamente a los poseedores del derecho sobre ese territorio. En los huertos el manejo del orégano se organiza a nivel familiar. Para el manejo del orégano en las parcelas, las personas generalmente se encuentran previamente organizados en grupos de productores de cítricos y pitahaya, que son los cultivos a los que generalmente se encuentra asociado el orégano. La organización está constituida con la finalidad de pedir apoyos económicos para la instalación de sistemas de riego, recibir donaciones de agroquímicos, para la regulación del riego y pago de electricidad utilizada para operar las bombas.

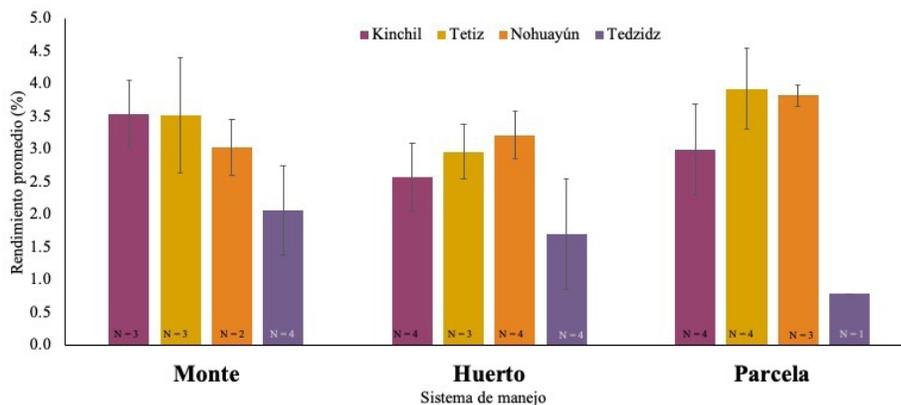
*Impacto del manejo de Lippia origanoides sobre la producción foliar, el rendimiento y la composición del aceite esencial.* La producción promedio de hoja seca de orégano por individuo (lluvias+secas) fue de  $142.8 \pm 10.1 \text{ g m}^{-3}$ , con un mínimo de  $10.1 \text{ g m}^{-3}$  y un máximo de  $963.8 \text{ g m}^{-3}$ . Se encontró un efecto significativo sobre la producción foliar total tanto de la interacción localidad-sistema de manejo ( $F_{(6,209)} = 9.9, P < 0.0001$ ), como del sistema de manejo ( $F_{(2,209)} = 25.9, P < 0.0001$ ) y la localidad ( $F_{(3,209)} = 12.6, P < 0.0001$ , [Figura 4](#)). Los individuos manejados *ex situ* fueron los más productivos, con una biomasa foliar de  $202.8 \pm 19.2 \text{ g m}^{-3}$  y  $176.4 \pm 23.6 \text{ g m}^{-3}$  en parcela y huerto, respectivamente. El manejo *in situ*, presentó los valores menores ( $71.5 \pm 7 \text{ g m}^{-3}$ ). Se observó una variación de este patrón en algunas de las comunidades dependiendo de las condiciones específicas de manejo del orégano ([Figura 4](#)). La producción foliar promedio mostró una variación temporal importante. En el monte, los individuos sólo presentaron hojas durante la temporada de lluvias, al igual que en los huertos de Tedzidz y Nohuayun, que no presentaron riego. En el resto de huertos y parcelas, debido a la presencia de riego, se observó la producción de hojas también durante la temporada de sequía ([Figura 4](#)). En ambas temporadas existió un efecto significativo sobre la producción foliar promedio tanto de la interacción entre el sistema de manejo y la localidad (lluvias:  $F_{(6,210)} = 6.24, P < 0.0001$ ; secas:  $F_{(3,232)} = 7, P = 0.0001$ ), como de los efectos principales de los factores, sistema de manejo (lluvias:  $F_{(2,210)} = 7.2, P = 0.001$ ; secas:  $F_{(1,232)} = 14.3, P = 0.0002$ ) y localidad (lluvias:  $F_{(3,210)} = 4.35, P = 0.001$ ; secas:  $F_{(3,232)} = 34.3, P < 0.0001$ ).



**Figura 4.** Promedio de la biomasa foliar seca total (secas + lluvias)  $\pm$  error estándar de hojas de orégano (*Lippia origanoides*), número de individuos en cada (N) tratamiento. Las letras diferentes en las barras indican diferencias significativas. El análisis estadístico fue realizado con los datos transformados, en el gráfico se muestran los valores en la escala original para facilitar la interpretación.

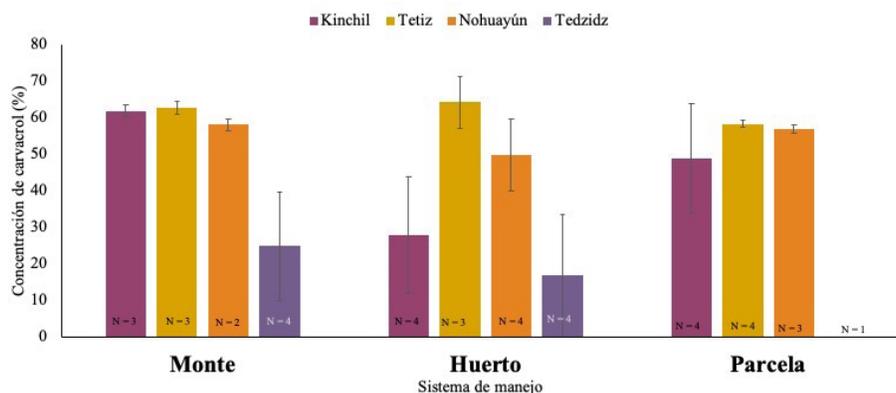
El rendimiento del aceite esencial extraído de las hojas de orégano, durante la temporada de lluvias, no mostró un efecto significativo ni de la interacción localidad-sistema de manejo ( $F_{(6,29)} = 0.53; P = 0.78$ ), ni del sistema de manejo ( $F_{(2,29)} = 0.08, P = 0.92$ ). Sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre localidades ( $F_{(3,29)} = 4.30; P < 0.01$ ). La localidad de Tedzidz, presentó el menor rendimiento promedio de aceite esencial por individuo ( $1.7 \pm 0.5 \%$ ). El rendimiento en las otras tres localidades estudiadas fue superior al 3 % ([Figura 5](#)). Para la tempo-

rada de secas, no se encontró un efecto significativo de la interacción localidad-sistema de manejo ( $F_{(2,8)} = 0.12$ ,  $P = 0.88$ ), ni del sistema de manejo ( $F_{(1,8)} = 1.62$ ,  $P = 0.23$ ). Se obtuvo un efecto significativo de la localidad ( $F_{(3,8)} = 5.35$ ,  $P = 0.02$ ). Tedzidz fue la localidad con el menor rendimiento (0.57 %), no existieron diferencias en el rendimiento de las otras tres localidades, siendo este superior al 2.5 %.



