

USOS TRADICIONALES Y PRÁCTICAS DE MANEJO DE *PIPER AURITUM*  
EN COMUNIDADES MAYA RURALES DE YUCATÁN  
TRADITIONAL USES AND MANAGEMENT PRACTICES OF *PIPER AURITUM*  
IN RURAL MAYAN COMMUNITIES OF YUCATAN

ROSA GUADALUPE PÉREZ-HERNÁNDEZ<sup>1</sup>, CASANDRA REYES-GARCÍA<sup>1\*</sup>, ROSA GRIJALVA-ARANGO<sup>1</sup>,  
 MARIANA CHÁVEZ-PESQUEIRA<sup>1</sup>, CELENE ESPADAS-MANRIQUE<sup>1</sup>, MARIO HERNÁNDEZ-GUZMÁN<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Laboratorio de Ecología de Suelos, Cinvestav, Ciudad de México, México.

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

### Resumen

**Antecedentes:** La domesticación de las plantas es un proceso continuo, multidireccional, regido por la selección y el manejo. Elegimos a la planta aromática *Piper auritum*, utilizada en la cocina y la medicina tradicional, para caracterizar su nivel de domesticación basándonos en su importancia cultural, prácticas de manejo y rasgos de sus hojas en poblaciones manejadas y ruderales.

**Preguntas:** ¿Cuál es el nivel de domesticación en el que se encuentra *Piper auritum*? ¿Existen diferencias morfológicas y fitoquímicas entre poblaciones de huertos y ruderales?

**Especie de estudio:** *Piper auritum*, Kunth

**Sitios y años de estudio:** Diez comunidades de Yucatán. 2019, 2021

**Métodos:** Se aplicaron 53 entrevistas semiestructuradas (72 % fueron mujeres y el 28 % hombres). Se colectaron hojas de huertos y sitios ruderales, comparando variables morfológicas y fitoquímicas.

**Resultados:** Los entrevistados conocían a *P. auritum* y sus usos, registramos cinco usos culinarios y 12 medicinales. *Piper auritum* crece en los huertos, donde el riego es la actividad de manejo principal. La selección se dio a nivel de hojas. Las poblaciones de huertos registraron mayor área y dureza foliar, y menor contenido de safról que las ruderales.

**Conclusiones:** *Piper auritum* es ampliamente conocida en las comunidades de estudio, con variedad de usos medicinales y culinarios. El manejo es esencial para la supervivencia de esta especie dentro del huerto, aunque no suele sembrarse, sino que se establece sin intervención humana. Existieron diferencias en los rasgos foliares entre las poblaciones manejadas y no manejadas. Por esta evidencia consideramos que se encuentra bajo domesticación incipiente.

**Palabras clave:** Domesticación, hoja santa, plantas aromáticas, riego, manejo.

### Abstract

**Background:** Plant domestication is a continuous, multidirectional process that is directed via plant selection and management. In the current study we use *Piper auritum*, an aromatic plant frequently used in Mexican cuisine and for medicinal purpose, to characterize the domestication level using information about its cultural relevance, management practices and leaf traits differentiation in managed and ruderal populations.

**Questions:** What is the level of domestication of the aromatic plant *Piper auritum*? Are there any morphological or phytochemical differences between home garden and ruderal populations?

**Studied species:** *Piper auritum*, Kunth

**Study site and dates:** Ten communities in eastern Yucatan, Mexico, from 2019 to 2021.

**Methods:** Fifty-three Semi-structured interviews were applied (72 % women and 28 % men). Morphological and phytochemical leaf traits were measured to test management effects using home garden and ruderal populations.

**Results:** People interviewed knew *P. auritum* and its uses. Five culinary and 12 medicinal uses were registered. *P. auritum* is grown in homegardens and the main management activity is irrigation. The selection occurs at the leaf level according to their size and resistance. Home garden plants registered greater foliar area and hardness and decreased safröl, compared to ruderal.

**Conclusions:** *Piper auritum* is widely known in the communities and has a variety of culinary and medicinal uses. Management is vital for its survival in home gardens, but the species germinates spontaneously and is not usually planted. We found differences in leaf traits in managed and unmanaged populations. With this evidence we propose that *P. auritum* is under incipient domestication.

**Keywords:** Domestication, Mexican-pepperleaf, aromatic-plants, irrigation, management.

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/>



El manejo de las plantas se define como el conjunto de acciones o prácticas llevadas a cabo por el humano para favorecer la disponibilidad de fenotipos individuales o de poblaciones de plantas para un fin en particular (González-Insuasti & Caballero 2007). Generalmente, dicho manejo se lleva a cabo para satisfacer necesidades relacionadas principalmente con la alimentación (Jackson 1996), pero también con el vestido, la vivienda, usos medicinales (Martínez-Ballesté *et al.* 2006), entre otras. El manejo de las plantas está íntimamente ligado a la cultura, al ambiente, a las características particulares de las especies, y a los fines utilitarios (Casas *et al.* 1996, González-Insuasti & Caballero 2007, Blancas *et al.* 2010, 2016).

El manejo de las plantas es diferenciado dependiendo del sistema en el que se encuentre, en Mesoamérica se han reportado un amplio espectro de formas de manejo, tan solo en poblaciones *in situ* se ha reportado, recolección, tolerancia, inducción y protección (Casas *et al.* 1997, 2007). Estas formas de manejo pueden considerarse óptimos en diferentes circunstancias, sin que necesariamente haya una progresión a incrementar la intensidad del manejo. Dentro de las formas de manejo incipiente se pueden encontrar prácticas como la tolerancia, manejo selectivo, manejo no selectivo y ocasional cultivo (González-Insuasti & Caballero 2007). Para analizar los niveles de intensidad de manejo en el que se encuentra una especie algunos autores han propuesto analizar la importancia cultural, los tipos y números de uso, las prácticas de manejo, tanto *in situ* como *ex situ* y si existe una selección de características específicas de la planta (González-Insuasti & Caballero 2007, Blancas *et al.* 2016).

La selección de los individuos permite al ser humano obtener características deseadas en las plantas, las prácticas de manejo proveen las condiciones para favorecer y mantener estas características. Estas condiciones dan como resultado modificaciones a distintos niveles, morfológicos, fisiológicos, fitoquímicos y genéticos (Akhzari & Pessarakli 2016, Duan *et al.* 2016, Manoharan *et al.* 2017). Las modificaciones que marcan la divergencia entre poblaciones cultivadas a partir de sus ancestros silvestres son denominadas síndromes de domesticación (Meyer *et al.* 2012). En las plantas aromáticas, como resultado de distintas formas de manejo se han reportado aumentos en el tamaño de las hojas, disminución de compuestos tóxicos (Blancaert *et al.* 2012), aumento de metabolitos que proveen el olor y el sabor (Salazar-Rojas *et al.* 2012), gigantismo floral (Carrillo-Galván *et al.* 2020), entre otras modificaciones. Cuando las poblaciones que se encuentran bajo manejo y selección muestran diferencias genéticas con respecto a las poblaciones silvestres se habla entonces de domesticación (Clement 1999).

La domesticación es un proceso evolutivo, continuo, multidireccional, que tiene el objetivo de favorecer fenotipos y genotipos que son ventajosos para la vida social y cultural (Darwin 1859, Clement 1999). Dado que es un proceso continuo, las poblaciones pueden encontrarse en distintos niveles de domesticación. Clement (1999) menciona que el grado de cambios en una población puede variar, se pueden encontrar poblaciones: 1) silvestres; 2) co-evolucionada incidentalmente; 3) domesticación incipiente; 4) semi-domesticada y 5) domesticada. Las plantas que se encuentran bajo domesticación incipiente muestran diferenciación fenotípica y genética relativamente baja en comparación con sus parientes silvestres (Lins Neto *et al.* 2014).

La domesticación incipiente se ha reportado en especies herbáceas, arbustivas, y en especies subutilizadas. Muchas de estas especies pertenecientes al grupo de plantas aromáticas (Meyer *et al.* 2012, Galluzi & López-Noriega 2014, Lins Neto *et al.* 2014). En especies perennes, la domesticación puede ser lenta, debido a los largos ciclos de vida (Casas *et al.* 2007), además, estas pueden continuar teniendo flujo genético con las poblaciones silvestres circundantes por medio de sus dispersores y polinizadores (Ferrer *et al.* 2019). La cultura maya yucateca inició la domesticación de plantas hace más de 5,000 años, las estrategias de manejo de los recursos fueron determinantes para el desarrollo de esta cultura (Colunga-GarcíaMarín & Zizumbo-Villarreal 2004). Actualmente se han estudiado las estrategias de manejo en sistemas productivos como la milpa, parcelas, huertos y selvas (Toledo *et al.* 2008). Los sistemas más estudiados son la milpa y el huerto familiar, donde se han documentado especies con evidencias anatómicas, morfológicas, químicas y genéticas de domesticación (Martínez-Ballesté *et al.* 2006, Aguirre-Dugua *et al.* 2013, Jiménez-Rojas *et al.* 2019, Munguía-Rosas *et al.* 2019, Heredia-Pech *et al.* 2022, Llamas-Torres *et al.* 2022). El manejo en estos sistemas es contrastante ya que dentro de la milpa el maíz, frijol y la calabaza son dependientes del manejo y selección (Magdaleno-Hernández *et al.* 2016), mientras que en el huerto hay una predominancia de plantas toleradas y fomentadas (Mariaca-Méndez *et al.* 2011), muchas de ellas perennes.