**Figura 5.** Rendimiento promedio (%)  $\pm$  error estándar del aceite esencial de orégano (*Lippia origanoides*), tamaño de la muestra (N) de cada tratamiento durante la temporada de lluvias, en el noroeste de Yucatán.

La concentración promedio de carvacrol durante la temporada de lluvia, no mostró un efecto significativo ni de la interacción localidad-sistema de manejo ( $F_{(6,29)} = 0.53$ ,  $P = 0.78$ ) ni del sistema de manejo ( $F_{(2,29)} = 1.03$ ,  $P = 0.37$ ). Se encontró un efecto significativo de la localidad ( $F_{(3,29)} = 5.95$ ,  $P = 0.002$ ; [Figura 6](#)). Tedzidz presentó la menor concentración de carvacrol ( $18.5 \pm 9.5$  %), mientras que en las tres localidades restantes el porcentaje de carvacrol superó el 40 % ([Tabla 5](#)). Para la temporada de sequía, no hubo un efecto significativo de la interacción localidad-sistema de manejo ( $F_{(2,8)} = 0.71$ ,  $P = 0.52$ ), ni del sistema de manejo ( $F_{(1,8)} = 1.08$ ,  $P = 0.33$ ). El efecto de la localidad fue significativo ( $F_{(3,8)} = 5.8$ ,  $P = 0.02$ ). Tedzidz presentó una menor concentración de carvacrol (2.5 %), las demás localidades obtuvieron valores mayores al 50 %.



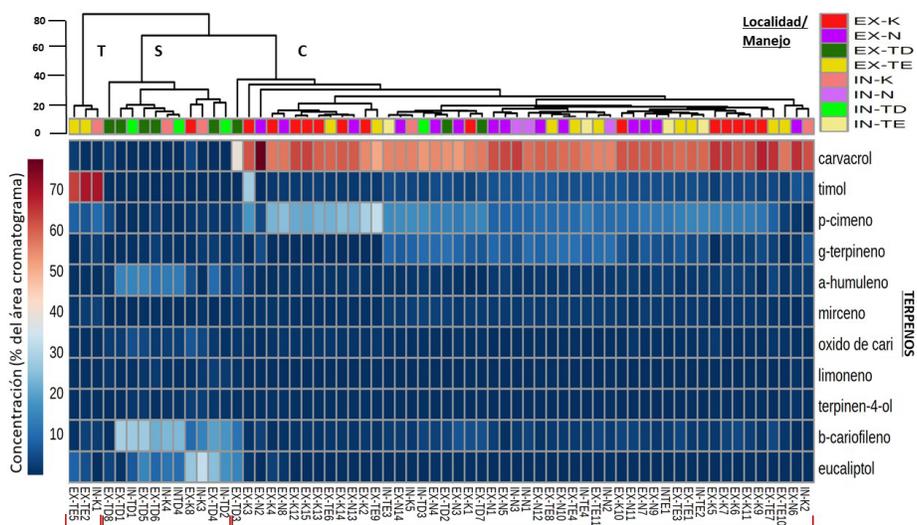
**Figura 6.** Concentración promedio (%)  $\pm$  error estándar de carvacrol en el aceite esencial de orégano (*Lippia origanoides*), el tamaño de la muestra (N) de cada tratamiento durante la temporada de lluvias, en el noroeste de Yucatán.

El análisis de conglomerados permitió definir tres grupos ([Figura 7](#)). El primer grupo, conformado por individuos en los que el aceite presenta una elevada concentración de carvacrol, mayor al 40 % (C). El segundo grupo, con una elevada concentración de timol (*ca.* 70 %, T) y el tercer grupo con bajas concentraciones de timol y carvacrol y pre-

**Tabla 5.** Promedio del rendimiento (%) y la concentración de carvacrol (%) ± error estándar, del aceite esencial de *Lippia origanoides*, el tamaño de la muestra (N) por localidad, en el noroeste de Yucatán. Las letras diferentes en los valores indican diferencias significativas debidas al efecto de la localidad.

Localidad	N	Rendimiento (%)	Concentración de carvacrol (%)
Kinchil	11	3.4 ± 0.3 <sup>a</sup>	44.8 ± 8.5 <sup>a</sup>
Tetiz	10	3.5 ± 0.4 <sup>a</sup>	61.5 ± 2.1 <sup>a</sup>
Nohuayún	9	3.3 ± 0.3 <sup>a</sup>	53.3 ± 5.3 <sup>a</sup>
Tedzidz	9	1.7 ± 0.5 <sup>b</sup>	18.5 ± 9.5 <sup>b</sup>

dominancia beta-cariofileno, alfa-humuleno y eucaliptol (S). Del total de individuos analizados el 78 % perteneció al grupo carvacrol, 5 % al grupo timol y 11 % al grupo no fenólico (Figura 7). No se observó una tendencia clara de agrupación de los individuos con relación al manejo, los individuos se distribuyen en los tres grupos independientemente de si son manejados *in situ* o *ex situ*. Los individuos del grupo no fenólico se concentraron en la comunidad de Tedzidz, representando el 67 % (Figura 7).



**Figura 7.** Análisis de conglomerados y mapa de calor de la composición química del aceite esencial de *Lippia origanoides* en los tipos de manejo y sitios de estudio. Se muestran las concentraciones (% área total del perfil cromatográfico) de los 11 compuestos mayoritarios. C = quimiotipo carvacrol, T = timol, S = no fenólico. Los códigos de los tratamientos representan: el tipo de manejo (IN = *in situ*, EX = *ex situ*), sitio de estudio (K = Kinchil, TE = Tetiz, N = Nohuayún, TD = Tedzidz) y código de la muestra.

Se observó una correlación negativa entre la producción de hojas y el rendimiento de aceite esencial ( $r_{(53)} = -0.35$ ;  $P = 0.01$ ), el rendimiento de aceite y la concentración de carvacrol, mostraron una correlación positiva ( $r_{(53)} = 0.60$ ;  $P < 0.001$ ). No existió correlación entre la producción de hojas y la concentración de carvacrol ( $r_{(53)} = -0.22$ ;  $P = 0.11$ ).

### Discusión

*Manejo in situ - ex situ del orégano en el noroeste de Yucatán.* La mayoría de los hogares que manejan el orégano lo realizan en poblaciones tanto *in situ*, en la vegetación natural, como *ex situ*, en huertos familiares y parcelas agrícolas.

Los mayas yucatecos, se caracterizan por poseer una estrategia de uso múltiple del ecosistema y sus recursos, lo que les ha permitido mantenerse a lo largo de la historia a partir de una economía que favorece, al mismo tiempo, el producir sus alimentos y comercializar sus productos. A nivel familiar, esta estrategia múltiple de manejo del recurso les proporciona seguridad económica, que les ayuda a hacer frente a eventos extremos como enfermedades, huracanes o incendios (García-Frapolli *et al.* 2008, Toledo *et al.* 2008). En tres de las cuatro comunidades estudiadas el manejo del orégano *in situ* es la opción elegida por cerca de un tercio de las personas entrevistadas. Lo anterior resalta la importancia del ecosistema natural para el uso y manejo de esta especie y por tanto enfatiza la importancia de su conservación. No obstante, el hecho de que únicamente es posible manejarlo durante la temporada de lluvias, es la causa principal del manejo de esta especie *ex situ*. Diversos estudios han resaltado la importancia que los ecosistemas naturales representan en el uso y manejo de los recursos vegetales, en especial para los usuarios que no tienen acceso a la posesión de áreas para cultivar (Arnold & Ruiz-Pérez 2001, Belcher *et al.* 2005, Kusters *et al.* 2006, Uberhuaga *et al.* 2012).

Las actividades de manejo realizadas tanto *in situ* como *ex situ* son semejantes a las reportadas para otras especies de arbustos y árboles en nuestro país (González-Soberanis & Casas 2004, Blancas *et al.* 2010). Asimismo, otros autores han encontrado una mayor intensidad de manejo en condiciones *ex situ*. El documentar la variación en el tipo e intensidad del manejo es relevante para avanzar en el entendimiento de la evolución de las prácticas asociadas a la domesticación, así como para el diseño de estrategias sostenibles de uso y producción de plantas aromáticas.

*Producción foliar.* La mayor intensidad en el manejo encontrada en los huertos y las parcelas, tuvo un impacto significativo al aumentar en dos y hasta tres veces la producción de hojas, lo que confirma que el manejo *ex situ* y la intensificación del manejo tienen un impacto importante sobre el recurso vegetal. Flores-Hernández *et al.* (2011) reportan la misma tendencia de mayor producción de hoja bajo cultivo y riego que en poblaciones silvestres. El incremento en la producción de hojas como resultado del riego ha sido reportado también en condiciones experimentales (Dunford & Silva-Vázquez 2005, Villa-Castorena *et al.* 2011). El resultado de algunas localidades en las que la productividad de hoja *in situ* fue similar o mayor a la encontrada *ex situ*, sugiere que otros factores, además del manejo, pueden estar influyendo en esta respuesta. En el caso de Tedzidz, se puede deber al gran tamaño que presentaron los individuos que se midieron en el monte. En esta localidad fue difícil lograr el acceso a sitios de monte en los que se pudiera llevar a cabo el marcaje y seguimiento de individuos a lo largo del año. Por otro lado, el acceso al agua y a sistemas de riego tecnificados presenta serias limitaciones y varía considerablemente entre los usuarios y las localidades estudiadas, explicando, en parte, la variación encontrada, en especial en la temporada de sequía. Contar con información sobre las diferencias en las condiciones del suelo y microclima podría también ayudar a explicar la variabilidad encontrada.

El aumento en la producción de las hojas derivado de un manejo en huertos y parcelas ha sido registrado para otros productos forestales no maderables como la palma *xa'an* (*Sabal* spp.) (Martínez-Ballesté *et al.* 2002, 2008). En plantas aromáticas, diferencias en el tamaño de las hojas y de la biomasa final entre poblaciones silvestres y cultivadas han sido reportadas por Blanckaert *et al.* (2012) para el epazote (*Dysphania ambrosioides*).

*Rendimiento, composición química y concentración de carvacrol en el aceite esencial.* En plantas aromáticas se ha reportado una reducción de la cantidad de biomoléculas por efecto del manejo (Blanckaert *et al.* 2012 Salazar-Rojas *et al.* 2012, Luna-Ruiz *et al.* 2018), o bien un aumento por la selección de individuos con un aroma más intenso (Carrillo-Galván *et al.* 2017). En el caso de *Lippia organoides* los resultados demostraron que no existió un efecto significativo del tipo de manejo sobre el rendimiento del aceite esencial, ni sobre la concentración de carvacrol. Nuestros resultados coinciden con lo reportado por Dunford & Silva-Vázquez (2005), quienes no encontraron un efecto significativo de diferentes niveles de riego sobre el rendimiento, ni tampoco sobre la concentración de timol o carvacrol en el aceite esencial de *L. organoides*. Contrario a lo encontrado por Flores-Hernández *et al.* (2011), quienes mencionan un mayor rendimiento en plantas bajo cultivo y riego que en poblaciones silvestres. No obstante, las comparaciones se ven limitadas por tratarse en su mayoría de estudios experimentales y por el hecho de que se ha reportado una correlación entre el quimiotipo y el rendimiento del aceite esencial (Calvo-Irabien *et al.* 2014).