*Piper auritum* es una planta aromática presente en los huertos familiares en el sur de México y en diversos países de Centro y Sur América (Calvo-Irabién 2012, Salazar-Gómez-Varela 2014). Sus tallos, hojas e inflorescencias han sido utilizadas en la medicina tradicional para enfermedades del aparato digestivo, de la piel y para los tumores (García Milián *et al.* 2001, Martínez-Bautista *et al.* 2019, Salleh 2021). También tiene un importante uso culinario debido a su aporte al sabor y olor de la comida, siendo utilizada en México para envolver tamales, y como condimentos para sopas y pescado (García-Esquivel & Devía-Ochoa 2013, Salazar-Gómez-Varela 2014). El principal metabolito del aceite esencial de *P. auritum* es el safrol, que constituye entre 64 y 70 % de su composición (Pino *et al.* 1998). Este metabolito es considerado tóxico para el ser humano y su consumo fue prohibido por la FDA en 1960 (Kemprai *et al.* 2019). También, se ha reportado la presencia de  $\alpha$ -tujeno,  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -cariofileno, germacreno-D, linalool,  $\gamma$ -terpino con porcentajes entre 4 y 1 %, además de otros componentes que en total suman cerca de 50 metabolitos (Gupta *et al.* 1985, Pino *et al.* 1998) que le confieren su olor y sabor característicos, así como sus propiedades.

La mayoría de los estudios de *P. auritum* comprenden su uso, abundancia y ecología en lugares asociados a bosques tropicales húmedos donde la especie puede ser abundante (Vázquez-Yanes & Smith 1982, Greig & Mauseth 1991, Schultz & Matthews 1997). En un estudio reciente en el estado de Tabasco, México, se determinó que *P. auritum* presenta una importancia cultural alta, basándose en la efectividad de la planta como medicamento, frecuencia de uso y uso de la planta no sustituible por otra (García-Flores *et al.* 2019). En dicho estudio se menciona que *P. auritum* es abundante en el medio natural y no requiere de prácticas de manejo para su uso.

En el estado de Yucatán su uso está registrado desde el siglo dieciséis en el documento Relaciones de la villa de Valladolid, siendo una de las “yerbas utilizadas para curar” por la población maya (De la Garza & Izquierdo 1983). Citas más actuales también describen su uso culinario, medicinal y presencia en huertos mayas yucatecos, así como en las selvas (Calvo-Irabién 2012, Salazar-Gómez-Varela 2014). La baja precipitación de Yucatán y su estacionalidad podrían limitar su distribución natural debido a su susceptibilidad a la sequía (Schultz & Matthews 1997, Andrade-Velázquez *et al.* 2021), incrementando la necesidad de prácticas de manejo. Debido a lo anterior, en el presente estudio los objetivos fueron definir y analizar: 1) La importancia de *P. auritum* como parte de la agrobiodiversidad de las comunidades rurales de Yucatán, a través de los usos presentes y la proporción de hogares entrevistados que la conocen o la manejan dentro de sus sistemas productivos, 2) los tipos de manejo y selección y, 3) las características morfológicas y fitoquímicas en poblaciones de *P. auritum* manejadas y no manejadas para evidenciar las consecuencias de las prácticas de manejo. Se espera que registremos la presencia, uso, manejo y selección de *P. auritum* dentro de los huertos. Adicionalmente, esperamos encontrar hojas más grandes y disminución del safrol en las poblaciones de los huertos en comparación con poblaciones no manejadas. Para lograr los objetivos se realizaron entrevistas semiestructuradas en los huertos de seis comunidades del oriente de Yucatán para conocer los usos, manejo y selección. También se colectó material vegetal en sitios manejados y no manejados en nueve comunidades del oriente para comparar su morfología y la composición de metabolitos.

## Métodos

El estudio se llevó a cabo en 10 comunidades mayas yucatecas del oriente del estado de Yucatán, México (Figura 1). En seis de estas comunidades se aplicaron las entrevistas semiestructuradas (una por hogar, ver Tabla S1, Material suplementario) durante 2019, mientras que en nueve comunidades se llevó a cabo la colecta de hojas durante la temporada de lluvias del año 2021 para comparar las características morfológicas y fitoquímicas entre hojas de poblaciones manejadas y sin manejo (Tabla 1). Debido a que las entrevistas y nuestros recorridos exploratorios revelaron la ausencia de poblaciones silvestres de *P. auritum* en las selvas medianas subcaducifolias circundantes (exceptuando un par de localidades donde se asociaron a cenotes), se escogieron poblaciones ruderales de *P. auritum* como las poblaciones no manejadas de referencia, estas poblaciones se encontraban de 1 a 2 km de distancia de las comunidades. La vegetación ruderal se encuentra en hábitats perturbados por la acción humana, a orillas de caminos, y zonas relativamente cercanas a la población (Martínez-De la Cruz *et al.* 2015) donde, sin embargo, las plantas no recibían ningún manejo.

**Tabla 1.** Características de las comunidades de estudio en el estado de Yucatán, México.

Localidad	Habitantes	Viviendas <sup>1</sup>	Habla ntes <sup>2</sup>	Huertos <sup>3</sup>	Colecta		Altitud msnm	Coordenadas	
					H <sup>4</sup>	R <sup>5</sup>		N	O
1. Hunukú	3,549	856	3,054	65 (11) <sup>6</sup>	0	1	24	20°51'06	88°05'26
2. Santa Rita	531	140	353	21 (7)	5	3	20	20°51'40	88°08'45
3. Ek Balam	374	76	311	15 (4)	0	0	24	20°53'31	88°08'44
4. Uayma	3,460	841	2,501	117 (15)	5	1	24	20°43'04	88°19'01
5. Ebtún <sup>5</sup>	970	212	663	20 (6)	0	0	23	20°39'53	88°15'27
6. Pixoy	1,158	298	843	32 (10)	5	2	23	20°42'56	88°15'46
7. Tinum	12,700	2,662*	6,870	NA	0	3	21	20°39'03	88°31'35
8. Pisté	4,467	1,020*	2,242	NA	0	0	20	20°41'58	88°35'20
9. Valladolid	85,460	19,850*	15,004	NA	0	1	24	20°41'22	88°12'06
10. Xcalakoo p	1,494	391*	877	NA	0	2	26	20°39'08	88°31'36

<sup>1</sup>Total de viviendas (INEGI 2020) censadas para conocer el número de huertos con *Piper auritum*. Comunidades con asterisco (\*) no fueron censadas; <sup>2</sup> Número de hablantes de la lengua Maya; <sup>3</sup> Número de huertos que contaron con *Piper auritum* plantadas; <sup>4</sup> Número de huertos y <sup>5</sup> localidades ruderales colectados para los análisis morfológicos y fitoquímicos <sup>6</sup> Valores entre paréntesis indican el número de entrevistas aplicadas en la comunidad. NA: Comunidades en las cuales no se aplicaron entrevistas.

Fuente: Censo de población y vivienda (2020) - Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática

La determinación de los sitios de estudio se basó en los registros de *P. auritum* en el estado de Yucatán de los herbarios CICY (Centro de Investigación Científica de Yucatán, Mérida, Yucatán) y UADY (Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán). Para verificar la distribución geográfica de la especie, durante el año 2019 se realizaron recorridos de campo en todas las localidades señaladas en los registros de herbario. Se confirmó la presencia de *P. auritum* en cinco municipios de la zona oriente de Yucatán, pero no se encontraron evidencias de la especie en otros municipios registrados en los herbarios. El clima de la zona oriente de Yucatán es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con temperatura media anual de 25.7 °C y precipitación anual de 1,200 mm (López Quiroz *et al.* 2022). La vegetación conserva características de selva mediana subcaducifolia con vegetación secundaria (Lara 2012).

*Especie de estudio.* *Piper auritum* es una planta aromática perteneciente a la familia Piperaceae, conocida comúnmente como acuyo, hoja santa, momo, tlanepa, xmaculan dependiendo del sitio donde se encuentre, en el oriente de Yucatán es conocida como xmaculan (Calvo-Irabién 2012, Larousse 2023). Es una hierba que alcanza hasta los 5 metros de altura, con hojas grandes, dísticas, membranáceas, ovado-elípticas, pinnatinervadas con entre 5-8 nervios principales, peciolo de rojizo a verde pálido, profundamente vaginado en toda su extensión, con márgenes prominentes, estipulares hasta 1 cm por encima de la lámina. Se distribuye en México, Centroamérica y en Colombia, Venezuela y Ecuador; crece en selvas húmedas, ambientes perturbados, orillas de caminos y arroyos donde encuentra condiciones de luminosidad alta (Mutis y Bosio 1997, Tinoco-Ojanguren 1997, Calvo-Irabién 2012).

*Caracterización de la importancia cultural, actividades de manejo y selección.* Se aplicaron 53 entrevistas semiestructuradas durante el año 2019 en las comunidades Ebtún, Pixoy, Uayma, Santa Rita, Hunuku y Ek Balam. Las personas entrevistadas correspondieron en un 72 % mujeres y 28 % hombres, 46 % del total de personas entrevistadas tenían 46 años o más (Tabla S2, Material suplementario). Las entrevistas semiestructuradas parten de una serie de preguntas previamente planteadas pero dejan una parte flexible que se puede adaptar al entrevistado (Díaz-Bra-

co *et al.* 2013) se enfocaron en conocer 1) usos: partes útiles de la planta, formas de usos, formas de preparación, transmisión del conocimiento, frecuencia de uso y comercialización; 2) actividades de manejo: origen de la planta y actividades de manejo; 3) prácticas de selección: preferencias de consumo (olor o sabor) y criterios de selección. Adicionalmente, para conocer los criterios de selección de los entrevistados se les solicitó que describieran las características de las plantas y de las hojas que utilizan para la medicina tradicional y cuáles como condimento, así como las hojas que no usarían.

Entrevistas exploratorias en tres comunidades determinaron que *P. auritum* no se cultivaba en las milpas sino en los huertos familiares o solares, por lo que se realizó un censo en todas las casas habitación de las seis comunidades para contabilizar el número de huertos por comunidad, y la presencia o ausencia de *P. auritum*. Una vez realizado el censo se seleccionaron al azar en un mapa de las localidades, casas con y sin *P. auritum* en el huerto para realizar las entrevistas (Tabla 1). Se seleccionó al jefe/jefa de familia para ser entrevistadas, exponiendo previamente el objetivo del estudio y solicitando su consentimiento.

Para identificar la importancia de cada tipo de uso culinario y medicinal, así como la forma de preparación, se calculó el índice de Sutrop (IS; Sutrop 2001):

$$IS = \frac{F}{N \times mP} \quad (1)$$

donde, F representa la frecuencia con la que se menciona cada uso, preparación culinaria o tipo de uso medicinal; N es el número total de entrevistados ( $n = 53$ ); mP es la posición en la que mencionan cada uso (p. ej. menciona en primer lugar, “vaporcitos = 1”, segundo lugar tos = 2), preparación o tipo de uso medicinal. El rango de valores del índice de Sutrop es de 0 a 1; donde 1 representa mayor importancia, y 0 importancia nula.

*Caracterización morfológica y fitoquímica de Piper auritum en poblaciones con y sin manejo.* Con base en los resultados de las entrevistas se determinó que la selección predominante se da a nivel de las hojas dentro de los individuos, y que los usos más frecuentes son el culinario y medicinal. Por lo que, basándonos en la diferenciación que hacen las comunidades, las hojas se clasificaron en cuatro categorías: uso como condimento (UC), uso medicinal (UM), no uso por senescentes (NS), no uso por jóvenes (NJ). La colecta del material vegetal se realizó en dos tipos de sitios, en 15 huertos y en 13 sitios ruderales, distribuidos en nueve de las diez localidades de estudio (Figura 1, Tabla 1). En cada sitio se colectaron hojas de 1 a 5 individuos. De cada individuo se colectaron seis hojas de cada categoría de uso y tipo de sitio, las hojas se transportaron al laboratorio del Centro de Investigación Científica de Yucatán en bolsas selladas, mantenidas a 4 °C para su caracterización.

En el laboratorio se determinó el área foliar, el área foliar específica, la dureza de las hojas, y el rendimiento y la composición química del aceite esencial. Para el área foliar ( $\text{cm}^2$ ) se utilizó el equipo de medición de área foliar (Li-Cor 3100, Li-Cor Inc. Lincoln, Nebraska, USA.). El área foliar específica se determinó dividiendo el área foliar entre el peso seco de la hoja. El peso seco del material vegetal se obtuvo por gravimetría tras 24 horas de secado a 65 °C. La dureza se determinó mediante la evaluación del peso en gramos que resiste cada hoja antes de perforarse utilizando un penetrómetro construido según Dirzo *et al.* (1982).

El aceite esencial fue extraído utilizando la técnica destilación por arrastre de vapor utilizando un destilador tipo cleveger (Calvo-Irabien *et al.* 2009), para lo cual se utilizaron entre 8 y 10 g de hojas secas. El rendimiento de aceite esencial se determinó dividiendo el peso del aceite extraído entre el peso seco del material vegetal (p/p). Los aceites esenciales se conservaron a 4 °C para posterior análisis (Amzallag *et al.* 2005).

La identificación de los compuestos presentes en el aceite esencial se realizó en un cromatógrafo de gases acoplado a un detector másico (CG-MS) para obtener el patrón de fragmentación de cada una de las moléculas, o picos, presentes en el perfil cromatográfico. Se utilizó un CG-MS Agilent Modelo 6890N (Agilent, EUA) y un sistema de datos MS-Chemstation GI701- DA (Agilent, EUA). Se realizó la identificación tentativa de los metabolitos utilizando dos criterios: 1) la comparación de los espectros de masas obtenidos con los registrados en las bibliotecas del equipo (NIST 14, base de datos propia del equipo con estándares comerciales y Adams 2007); 2) el cálculo del índice

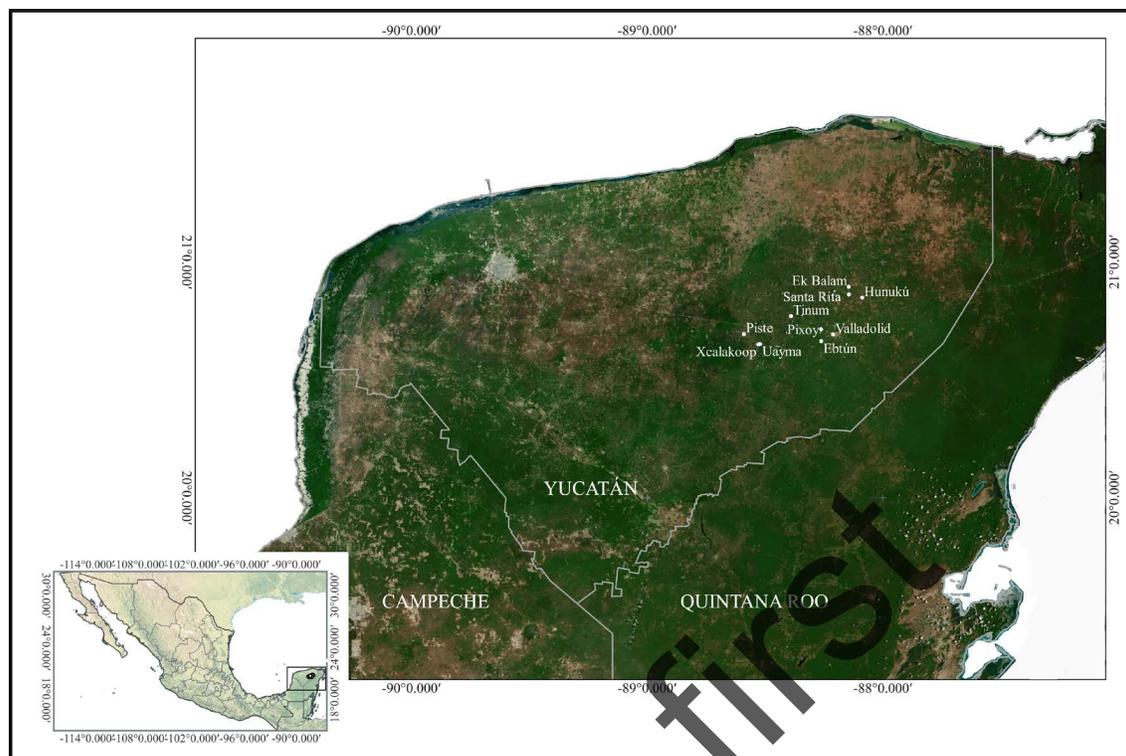


Figura 1. Localización geográfica de las comunidades de estudio (Yucatán, México).

de retención a partir de la inyección de una serie de alcanos C7-C40 (Fluka) y su comparación con los valores de índices publicados (Joulain & Konig 1998, Adams 2007). El análisis cuantitativo se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases marca VARIAN-430 con detector de fotoionización de flama (FID) (HTA, Italia). Utilizando estándares comerciales para safrol,  $\beta$ -cariofileno,  $\beta$ -elemeno, óxido de cariofileno, espatulenol,  $\alpha$ -hhumuleno y bisabolol, todos ellos de Sigma-Aldrich® (Merck, Alemania), se confirmó la identificación de dichos metabolitos.