En cuanto a las diferencias en el rendimiento y la concentración de carvacrol, encontradas entre las localidades, los resultados coinciden con lo previamente reportado. Los tres quimiotipos descritos para Yucatán están presentes en las comunidades estudiadas, y el rendimiento presentó los valores más bajos en el sitio donde predominaron los individuos del quimiotipo no fenólico (Calvo-Irabián *et al.* 2014, Martínez Natarén *et al.* 2014, Vargas-Mendoza *et al.* 2016)

La ausencia de un efecto debido al manejo, puede estar relacionada con el hecho de que no existe una selección de individuos con base en su aroma, lo cual fue referido en distintas ocasiones por las personas entrevistadas. La dominancia del quimiotipo carvacrol en la zona de estudio, con el 78 % de los individuos, podría ser la explicación, pues son escasos los individuos con un aroma distinto y por ello no es perceptible por los usuarios. La percepción de la variación intraespecífica es una condición para que exista una selección artificial (Aguirre-Dugua *et al.* 2012). Si no existe una variación evidente, no es posible que exista una preferencia por individuos con base en el aroma, ya sea al momento de seleccionar los individuos para la cosecha *in situ*, o para su introducción a sistemas de manejo *ex situ*. Sólo en la localidad de Tedzidz, 3.8 % de las personas entrevistadas reportaron un orégano que “picaba más” pero no mencionaron realizar una selección de individuos por su aroma. En esta comunidad se encontró que la mayoría (67 %) de los individuos analizados pertenecen al quimiotipo no fenólico, el cual se caracteriza por tener un aroma más discreto, es por ello que probablemente, al encontrar poblaciones o individuos con los quimiotipos carvacrol, con un aroma más intenso, puedan percibir las diferencias. Por otro lado, la proporción de quimiotipos encontrada en el monte es similar a la encontrada en los huertos y las parcelas, lo que sugiere un muestreo aleatorio de los individuos que son trasplantados.

De acuerdo con la literatura, en Mesoamérica es muy común encontrar especies que son manejadas en el gradiente *in situ-ex situ*, lo cual puede o no contribuir a la domesticación (Casas *et al.* 2007, 2016). Para plantas aromáticas, la selección se realiza principalmente sobre las partes de la planta que presentan aroma (Carrillo-Galván *et al.* 2017). La elección de caracteres asociados a las estructuras vegetales que presentan el aroma se ha reportado como evidencia de domesticación incipiente en epazote (*Dysphania ambrosioides* L.) y toronjil cultivado (*Agastache mexicana* Kunth) (Blanckaert *et al.* 2012, Carrillo-Galván *et al.* 2020). En el caso del manejo del orégano en el noroeste de Yucatán, no se encontró evidencia de que exista una selección artificial dirigida por la variación en el aroma. La selección para la cosecha *in situ* de individuos por su altura, así como por el tamaño y textura de las hojas, puede deberse a la importancia que estas características tienen en la productividad para su comercialización, la cual representa el uso actual más importante para esta especie en la zona de estudio. La selección de individuos para su trasplante es una práctica de manejo que sumada al riego, reubicación, aplicación de herbicidas y la fertilización podrían ser la explicación a las diferencias observadas en la producción foliar entre el manejo *in situ* y *ex situ*, sugiriendo un proceso de domesticación incipiente de *L. organoides*. En plantas perennes de larga vida, como el caso del orégano, el proceso de domesticación se puede ver afectado por el flujo frecuente de genes entre poblaciones silvestres y cultivadas, debido a la cercanía de huertos y parcelas al monte. Así como por la constante introducción de individuos silvestres a huertos y parcelas y la tolerancia de los individuos que se establecen por dispersión natural; lo cual ha sido reportado en el manejo de *Crescentia cujete* L. (Aguirre-Dugua *et al.* 2012) y *Ceiba aesculifolia* (Kunth) Britt. & Baker f. subsp. *parviflora* (Rose) (Avendaño *et al.* 2009). Estos elementos pueden, en parte, explicar el que no se encontraran diferencias contrastantes en las poblaciones de orégano en los distintos tipos de manejo. Son necesarios estudios de diversidad genética, y del impacto que el manejo tiene en la diferenciación genética entre poblaciones, así como experimentos de jardín común, con la finalidad de distinguir respuestas evolutivas de respuestas de plasticidad fenotípica.

La demanda de plantas aromáticas en el mercado ha conducido a la sobreexplotación de algunas especies silvestres, como *Litsea glaucescens* Kunth (López-Caamal & Reyes-Chilpa 2021), *Boswellia* spp (Bongers *et al.* 2019) y *Aloysia tryphilla* (L'Herit.) (Bedoya-Pérez *et al.* 2016), por lo que su cultivo se recomienda. Sin embargo, el cultivo puede conducir a la degradación ambiental, pérdida de diversidad genética y de los incentivos para la conservación de especies silvestres y de su hábitat (Shippmann *et al.* 2006). En todas las localidades analizadas, las y los cosechadores manifestaron una disminución de las poblaciones silvestres de orégano. El entendimiento del manejo tradicional del

orégano en el área de estudio contribuye a la generación de estrategias de conservación y manejo de las poblaciones silvestres. En cuanto a su conservación, quienes manejan el orégano tienen clara la importancia de la reproducción sexual de la población de orégano, pues no cosechan individuos en etapas de floración. Asimismo, tradicionalmente la cosecha de orégano se realiza sobre individuos maduros, evitando los individuos pequeños, este manejo tradicional permite la regeneración natural. El conocimiento del manejo tradicional del orégano en el área de estudio, contribuye a complementar las especificaciones que establece la NOM-005-SEMARNAT-1997 (SEMARNAT 1997) para su manejo silvestre y también para el manejo agronómico. Es importante señalar que las características vegetativas y de manejo de *Lippia origanoides* varían en su rango de distribución, por lo que para actualizar normativas y generar estrategias de manejo silvestre y agrícola debe considerarse esta variabilidad.