Tanto para la cuantificación como para la identificación se utilizó una rampa de temperatura, 45 °C (5 minutos), 4 °C/min hasta 150 °C (2 min), 10 °C/min hasta 275 °C (10 min). La temperatura del inyector fue de 250 °C y del detector de 280 °C. Se utilizó como fase móvil gas hidrógeno (helio en el CG-EM), como gas acarreador, nitrógeno y como gas auxiliar (make up) aire de ultra alta pureza (UAP, > 99.9%), con un flujo de 1mL por minuto. Para la separación se utilizó una columna DB-5 (metil-fenil silona, 5 % fenil, 95 % metil) marca Agilent Technologies, de 60 m de longitud con un diámetro de 0.25 mm y espesor de 0.25  $\mu$ m.

*Análisis estadístico.* Para analizar los efectos del manejo dentro de los huertos sobre las variables morfométricas y el contenido de aceite esencial en las categorías de hojas se utilizaron ANOVAS de una vía, en dicho análisis fueron utilizados los datos de las cuatro categorías de hojas para las variables área foliar, área foliar específica, dureza, safrol,  $\beta$ -cariofileno, germacreno-D y  $\beta$ -elemeno. El rendimiento del aceite esencial no cumplió con los supuestos para el ANOVA de una vía por lo que se llevó a cabo la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis. Para evaluar si había un efecto de los sitios (huertos y ruderales) y de la interacción entre sitios y categorías foliares de uso (uso medicinal y uso culinario) sobre cada una de las variables morfométricas y del aceite esencial se llevaron a cabo ANOVAS de dos vías para cada una de las variables: área foliar específica, safrol, germacreno-D,  $\beta$ -cariofileno y  $\beta$ -elemeno estos metabolitos representan entre el 54 y 69 % del total del aceite esencial. Además, se emplearon modelos lineales generalizados para el análisis de interacción entre sitios y categorías para las variables, área foliar, dureza y rendimiento, dado que los datos no fueron normales. Los datos de área foliar, y área foliar específica se

transformaron ( $\log_{10}$ ) previo a los análisis estadísticos. La comparación múltiple de medias se realizó con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ).

Para determinar las diferencias fitoquímicas de las hojas, las variables sitio ( $n = 2$ , huerto vs. ruderal) y categoría de la hoja ( $n = 2$ , uso medicinal vs. uso culinario) se emplearon como factores fijos en el análisis de varianza multivariante con permutación (perMANOVA, por sus siglas en inglés), empleando la matriz de distancia Euclidiana con la función `adonis2` con la paquetería `vegan` v. 2.6 (Oksanen *et al.* 2017). Adicionalmente, para la visualización y análisis de estas diferencias, se empleó el análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés), con la paquetería `FactoMineR` (Le *et al.* 2008). Los análisis estadísticos se realizaron empleando el ambiente R v. 4.2.0 (R Core Team 2020). Los comandos y flujo de trabajo de análisis se encuentran para acceso público en el repositorio de Github: [https://github.com/MaryoHg/piper\\_auritum](https://github.com/MaryoHg/piper_auritum).

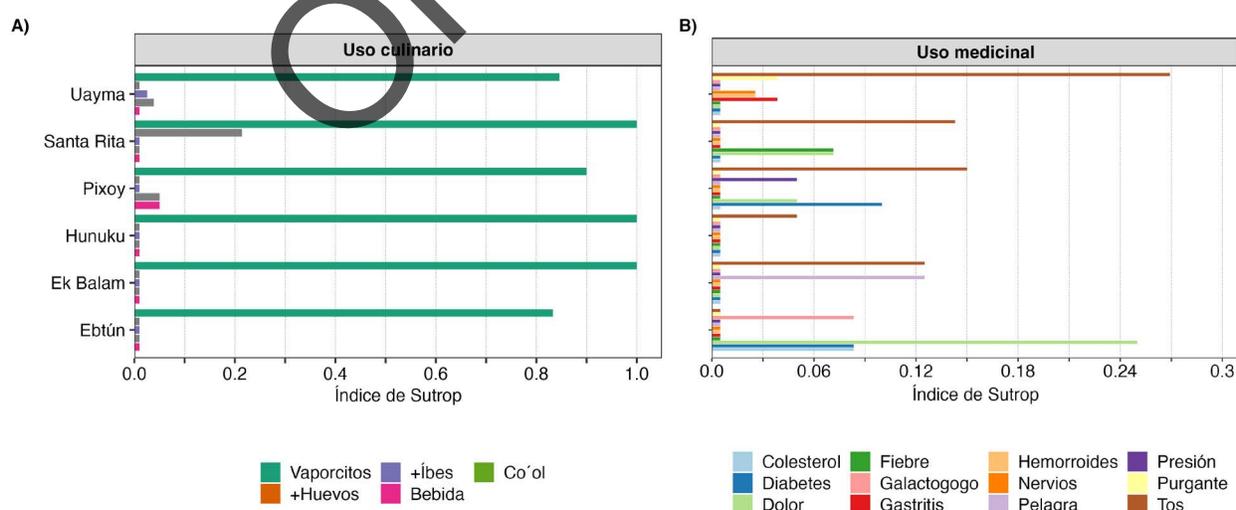
## Resultados

**Importancia cultural: clases de usos.** Del total de las personas entrevistadas ( $n = 53$ ), el 100 % mencionó conocer *P. auritum*. El 74 % de éstos contó con la especie dentro huertos familiares, y el resto no contó con la especie por falta de cuidados y/o pérdida de la planta. Los entrevistados mencionan que a esta especie se le conoce como Xmaculam. Los entrevistados mencionaron que los animales de traspatio se alimentan de la planta, lo que no permite su crecimiento.

Los resultados mostraron que el uso principal de *P. auritum* fue culinario, como condimento y/o envoltura; dado que el índice de Sutrop (IS) fue de  $0.98 \pm 0.03$ . El uso medicinal registró un valor promedio de IS de  $0.29 \pm 0.09$ . La comunidad que registró los valores de uso medicinal con IS más alto fue Ek Balam (0.3), mientras que la comunidad de Pixoy fue el valor IS más bajo (0.2).

El 58 % de las personas entrevistadas usa *P. auritum* tanto para fines culinarios como medicinales, el 38 % sólo para fines culinarios y el resto sólo para fines medicinales. El 95 % de los entrevistados, además de conocer la planta sabe utilizarla al menos para una forma de preparación, sólo el 4 % la conoce más no la sabe utilizar.

Se registraron cinco formas de preparación culinaria de *P. auritum* (Figura 2A). La forma más común fue la elaboración de un tipo de tamal, localmente conocido con varios nombres, *e.g.*, *kodzob*, *pibiway* y “vaporcitos” (Figura 3). Este uso registró un IS de  $0.87 \pm 0.07$ . La preparación del platillo *co’ol* se registró solamente en la comunidad de



**Figura 2.** Importancia de los tipos de preparación culinarias y medicinales en las comunidades de estudio a través del índice de Sutrop; 0: menos importante; 1: más importante. A) Índice de Sutrop de las formas de preparación culinaria. B) Índice de Sutrop de los tipos de usos medicinales tradicionales.



**Figura 3.** Forma de preparación culinaria principal de *Piper auritum* en las comunidades de estudio para la preparación de tamales, localmente conocidos como “vaporcitos”. A) la masa es “tallada” en las hojas de *Piper auritum* para darle sabor, se agrega frijoles (ibes) con calabaza, cebollina y chile a la hoja con la masa tallada. B) Para la cocción se envuelve en hojas de plátano.

Santa Rita (0.21 IS) (Tabla S2, Material suplementario). Las personas entrevistadas usan las hojas de *P. auritum* debido a su aporte al sabor y al olor en las distintas preparaciones. El 78 % de las personas entrevistadas menciona que le gusta el sabor, el 10 % menciona que le gusta el olor, mientras que, 12 % de las personas entrevistadas mencionó tanto al olor como el sabor. La frecuencia de consumo de los “vaporcitos” es de tres veces al año.

Se registraron 12 tipos de usos medicinales en las comunidades de estudio (Figura 2B). Los tipos de usos medicinales más conocidos en las comunidades fueron: para la tos (cinco comunidades), para dolor (tres comunidades) y para la diabetes (dos comunidades) (Tabla 2). La comunidad con más tipos de usos medicinales fue Uayma, donde se registraron cinco de los 12 tipos de uso: tos, purgante, hemorroides, nervios y gastritis. Hunukú fue la comunidad que registró solo un tipo de uso. El tipo de uso medicinal con mayor importancia en las comunidades fue para aliviar la tos, con un valor promedio de SI de  $0.14 \pm 0.07$  IS, y el tipo de uso medicinal con menor importancia fue el de la

pelagra con  $0.02 \pm 0.05$  IS. A lo largo del año, la frecuencia de uso medicinal es de una vez a la semana (10 %), una vez al mes (24 %), o tres veces al año (66 %), ya que la planta es usada cuando algún miembro de la familia presenta algunas de las enfermedades mencionadas previamente.

En cuanto a la comercialización de *P. auritum*, 33% de las personas entrevistadas que cuentan con esta especie en su huerto la venden. Los entrevistados mencionan que la venden a sus vecinos en un rango de precio de 10 a 20 pesos mexicanos. El resto de los entrevistados no la vende, mencionan que regalan las hojas cuando se las piden.

Los diversos usos de *P. auritum* son transmitidos de madres a hijos o hijas (76 %) y de abuelas a nietos o nietas (12 %). La forma de enseñanza en estas comunidades es la observación y la transmisión por vía oral. Las personas entrevistadas mencionan que ven cómo se preparan los alimentos o bien los tipos de uso en la medicina y así es como se transmiten los conocimientos. Cabe mencionar que esta transmisión se ha llevado a cabo de generación en generación, los entrevistados mencionan que no conocen exactamente el tiempo de inicio de uso de la especie.

**Tabla 2.** Principales formas de uso y preparación medicinal de *Piper auritum*.

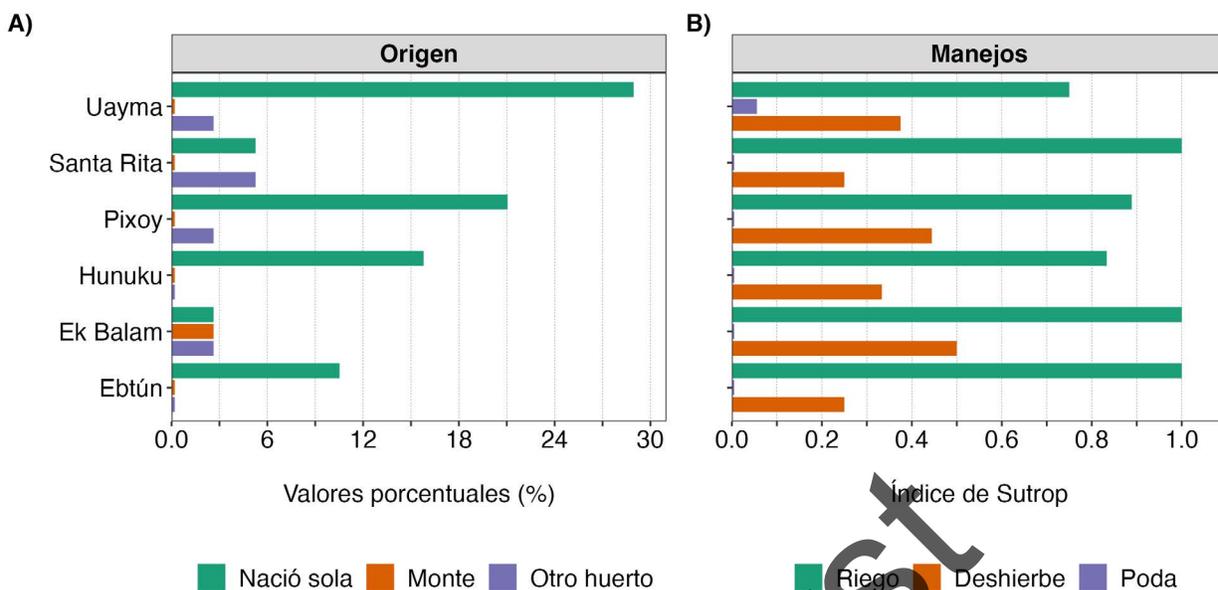
Uso	Preparación	Formas de preparación	Órgano vegetal
Tos	Infusiones/masticado	Una hoja en agua hirviendo por cada taza, se mastica la inflorescencia	Hoja/inflorescencia
Dolor corporal	Caliente	Se calienta una hoja en un comal, se coloca en el sitio de dolor	Hoja
Diabetes	Licuada	Dos hojas licuadas en un litro de agua	Hoja

*Actividades de manejo en los huertos familiares.* Las plantas de *P. auritum* dentro de los huertos de las personas entrevistadas germinaron sin intervención humana (“nacieron solas”, sic) en un 84 %, fueron toleradas dentro del huerto y posteriormente cuidadas. Las personas entrevistadas mencionan que los murciélagos se alimentan de los frutos y dispersan las semillas. El 13 % de los entrevistados mencionó que trajeron la planta de otro huerto, refieren que sus vecinos le regalaron la planta. El restante 3% (una mención), obtuvo la planta del “monte” (selva mediana subcaducifolia), no obstante, menciona que eso sucedió hace ya 20 años.

El origen de las plantas dentro del huerto con mayor importancia fue que germinó sin intervención humana, en Uayma registró 28 % del total de entrevistados, y en Pixoy 21 %, la comunidad de Ek Balam registró los tres tipos de orígenes dentro del huerto (Figura 4A). Por otra parte, el 100 % de las personas entrevistadas mencionaron que no es posible encontrar a *P. auritum* en las selvas actualmente. Una de las personas entrevistadas menciona que su padre trasplantaba la planta de la selva al huerto, pero esto ya no sucede.

Las actividades de manejo referidas en las entrevistas fueron: riego, poda y deshierbe de malezas (conocida localmente como chapeo) que crecen alrededor de *P. auritum* (Figura 4B). La actividad más importante fue el riego; En Ebtún, Santa Rita y Ek Balam se registró esta práctica con mayor importancia, con un valor de IS de 1. Uayma fue la comunidad donde el riego se lleva a cabo con menor relevancia registrando un valor de 0.75 de IS. El deshierbe obtuvo el segundo lugar de importancia, se registró en las seis comunidades, teniendo mayor importancia en Ek Balam con 0.5 de SI. Por el contrario, las comunidades con menor importancia en la actividad de deshierbe fueron Ebtún y Santa Rita que registraron 0.25 de IS. La poda se registró únicamente en Uayma con un valor de IS de 0.05.

Según las entrevistas, el objetivo del deshierbe es eliminar plantas que no son de interés para el dueño del huerto. Se procura que al eliminar malezas se toleren las especies que son importantes, siendo *P. auritum* parte de este grupo de plantas. En resumen, de las actividades de manejo registradas, el 60 % de las personas que cuenta con *P. auritum* en su huerto realiza riego y deshierbe de manera conjunta. El 21 % solamente riega la planta, mientras que el 13 % solo la poda.



**Figura 4.** Importancia de las actividades de manejo en las comunidades de estudio a través del índice de Sutrop y orígenes de *Piper auritum* representado en porcentajes; 0: menos importante; 1: más importante. A) orígenes de las plantas dentro del huerto en las comunidades de estudio (%). B) índice de Sutrop de las actividades de manejo registradas en las comunidades de estudio.

**Criterios de selección.** En los huertos de las personas entrevistadas se encontraron de tres a cinco individuos de *P. auritum*. La selección de individuos dentro de los huertos es dada principalmente por la altura de las plantas, 20 % menciona que selecciona a las plantas más pequeñas de *P. auritum* ya que facilita el corte/cosecha de las hojas, 2 % menciona que selecciona plantas altas. El 78 % restante menciona que utilizan cualquier individuo indistintamente de sus características.

Las hojas de *P. auritum* son el órgano de la planta usado por el 95 % de las personas entrevistadas. El restante 5 % usa las inflorescencias. Las hojas se usan basadas en su tamaño, madurez y la resistencia. El tamaño y la resistencia son las características esenciales para el uso culinario ya que se requieren hojas grandes, que cuenten con suficiente resistencia para el tallado de la masa. Para el uso medicinal la madurez de la hoja es lo importante, ya que solo las hojas de brote reciente son utilizadas.