### Agradecimientos

Agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de doctorado de I. Llamas (No. registro becario 288887-no. apoyo 462343). Estamos especialmente agradecidas con las y los cosechadores y productores de orégano, por su hospitalidad y confianza. También agradecemos a M. Chavez-Pesqueira, E. García-Frapolli y J. Mijangos, por sus comentarios a lo largo del trabajo de investigación. Gracias a R. Balam, J. Caballero y L. Cárdenas por su apoyo durante el trabajo de campo y laboratorio.

### Literatura citada

- Aarland R, Castellanos-Hernández O, Rodríguez-Sahagún A, Acevedo-Hernández G. 2020. Efecto del estrés salino sobre la morfología y fitoquímica de orégano mexicano (*Lippia graveolens* Kunth) cultivado in vitro. *Biotecnia* **22**: 31-137. DOI: <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i3.1223>
- Aguirre-Dugua X, Eguiarte LE, González-Rodríguez A, Casas A. 2012. Round and large: morphological and genetic consequences of artificial selection on the gourd tree *Crescentia cujete* by the Maya of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Annals of Botany* **109**: 1297-1306. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcs068>
- Almeida M, Pina S, Hernandez C, Zingaretti S.M, Taleb-Contini SH, Salimena F, Slavov S, Haddad S, França S, Pereira A, Bertoni B. 2018. Genetic diversity and chemical variability of *Lippia* spp. (Verbenaceae). *BMC Research Notes* **11**: 725. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13104-018-3839-y>
- Altieri MA, Toledo VM. 2011. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasants Studies* **38**: 587-621. DOI: <https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947>
- Arellanes Y, Casas A, Arellanes A, Vega E, Blancas J, Vallejo M, Torres I, Rangel-Landa S, Moreno AI, Solís L, Pérez-Negrón E. 2013. Influence of traditional markets on plant management in the Tehuacán Valley. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **9**: 38 DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-9-38>
- Arnold M, Ruiz-Pérez M. 2001. Can non-timber forest products match tropical forest conservation and development objectives? *Ecological Economics* **39**: 437-447. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00236-1](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00236-1)
- Avendaño A, Casas A, Dávila P, Lira R. 2009. *In situ* management and patterns of morphological variation of *Ceiba aesculifolia* subsp. *parvifolia* (Bombacaceae) in the Tehuacán-Cuicatlán Valley. *Economic Botany* **63**: 138-151. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-009-9083-6>
- Bautista F, Frausto O, Ihl T, Aguilar Y. 2015. Actualización del mapa de suelos del estado de Yucatán, México: enfoque geomorfopedológico y WRP. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. **2**:303-3015.
- Bautista-Hernández I, Aguilar CN, Martínez-Ávila, G.C.G, Torres-León C, Iliina A, Flores-Gallegos AC, Kumar-Verma D, Chávez-González ML. 2021. Mexican Oregano (*Lippia graveolens* Kunth) as source of bioactive compounds: A review. *Molecules* **26**: 5156. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26175156>
- Bautista-Lozada A, Parra F, Espinosa-García F. 2012. Efectos de la domesticación de plantas en la diversidad fitoquímica. In: Rojas CJ, Malo EA, eds. *Temas Selectos en Ecología Química de Insectos*. México: El Colegio de la Frontera Sur, pp. 253-267. ISBN: 9786077637714

- Bedoya-Pérez JC, Sanchez-Jaramillo CY, Bermudez-Gomez SM, Ramirez-Restrepo S. 2016. Padronização de protocolo de desinfecção e estabelecimento *in vitro* de cultivo de *Aloysia tryphilla*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. **14**: 38-46.
- Belcher B, Ruiz-Pérez M, Achdiawan R. 2005. Global patterns and trends in the use and management of commercial NTFP: Implications for livelihoods and conservation. *World Development* **33**: 1435-1452. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.10.007>
- Bhat MG, Majeed H, Islam MA, Rashid, M, Pala NA, Fatima S. 2020. Economic contribution to household dependence through *Ocimum basilicum* L. cultivation: An important plant for health and livelihood security in Kashmir Valley (J & K), India. *Current Journal of Applied Science and Technology* **39**: 8-14.
- Blancas J, Casas A, Rangel-Landa S, Moreno-Calles A, Torres I, Pérez-Negrón E, Solís L, Delgado-Lemus A, Parra F, Arellanes Y, Caballero J, Cortés L, Lira R, Dávila P. 2010. Plant management in the Tehuacan-Cuicatlán Valley. *Economic Botany* **64**: 287-302. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-010-9133-0>
- Blanckaert I, Paredes-Flores M, Espinosa-García FJ, Piñero D, Lira R. 2012. Ethnobotanical, morphological, phytochemical and molecular evidence for the incipient domestication of epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.: Chenopodiaceae) in a semi-arid region of Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* **59**: 557–573. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-011-9704-7>
- Bongers F, Groenendijk, Bekele, Birhane E, Damtew A, Decuyper M, Eshete A, Gezahgne A, Girma A, Khamis MA, Lemenih M, Mengistu T, Ogbazghi W, Sass-Klaassen U, Tadesse W, Teshome M, Tolera M, Sterck FJ, Zuidema PA. 2019. Frankincense in peril. *Nature Sustainability* **2**: 602-610. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0322-2>
- Buchbauer G, Baser KHC. 2009. *Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications*. Boca Raton, Florida: CRC Press Taylor & Francis Group. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420063165>
- Bye R. 1979. Incipient domestication of mustards in Northwest Mexico. *The Kiva* **4**: 237-256.
- Calvo-Irabien LM, Yam-Puc JA, Dzib G, Escalante-Erosa F, Peña-Rodríguez LM. 2009. Effect of postharvest drying on the composition of Mexican oregano (*Lippia graveolens*) essential oil. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*. **15**: 281-287. DOI: <https://doi.org/10.1080/10496470903379001>
- Calvo-Irabien LM. 2018. Native Mexican aromatic flora and essential oils: Current research status, gaps in knowledge and agro-industrial potential. *Industrial Crops & Products* **111**: 807-822. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.11.044>
- Calvo-Irabien LM, Parra-Tabla V, Acosta-Arriola V, Escalante-Erosa F, Díaz-Vera L, Dzib GR, Peña-Rodríguez LM. 2014. Phytochemical diversity of essential oils of Mexican oregano (*Lippia graveolens* KUNTH) populations along edapho-climatic gradient. *Chemistry and Biodiversity* **11**:1010-1021. DOI: <https://doi.org/10.1002/cbdv.201300389>
- Carrillo-Galván G, Bye RA, Eguiarte L. 2017. Domesticación de plantas medicinales aromáticas. In: Casas A, Torres-Guevara J, Parra F, eds. *Domesticación en el continente americano. Investigación para el Manejo Sustentable de Recursos Genéticos en el Nuevo Mundo*. Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Nacional Agraria La Molina, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. Lima, Perú: Ediagraria, pp. 431-450. ISBN: 9786070293344
- Carrillo-Galván G, Bye R, Eguiarte LE, Cristians S, Pérez-López P, Vergara-Silva F, Luna-Cavazos M. 2020. Domestication of aromatic medicinal plants in Mexico: *Agastache* (Lamiaceae) - an ethnobotanical, morpho-physiological, and phytochemical analysis. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **16**: 22. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00368-2>
- Casas A, Caballero J, Mapes C, Zárate S. 1997. Manejo de la vegetación, domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **61**: 31-47. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1537>
- Casas A, Otero-Arnaiz A, Pérez-Negrón E, Valiente-Banuet A. 2007. *In situ* management and domestication of plants in Mesoamerica. *Annals of Botany* **100**: 1101-1115. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcm126>