El 95 % de las personas entrevistadas seleccionan hojas grandes para uso culinario, sin daños aparentes (“las más bonitas” *sic*), con un área foliar promedio de  $485.10 \pm 21.47 \text{ cm}^2$  (Tabla 3). Las hojas no usadas por ser jóvenes que miden en promedio  $284.39 \pm 9.78 \text{ cm}^2$  (Tabla 3) son usadas por el 5 % de las personas entrevistadas para elaborar tamales pequeños. Las hojas de uso medicinal no son usadas para preparaciones culinarias porque son muy pequeñas, con área promedio de  $98.85 \pm 5.44 \text{ cm}^2$  (Tabla 3) y se rompen fácilmente. Las hojas no usadas por senescentes presentan una coloración amarilla y/o tienen agujeros provocados por herbivoría, a pesar de que en promedio son las hojas de mayor tamaño ( $514.16 \pm 22.26 \text{ cm}^2$ ) (Tabla 3).

En cuanto a la resistencia, la mayoría de las personas entrevistadas mencionan que las hojas deben ser resistentes, pero, que las hojas no usadas por ser senescentes, a pesar de ser grandes son demasiado fibrosas y difíciles de masticar, mientras que las hojas no usadas por jóvenes son demasiado frágiles, por lo que no resisten el tallado de la masa. La selección de las hojas de las distintas categorías de uso no está basada en el olor que proporcionan, ya que las personas entrevistadas mencionan que todas las hojas de los individuos presentes en los huertos huelen igual.

**Variabilidad morfológica y fitoquímica de las hojas según su uso y manejo.** Al comparar los rasgos morfológicos de las hojas de *P. auritum* en los sitios se encontró que los huertos presentaron mayor área foliar ( $F_{(1,1)} = 5.4, P = 0.02$ )

y mayor dureza ( $F_{(1,1)} = 4.55$ ,  $P = 0.03$ ) que los sitios ruderales. No existió una interacción entre el sitio y categoría de la hoja para ninguna de las variables morfológicas. En el área foliar existieron diferencias significativas entre las categorías de hojas siguiendo la edad de las hojas, siendo más pequeñas la categoría UM, seguidas de NJ, mientras que UC y NS no presentaron diferencias significativas entre sí ( $F_{(3)} = 129.4$ ,  $P < 0.05$ ). En el caso del área foliar específica (AFE), esta no presentaron diferencias significativas entre sitios ( $F_{(1,1)} = 3.07$ ,  $P = 0.08$ ). Sin embargo, sí existieron diferencias en el AFE entre las categorías de hoja, siendo mayor en las hojas con UM, con respecto a las demás categorías dentro de los huertos. En la dureza de la hoja, no se reportan diferencias significativas ( $F_{(1,1)} = 0.25$ ,  $P = 0.61$ ) entre las categorías de las hojas dentro de los huertos.

En el caso del rendimiento de los aceites esenciales, no se encontraron diferencias entre las categorías de hojas y entre sitios (Tabla 4). En contraste, el metabolito más abundante, el safrol, fue significativamente mayor ( $F_{(1,1)} = 5.55$ ,  $P < 0.001$ ) en los sitios ruderales que en los huertos. No existieron interacciones significativas en la cantidad de safrol entre los sitios y las categorías de hojas ( $F_{(1,1)} = 0.72$ ,  $P = 0.39$ ). Entre categorías de hojas se registraron diferencias significativas ( $F_{(3)} = 3.15$ ,  $P = 0.03$ ) siendo la concentración mayor en NS (47.57 %) en comparación con NJ (33.6 %).

En los huertos se registró mayor concentración de  $\beta$ -cariofileno ( $F_{(1,1)} = 4.91$ ,  $P = 0.03$ ) y  $\beta$ -elemeno ( $F_{(1,1)} = 8.03$ ,  $P = 0.03$ ) que en los sitios ruderales. El germacreno-D no registró diferencias entre sitios, dentro del huerto registró diferencias significativas entre las categorías de hojas UM y NJ ( $F_{(3)} = 3.11$ ,  $P = 0.04$ ). Del total de metabolitos, 28 representaron entre el 90.29 y 94.20 % del total del aceite esencial (Tabla 4). El  $\beta$ -cariofileno registró diferencias significativas entre las categorías de hojas de UM y NS ( $F_{(3)} = 4.91$ ,  $P = 0.03$ ) (Tabla 4). No se registró interacción entre sitios y categorías de hojas ( $F_{(1,1)} = 0.49$ ,  $P = 0.48$ ). El  $\beta$ -elemeno no registró diferencias significativas entre las categorías de hojas ( $F_{(3)} = 0.82$ ,  $P = 0.48$ ).

En el análisis de componentes principales (Figura 5), el primer eje representó el 28.03 % de la variabilidad y el segundo el 22.17 %, sumando 50.2 %. La dimensión 1 fue influenciada principalmente por los metabolitos,  $\alpha$ -humuleno (10.0 %),  $\beta$ -elemeno (8.5 %), elemicina (8.47 %), safrol (7.89 %), germacreno D (7.65 %) y  $\beta$ -cariofileno (7.22 %). La dimensión 2 fue influenciada por los metabolitos, ácido heptadecanoico (10.67 %), linoleato de metilo (9.10 %), muro-la-4,10(14)-dien-1beta-ol (9.02 %), y los metabolitos no identificados con tiempo de reacción 56.2 (10.67 %) y 44.97 (8.37 %). No se registró interacción entre sitios y categorías de hojas ( $P = 0.45$ ). Registramos diferencias estadísticas significativas entre los huertos y los sitios ruderales con la integración de los 28 metabolitos ( $P = 0.02$ ) en el análisis PERMANOVA (Tabla 5). Las categorías de hojas no registraron diferencias significativas ( $P = 0.14$ ).

## Discusión

**Importancia cultural.** El uso de *P. auritum* más relevante para las comunidades de nuestro estudio fue el culinario, el cual había sido reportado previamente en otras comunidades de Yucatán (Xocén y Chichimilá). Registramos principalmente su consumo en vaporcitos, un tipo local de tamal. En otros estados de México se utiliza *P. auritum* para proveer sabor al pollo, diversos tamales, frijoles y pescado (McBurnett *et al.* 2006, García-Esquivel & Devía-Ochoa 2013, Santos-Martínez *et al.* 2021).

Registramos nuevos usos de *P. auritum* para la medicina tradicional en Yucatán: para aliviar la tos, como purgante y como tratamiento para la diabetes. Gracia Milián *et al.* (2001) y Pérez-Gutiérrez (2012), han demostrado la capacidad espasmolítica y antidiabética del aceite esencial de *P. auritum*. Pérez-Nicolás *et al.* (2017) mencionaron que *P. auritum* es usada en Oaxaca para enfermedades del aparato digestivo, las partes que usan son el tallo y las hojas. Tucker & Maciallero 1998 (citado en Durant-Archibold *et al.* 2018), reportan su uso para dolores de cabeza en Costa Rica, en nuestro estudio encontramos que lo usan para dolores corporales.

Los usos reportados han sido transmitidos de generación en generación, esto resalta la importancia cultural de esta especie en la zona, ya que tiene registros desde el siglo XVI (De la Garza & Izquiero 1983) y aún sigue vigente. Caballero & Cortés (2001) reportan que diversos grupos étnicos de México cuentan con un catálogo diverso de plantas medicinales, una misma especie puede utilizarse como remedio para varias enfermedades. Los mayas yucatecos

**Tabla 3.** Variables morfológicas de *Piper auritum* por categoría de uso, recolectadas en comunidades rurales del estado de Yucatán, México.

Huerto familiar (n = 15)			
Categoría <sup>†</sup>	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Área foliar específica (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	Dureza (g)
NJ	284.4± 9.8 <sup>b</sup>	284.4± 10.1 <sup>abc</sup>	9.42± 0.9 <sup>*a</sup>
NS	514.17± 22.3 <sup>a</sup>	312.62± 12.1 <sup>abc</sup>	10.52± 0.6 <sup>a</sup>
UC	485.1±21.5 <sup>*a</sup>	328.89± 15.1 <sup>abc</sup>	10.2± 0.8 <sup>a</sup>
UM	98.86± 5.4 <sup>c</sup>	413.51± 18.6 <sup>d</sup>	9.11± 1.0 <sup>*a</sup>
Promedio	345.63± 23.35	333.3± 9.76	10.19± 0.46
Ruderal (n = 13)			
NJ	241.71± 22.9	423.3± 53.3	8.59± 1.87 <sup>*</sup>
NS	524.77± 30.1	324.7± 33.6	6.82± 0.58
UC	385.03± 32.0 <sup>*</sup>	303.35± 20.6	6.34± 1.09
UM	105.41± 11.0	364.41± 24.6	7.01± 1.62 <sup>*</sup>
Promedio	314.22±25.15	353.94± 18.30	7.6± 0.62

Los valores indican el promedio ± error estándar.