- Casas A, Parra F. 2007. Agrobiodiversidad, parientes silvestres y cultura. *LEISA Revista de Agroecología* **23**: 5-8.
- Casas A, Camou A, Rangel-Landa S, Solís L, Torres I, Delgado-Lemus A, Moreno Calles AI, Vallejo M, Guillén S, Blancas JJ, Parra F, Aguirre X, Farfán-Heredia B, Arellanes Y, Pérez-Negrón E. 2014. Manejo tradicional de biodiversidad y ecosistemas en Mesoamérica: El Valle de Tehuacán. *Investigación Ambiental, Ciencia y Política Pública* **6**: 23-44.
- Casas A, Torres-Guevara J, Parra F. 2016. *Domesticación en el continente americano. Manejo de Biodiversidad y Evolución Dirigida por las Culturas del Nuevo Mundo*, Lima, Perú: Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Nacional Agraria La Molina. ISBN: 978-612-4147-59-3
- Casas A, Torres-Guevara J, Parra F. 2017. *Domesticación en el Continente Americano. Investigación para el Manejo Sustentable de Recursos Genéticos en el Nuevo Mundo*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Nacional Agraria La Molina. ISBN: 978-607-02-9334-4
- Castillo-Herrera GA, García-Fajardo JA, Estarrón-Espinosa M. 2007. Extraction method that enriches phenolic content in oregano (*Lippia graveolens* H. B. K.) essential oil. *Journal of Food Process Engineering* **30**: 661-669. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00134.x>
- Dhifi W, Bellili S, Jazi S, Bahloul N, Mnif W. 2016. Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities: A critical review. *Medicines* **3**: 25 DOI: <https://doi.org/10.3390/medicines3040025>
- Dunford NT, Silva-Vázquez R. 2005. Effect of water stress on plant growth and thymol and carvacrol concentrations in Mexican oregano grown under controlled conditions. *Journal of Applied Horticulture* **7**: 20-22. DOI: <https://doi.org/10.37855/jah.2005.v07i01.05>
- Durán R, García-Contreras G. 2010. Distribución espacial de la vegetación. In: Durán R. y Méndez M eds. *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. Mérida, Yucatán: Centro de Investigación Científica de Yucatán-Programa de Pequeñas Donaciones del Fondo para el Medio Ambiente Mundial- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, pp. 131-135. ISBN: 9786077823056.
- Flores-Hernández A, Hernández-Herrera JA, López-Medrano JI, Valenzuela-Núñez LM, Martínez Salvador M, Madinaveitia-Ríos H. 2011. Producción y extracción de aceite de orégano (*Lippia graveolens* Kunth) bajo cultivo en la Comarca lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* **2**: 113-20. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v2i3.629>
- García-Frapolli E, Toledo V, Martínez-Alier J. 2008. Apropiación de la naturaleza por una comunidad maya yucateca: un análisis económico-ecológico. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* **7**: 27-42.
- Granados-Sánchez D, Martínez-Salvador M, López-Ríos G, Borja-De la Rosa A, Rodríguez-Yam G. 2013. Ecología, aprovechamiento y comercialización del orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.) en Mapimí, Durango. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente* **19**: 305-321. DOI: <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.05.035>
- González-Insusti M, Caballero J. 2007. Managing plant resources: How intensive can it be? *Human Ecology* **35**: 303-314. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10745-006-9063-8>
- González-Soberanis C, Casas A. 2004. Traditional management and domestication of tempequistle, *Sideroxylon palmeri* (Sapotaceae) in the Tehuacan-Cuicatlán Valley, Central Mexico. *Journal of Arid Environments* **59**: 245-258. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.01.018>
- Hopkins A. 2011. Use of network centrality measures to explain individual levels of herbal remedy cultural competence among the yucatec maya in Tabi, Mexico. *Field Methods* **23**: 307-338. DOI: <https://doi.org/10.1177/1525822X11399400>
- Huerta C. 1997. Orégano mexicano: oro vegetal. *Biodiversitas* **15**: 8-13.
- Inoue M, Hayashi S, Craker LE. 2019. Role of medicinal and aromatic plants: Past, present, and future. In: Perveen S, Al-Taweel A eds. *Pharmacognosy-Medicinal Plants*. London, UK: IntechOpen, pp. 13-25 DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.82497>
- Kusters K, Ramadhani A, Belcher B, Ruiz-Pérez M. 2006. Balancing development and conservation? An assessment of livelihood and environmental outcomes of non-timber forest product trade in Asia, Africa, and Latin America. *Ecology and Society* **11**: 20-43. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-01796-110220>

- Legendre P, Legendre L. 1998. *Numerical Ecology*. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Co. ISBN 0-444-89250-8
- Lewis WH. 1990. *Medical Botany Plants Affecting Man's Health*. New York: John Wiley. ISBN: 978-0-471-62882-8
- Linares E, Bye R. 1989. *Selección de plantas medicinales de México*. DF, México: Limusa. ISBN: 9789681826628
- Lira R, Casas A, Blancas J. 2016. *Ethnobotany of Mexico. Interactions of People and Plants in Mesoamerica*. New York: Springer Science+Business Media. ISBN: 9781461466680
- Llamas-Torres I. 2015. Propuesta para el ordenamiento y manejo sustentable del orégano mexicano (*Lippia graveolens*, H.B.K., Verbenaceae) en el Noroeste de Yucatán. MSc. Thesis. Centro de Investigación Científica de Yucatán.
- Llamas-Torres I, Bello-Pineda J, Castillo-Burguete MT, Leyequien-Abarca E, Calvo-Irabien LM. 2019. Integrating ecological and socioeconomic criteria in a GIS-based multicriteria-multiobjective analysis to develop sustainable harvesting strategies for Mexican oregano *Lippia graveolens* Kunth, a non-timber forest product. *Land Use Policy* **81**: 668-679. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.11.038>
- López-Caamal A, Reyes-Chilpa R. 2021. The New World Bays (*Litsea*, Lauraceae). A botanical, chemical, pharmacological and ecological review in relation to their traditional and potential applications as phytomedicines. *The Botanical Review*. **87**: 92-420. <https://doi.org/10.1007/s12229-021-09265-z>
- López-Roldán P, Fachelli S. 2015. Análisis de tablas de contingencia. In: López-Roldán P, Fachelli S. *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa*. Bellaterra (Cerdanyola del Vallès): Dipòsit Digital de Documents, Universitat Autònoma de Barcelona. <http://ddd.uab.cat/record/131469> (accessed September 6, 2021)
- Luna-Ruiz J de J, Nabhan GP, Aguilar-Meléndez A. 2018. Shifts in plant chemical defenses of chile pepper (*Capsicum annuum* L.) due to domestication in Mesoamerica. *Frontiers in Ecology and Evolution* **6**: 1-12. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00048>
- Martínez-Ballesté A, Caballero J, Gama V, Flores S, Martorell C. 2002. Sustainability of the traditional management of *Xa'an* palms by the Lowland Maya of Yucatan, Mexico. In: *Ethnobiology and Biocultural Diversity*. 7th International Congress of Ethnobiology, Athens, Georgia, USA. ISBN: 0820323497.
- Martínez-Ballesté A, Martorell C, Caballero J. 2008. The effect of Maya traditional harvesting on the leaf production, and demographic parameters of Sabal palm in the Yucatán Peninsula, Mexico. *Forest Ecology and Management* **256**: 1320-1324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.06.029>
- Martínez-Hernández R, Villa-Castorena MM, Catalán-Valencia EA, Inzunza-Ibarra MA. 2017. Production of oregano (*Lippia graveolens* Kunth) seedling from seeds in nursery for transplanting. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* **23**: 61-73. DOI: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2015.11.051>
- Martínez-Natarén DA, Parra-Tabla V, Ferrer-Ortega MM, Calvo-Irabien LM. 2014. Genetic diversity and genetic structure in wild populations of Mexican oregano (*Lippia graveolens* H.B.K.) and its relationship with the chemical composition of the essential oil. *Plant Systematics and Evolution* **300**: 535-547. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00606-013-0902-y>
- Muñoz-Miranda LA, Rodríguez-Sahagún A, Acevedo Hernández GJ, Cruz-Martínez VO, Torres-Morán MI, Lépiz-Ildefonso R, Aarland RC, Castellanos-Hernández OC. 2019. Evaluation of somaclonal and ethyl methane sulfonate-induced genetic variation of Mexican oregano (*Lippia graveolens* H.B.K.) *Agronomy* **9**: 166. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9040166>
- Ocampo-Velázquez RV, Malda-Barrera GX, Suarez-Ramos G. 2009. Biología reproductiva del orégano mexicano (*Lippia graveolens* Kunth) en tres condiciones de aprovechamiento. *Agrociencia* **43**: 475-482.
- O'Leary N, Denham S, Salimena F, Múlgura M. 2012. Species delimitation in *Lippia* section *Goniostachyum* (Verbenaceae) using the phylogenetic species concept. *Botanical Journal of the Linnean Society* **170**: 197-219. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2012.01291.x>
- Osorno-Sánchez T, Flores-Jaramillo D, Hernández-Sandoval L, Lindig-Cisneros R. 2009. Management and extraction of *Lippia graveolens* in the arid lands of Queretaro, Mexico. *Economic Botany* **63**: 314-318. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-009-9087-2>