<sup>†</sup>Categoría: NJ, No uso por jóvenes; NS, No uso por senescente; UC, Uso culinario; UM, Uso medicinal.

Los asteriscos indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ , prueba de Tukey) entre sitio de muestreo (n = 2, huertos vs ruderales).

Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ , prueba de Tukey) por categoría de uso (n = 4, NJ, NS, UC vs UM) dentro de huertos.

cuentan con un amplio conocimiento del uso y aprovechamiento de los recursos naturales (Ferrer *et al.* 2014), lo que se confirma con el conocimiento y transmisión de los usos de *P. auritum*. Todo lo anterior demuestra la importancia de *P. auritum*, localmente conocido como xmaculan, en la zona, ya que todas las personas entrevistadas conocen, usan y transmiten el conocimiento de la especie.

*Actividades de manejo.* Para *P. auritum* registramos tres actividades de manejo realizadas en los huertos, siendo la más frecuente y con mayor importancia, el riego. Schultz & Matthews (1997) en un estudio realizado bajo condiciones controladas exponiendo a la planta a temperaturas de entre 27 y 36 °C y humedad variable, mencionan que los requerimientos hídricos de *P. auritum* son altos, ya que cuando se exponen a altas temperaturas (36 °C, temperatura que se sobrepasa con frecuencia en Yucatán), en conjunto con altas tasas de déficit de presión de vapor, se presenta una rápida pérdida de turgencia de la hoja. Esto concuerda con lo que mencionan los entrevistados ya que mencionan que la falta de riego provoca la muerte de la planta.

Las prácticas de manejo pueden ser llevadas a cabo *in situ* o *ex situ* (Casas *et al.* 1997, 2007), sin embargo, en el caso de *P. auritum* en Yucatán no encontramos manejo *in situ*, el manejo se realiza únicamente *ex situ*, dentro de los huertos familiares. La gran mayoría de las plantas del huerto familiar son perennes, a diferencia de la milpa dominada por plantas anuales. Las especies perennes que se encuentran dentro de los huertos son toleradas, protegidas o fomentadas una vez que se establecen de forma natural (Blanckaert *et al.* 2012, Rooduijn *et al.* 2018, Ferrer *et al.* 2019). Los ciclos de vida largos de estas plantas permiten que haya mayor intercambio genético con individuos silvestres presentes en la vegetación circundante por medio de los dispersores y polinizadores naturales (Ferrer *et al.* 2019). Asimismo, en la mayoría de los casos encontramos que *P. auritum* crece sin intervención humana dentro del huerto

**Tabla 4.** Identificación de metabolitos y rendimientos del aceite esencial de *Piper auritum*.

Rendimiento	Huertos				Ruderales				TR <sup>1</sup>	ID <sup>2</sup>
	NJ	NS	UC	UM	NJ	NS	UC	UM		
<b>Componente</b>	0.37±0.07	0.57±0.15	0.37±0.05	0.53±0.14	0.57±0.1	0.59±0.09	0.44±0.09	0.39±0.09		
α-Pineno	0.02 <sup>3</sup>	0.02	0.02	0.04	0.06	0.07	0.18	0.06	24.29	Ef, IR, E
β-Pineno	0.02	0.16	0.09	0.03	0.19	0.17	0.41	0.13	26.22	Ef, IR, E
δ-Careno	0	0.03	0.03	0.01	0.07	0.12	0.23	0.03	27.76	Ef, IR, E
γ-Terpineno	0.11	0.19	0.18	0.07	0.37	0.56	0.92	0.18	29.43	Ef, IR, E
Safrol	33.60	47.57	43.91	34.97*	53.42	50.76	50.37	48.72*	38.62	Ef, IR, E
α-Cubebeno	2.07	1.4	1.57	1.71	1.57	1.11	1.19	1.17	40.5	Ef, IR
α-Copaeno	1.51	0.94	2.01	1.36	1.23	1.35	1.61	0.5	41.93	Ef, IR
β-Elemeno	2.77	2.71	2.75	2.41	2.05	2.45	2.19	2.06	42.32	Ef, IR, E
β-Cariofileno	11.13	7.84	9.55	10.63	7.33	9.31	8.19	8.01	43.52	Ef, IR, E
α-Humuleno	1.49	1.11	1.28	1.36	1.08	1.21	1.11	1.08	44.54	Ef, IR, E
Rotundeno	0.8	0.58	0.66	1.15	1.31	1.05	0.77	1.65	44.83	Ef, IR
N.I.	1.54	1.02	1.08	2.57	1.6	0.99	1.96	4.03	44.97	
G-Muruleno	1.28	0.94	0.91	1.42	0.39	0.31	0.38	0.27	45.01	Ef, IR
Germacreno D	9.38	6.95	8.53	6.52	6.97	7.23	7.6	5.72	45.34	Ef, IR
Pentadecano	0.92	0.62	0.7	0.95	0.71	0.67	0.74	0.64	45.58	Ef, IR
Epi-cubebol	1.53	0.98	1.18	1.26	1.5	1.47	1.65	1.41	45.65	Ef, IR
Bicilogermacreno	3.75	2.56	2.86	2.16	2	2.31	2.47	1.91	45.76	Ef, IR
Miristicina	3.7	2.68	2.51	3.07	2.72	1.99	2.55	3.14	46.13	Ef, IR
δ-Cadineno	0.44	0.91	1.11	1.61	0.34	0.75	0.43	0.61	46.22	Ef, IR
Elemicina	1.86	0.89	1.2	1.22	0.84	0.5	0.77	0.86	46.29	Ef, IR
Espatulenol	3.1	4.1	2.6	3.59	2.28	2.64	2.4	2.52	48.14	Ef, IR, E
Óxido cariofileno	1.4	1.95	1.28	1.58	0.72	1.32	0.98	1.03	48.34	Ef, IR, E
Muurola <sup>4</sup>	1.19	0.99	0.83	2.14	0.74	0.63	0.58	1.3	49.22	Ef, IR
Intermedeol	0.32	0.52	0.3	0.31	0.3	0.24	0.13	0.31	50.77	Ef, IR
N.I.	0.45	0.27	0.26	1.97	0.58	0.26	0.37	1.59	55.85	
Ácido hectadecanoico	0.73	0.26	0.3	1.43	0.42	0.26	0.17	1.11	56.2	Ef, IR
Linoleato de metilo	1.38	0.95	0.59	2.93	0.33	0.22	0.38	0.82	56.62	Ef, IR
Fitol	3.79	2.39	2.87	2.32	2.62	2.95	3.52	1.99	60.15	Ef, IR, E
<b>Total (%)</b>	90.29	91.52	91.16	90.82	93.74	92.89	94.2	92.87		

<sup>1</sup> Tiempo de retención; <sup>2</sup> ID: método de identificación (Ef: espectro de fragmentación; IR: índice de retención; E: estándar). <sup>3</sup> Composición porcentual por categoría (columnas); Los asteriscos indican diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ , prueba de Tukey) entre categorías de uso, por población (i.e., huertos o ruderales). NJ: No uso por jóvenes; NS: No uso por senescente; UC: Uso culinario; UM: Uso medicinal. N.I.: No identificado. <sup>4</sup> Muurola-4,10(14)-dien-1β-ol.

y posteriormente se fomenta su desarrollo con las prácticas de manejo. Las actividades de manejo que registramos (riego y poda) coinciden con la clasificación de manejo incipiente, reportadas previamente para especies medicinales que crecen de forma espontánea dentro del huerto (González-Insuasti & Caballero 2007, Blanckaert *et al.* 2012).

La dispersión de semillas de *P. auritum* dentro de los huertos podría estar dada por murciélagos, como lo mencionan Lopez & Vaughan (2004). Esta propagación propicia que el origen de *P. auritum* en los huertos se desconozca, ya que es posible que provengan de los huertos cercanos, de poblaciones ruderales o de los cenotes presentes en la zona.

La cosecha de *P. auritum* en la zona de estudio se da de forma exclusiva en los huertos, contrario a lo reportado por Salazar-Gómez-Varela (2014) en la comunidad de Xocen (Yucatán, México). Salazar-Gómez-Varela (2014), reportó la cosecha de *P. auritum* en huertos y en selvas medianas circundantes durante 2010-2011. Así mismo, diversos herbarios (CICY, MEXU, MOBOT) registran la presencia de *P. auritum* en la selva mediana de Yucatán, siendo el último registro en selvas en el año 2015. Los entrevistados mencionan que actualmente no es posible encontrarla en la selva, aunque si lo era en el pasado. Nuestras exploraciones en las selvas cercanas a las comunidades no tuvieron éxito en encontrar a la especie, excepto asociada a los cenotes, que presentan condiciones de alta humedad relativa constante. En Yucatán en los últimos años se han registrado cambios de uso de suelo por la expansión urbana, actividades extractivas, ganadería y otras actividades lo que ha provocado pérdida de los parches de selvas (Andrade-Hernández 2010, García-Quintanilla *et al.* 2022). La deforestación podría modificar las condiciones micro climáticas en los parches de selva existentes, afectando la supervivencia de *P. auritum*. El cambio climático podría ser otro factor que influya al modificar el clima, un análisis para Yucatán demuestra que ha habido un aumento en las temperaturas de 1960 a 2016, lo cual puede conllevar a mayor transpiración y pérdida de agua, aun cuando en el mismo periodo la cantidad de lluvia muestra aumentos moderados (Andrade-Velázquez *et al.* 2021). Dada esta falta o escasez de poblaciones naturales en el sitio de estudio, se sugiere que la especie no podría estar presente dentro de los huertos sin el manejo, especialmente el riego.