- Orellana-Lanza R, Espadas-Manrique C, Nava-Marín, F. 2010. Climas. *In: Durán R. y Méndez M eds. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. Mérida, Yucatán: Centro de Investigación Científica de Yucatán-Programa de Pequeñas Donaciones del Fondo para el Medio Ambiente Mundial- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, pp. 10-11. ISBN: 9786077823056.
- Orona-Castillo I, Almazán S, Espinoza-Arellano AJ, Vázquez-Cirilo J. 2017. Recolección y comercialización del orégano (*Lippia* spp) en el semi-desierto mexicano. Un caso de estudio: Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco, México. *Revista Mexicana de Agronegocios* **41**: 684-685.
- Quinn G, Keough MJ. 2002. *Experimental design and data analysis for biologists*. United Kingdom: Cambridge University Press. ISBN: 9780511806384
- Rao MR, Palada MC, Becker BN. 2004. Medicinal and aromatics plant in agroforestry systems. *Agroforestry Systems* **62**: 107-122. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000028993.83007.4b>
- Rendón-Sandoval FJ, Casas A, Moreno-Calles AI, Torres-García I, García-Frapolli E. 2020. Traditional agroforestry systems and conservation of native plant diversity of seasonally dry tropical forests. *Sustainability* **12**: 4600 DOI: <https://doi.org/10.3390/su12114600>
- Roys RL. 1931. *The ethnobotany of the Maya*. New Orleans, Louisiana: Middle American Research Institute. The Toulane University of Louisiana. 359 p.
- Salazar C, Zizumbo-Villarreal D, Brush SB, Colunga-GarcíaMarín P. 2012. Earth ovens (*Piib*) in the Maya Lowlands: Ethnobotanical data supporting early use. *Economic Botany* **66**: 285-297. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-012-9207-2>
- Salazar C, Zizumbo-Villareal D, Colunga-GarcíaMarín P, Brush S. 2016. Contemporary Maya food system in the lowlands of northern Yucatan. *In: Lira R, Casas A, Blancas J, eds. Ethnobotany of Mexico. Interactions of People and Plants in Mesoamerica*. New York: Springer Science+Business Media, pp. 133-150. ISBN: 9781461466680
- Salazar-Rojas VM, Herrera-Cabrera BE, Delgado-Alvarado A, Soto-Hernández M, Castillo-González F, Cobos-Peralta M. 2012. Chemotypical variation in *Vanilla planifolia* Jack. (Orchidaceae) from the Puebla-Veracruz Totonacapan region. *Genetic Resources and Crop Evolution* **59**: 875-887. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-011-9729-y>
- Samet H, Cikili Y. 2015. Importance of medicinal and aromatic plants as an alternative crop in the rural development of Turkey. *Journal of Rural and Community Development* **10**: 75-84. ISSN: 1712-8277
- Sánchez-Velázquez E, Rodríguez-Sahagún A, Acevedo-Hernández GJ, Aarland RC, Castellanos-Hernández OA. 2021. Efecto de la fuente de luz sobre la micropropagación de plantas de orégano mexicano (*Lippia graveolens*). *e-CUCBA* **15**: 44-52. DOI: <https://doi.org/10.32870/e-cucba.v0i15.179>
- SEMARNAT [Secretaría de Medio Ambiente]. 2021. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. *Diario Oficial de la Federación*, 26 de abril 2021.
- SEMARNAT. 1997. Norma Oficial Mexicana-OO5-SEMARNAT-1997 que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de corteza, tallos y plantas completas de vegetación forestal. *Diario Oficial de la Federación*, 23 de abril de 2003
- Shippmann U, Leaman D, Cunnigham, AB. 2006. A comparison of cultivation and wild collection of medicinal and aromatic plants under sustainability aspects. *In: Bogers RJ, Craker LE, Lange D, eds. Medicinal and Aromatic Plants: Agricultural, Commercial, Ecological, Legal, Pharmacological and Social Aspects*. Netherlands: Springer, pp. 75-95. ISBN: 9781402054471
- Silva GC, Oliveira LM, Lucchese AM, Silva TRS, Nascimento MN. 2015. Propagação vegetativa e crescimento inicial de *Lippia organoides* (alecrim-de-tabuleiro). *Horticultura Brasileira* **33**: 236-240. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000200016>
- Soriano-Melgar L de AA, Alcaraz-Meléndez L, Méndez-Rodríguez LC, Puente ME, Rivera-Cabrera F, Zenteno-Savín T. 2012. Antioxidant and trace element content of damiana (*Turnera diffusa* Willd) under wild and culti-

- vated conditions in semi-arid zones. *Industrial Crops and Products* **37**: 321-327. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.12.017>
- Soto MA, González MF, Sánchez O. 2007. Evaluación de Riesgo de Extinción de *Lippia graveolens* de acuerdo al numeral 5.7 de la NOM-059-SEMARNAT-2001. In: Sánchez O, Medellín R, Aldama A, Goettsch B, Soberón MJ, Tambutti M. *Método de Evaluación de Riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER)*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 91-110. ISBN: 9789688178577
- SRA [Secretaría de la Reforma Agraria]. 1992. Ley Agraria. *Diario Oficial de la Federación*, 26 de febrero 1992.
- Toledo VM. 2001. Indigenous peoples and biodiversity. In: Levin SA, eds. *Encyclopedia of Biodiversity*. San Diego, CA: Academic Press, pp. 451-463. ISBN: 9780122268656
- Toledo VM, Barrera-Bassols N, García-Frapolli E, Alarcón-Chaires P. 2008. Uso múltiple y biodiversidad entre los mayas yucatecos (México). *Interciencia* **5**: 345-352. ISSN 0378-1844
- Uberhuaga P, Smith-Hall C, Helles F. 2012. Forest income dependency in lowland Bolivia. *Environment Development and Sustainability* **14**: 3-23. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-011-9306-8>
- Vargas-Mendoza CF, Ortigón-Campos IG, Calvo-Irabien LM. 2016. Natural selection under contrasting ecological conditions in an aromatic plant, *Lippia graveolens* (H.B.K, Verbenaceae). *Plant Systematics and Evolution* **302**: 275-289. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00606-015-1261-7>
- Vega-Vela NE, Delgado-Ávila WA, Chacón-Sánchez MI. 2013. Genetic structure and essential oil diversity of the aromatic shrub *Lippia organoides* Kunth (Verbenaceae) in two populations from northern Colombia. *Agronomía Colombiana* **31**: 7-17.
- Villa-Castorena M, Catalán-Valencia EA, Arreola-Ávila JG, Inzunza-Ibarra MA, López A. 2011. Influencia de la frecuencia del riego en el crecimiento de orégano (*Lippia graveolens* HKB). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* **17**: 183-193. DOI: <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.10.088>
- Villavicencio-Gutiérrez EE, Hernández-Ramos A, García-Cuevas X. 2018. Estimación de la biomasa foliar seca de *Lippia graveolens* Kunth del sureste de Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* **9**: 187-205. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.139>.
- Xia J, Sinelnikov IV, Han B, Wishart DS. 2015. MetaboAnalyst 3.0-making metabolomics more meaningful. *Nucleic Acid Research* **43**: 251-257. DOI: <https://doi.org/10.1093/nar/gkv380>

---

**Editor de sección:** Sol Christians

**Author contributions:** LTI, conducted field and laboratory work, analyzed data and wrote the manuscript. GAR, aided in the field and laboratory chromatographic analysis. PBL, provided advice for field work, data analysis and a detailed review of the manuscript. CILM, collaborated in experimental and research design, data analysis, results interpretation, and a detailed review of the manuscript.