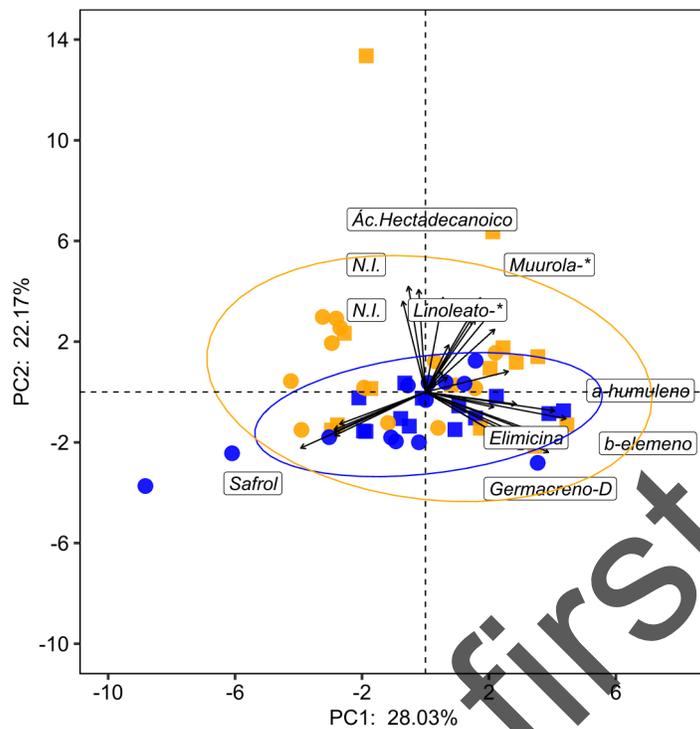
*Criterios de selección en poblaciones con o sin manejo.* Se considera que la selección en las plantas aromáticas generalmente está guiada por el olor y el sabor que proveen (Pico & Nuez 2000, Blanckaert *et al.* 2012). Sin embargo, en nuestro estudio registramos que las características seleccionadas de las hojas para su uso son el tamaño, la madurez y la resistencia. Esto concuerda con lo encontrado en el orégano mexicano (*Lippia organoides*, Llamas-Torres *et al.* 2022) del noroeste de Yucatán, donde las comunidades no utilizan el aroma para seleccionar los individuos que se cosechan.

Registramos cinco características de las poblaciones de *P. auritum* de huertos que presentan diferencias significativas con respecto a los sitios ruderales, siendo que las hojas de los huertos son más grandes y duras, contienen menos safrol, pero mayor porcentaje de  $\beta$ -cariofileno y  $\beta$ -elemeno. Los cambios en estas características parecen favorecer su consumo. En el epazote (Blanckaert *et al.* 2012), se ha reportado un aumento en el tamaño de la hoja en las poblaciones de huertos, lo que coincide con nuestros resultados. Así también, con el toronjil (*Agastache mexicana*), se reporta un aumento en el tamaño de las flores de las poblaciones de los huertos (Carrillo-Galván *et al.* 2020). Esto concuerda con nuestra hipótesis, donde esperábamos gigantismo del órgano útil.

Los metabolitos que aumentaron en las poblaciones de los huertos, el  $\beta$ -cariofileno y  $\beta$ -elemeno cuentan con numerosas propiedades medicinales entre ellas anticancerígenas y antiinflamatorias (Francomano *et al.* 2019, Zhai *et*

**Tabla 5.** Análisis multivariado con permutaciones (perMANOVA, 9999 permutaciones) del efecto del sitio de muestreo (huerto vs ruderal) y categorías de uso (medicinal vs culinario) sobre las características fitoquímicas (contenido de aceites esenciales) de hojas de *Piper auritum*.

Factor	Df	Sum Of Sqs	R <sup>2</sup>	F	P
Sitio	1	1,581.9	0.08112	4.8316	0.0225
Categorías	1	675.8	0.03465	2.0640	0.1380
Sitio:Categorías	1	218.4	0.01120	0.6671	0.4492
Residual	52	1,7025.4	0.87303	-	-
Total	55	19,501.5	1.00000	-	-



**Figura 5.** Análisis de componentes principales (PCA) del efecto del sitio de muestreo (huerto vs sitios ruderales) y categorías de uso (medicinal vs culinario) sobre los metabolitos del aceite esencial de hojas de *Piper auritum*. *P. auritum* de huerto con uso culinario (■) y medicinal (■); *P. auritum* de sitios ruderales con uso culinario (●) y medicinal (●). \*Muurolo-4,10(14)-dien-1 $\beta$ -ol, Linoleato de metilo.

*al.* 2019). Por otra parte, el safrol registró disminución, lo que coincide con lo reportado por Blanckaert *et al.* (2012), que observan la ausencia del metabolito ascaridol en las poblaciones manejadas del epazote (*Chenopodium ambrosioides*), el cual es tóxico para el ser humano. Se sabe que el safrol cuenta con propiedades hepatocarcinogénicas en ratas y ratones (Jeurissen 2007) por lo que su disminución favorecería su consumo.

Los cambios a nivel fitoquímico proveen mayor palatabilidad en los huertos, no obstante, provoca una disminución de las defensas lo que coloca a la planta bajo mayor susceptibilidad ante la herbivoría. El safrol es un metabolito con propiedades antimicrobianas e insecticidas (Kempriai *et al.* 2019), su disminución en los huertos aumenta la posibilidad de herbivoría de esta especie; tal como lo reportan en el chile (*Capsicum annum*) (Luna-Ruiz *et al.* 2018) con la disminución de capsaicinoides. La disminución de los metabolitos y la susceptibilidad de las especies ante esto es una consecuencia indirecta de la domesticación de las plantas (Bautista-Lozada *et al.* 2017).

Por otra parte, el aumento en la dureza de la hoja que se observó en los huertos contrasta con lo encontrado en otra hierba cuya hoja es de consumo culinario en Yucatán, la chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*), la cual registró mayor dureza de la hoja en las poblaciones silvestres (Munguía-Rosas *et al.* 2019, Parra-Tabla *et al.* 2004). Sin embargo, mientras la menor dureza de la hoja de chaya la hace más palatable, las comunidades mencionan que las hojas de *P. auritum* para uso culinario deben ser resistentes para aguantar el tallado de la masa durante la preparación, lo que podría estar relacionado con su dureza.

A pesar de que los entrevistados mencionan no llevar a cabo selección, los resultados apuntan a que se lleva a cabo una selección inconsciente dado que las modificaciones se registraron en el órgano útil y parecen favorecer su consumo. La selección inconsciente es reconocida como un factor principal que moldea a las plantas bajo domesticación (Zohary 2004), por lo que podría ser el factor que este moldeando los cambios registrados de *P. auritum*. Los resultados del perMANOVA sugieren que la característica que marca la diferencia entre sitios es la fitoquímica, la posible selección inconsciente en los huertos podría estar dirigida hacia la disminución del metabolito tóxico,

el safrol, y el aumento de metabolitos benéficos como el  $\beta$ -cariofileno y  $\beta$ -elemeno. Basados en la clasificación de Clement (1999), una población sometida a selección humana e intervención (manejo) que comparte rasgos con la población silvestre se encuentra bajo domesticación incipiente. Por lo anterior, sugerimos que *P. auritum* se encuentra bajo domesticación incipiente.

Para corroborar que las diferencias que registramos son producto de la selección y no están dadas por las diferencias ambientales entre los huertos y los sitios ruderales (Rendón & Núñez-Farfán 2001), sugerimos establecer experimentos de jardín común para el análisis de las características morfo-fitoquímicas así como análisis de marcadores moleculares para analizar posibles diferencias genéticas entre las poblaciones de huertos y ruderales.

*Piper auritum* es una especie ampliamente conocida en las comunidades rurales del oriente de Yucatán, las actividades de manejo realizadas por las comunidades son vitales para el mantenimiento de la especie dentro del huerto, especialmente el riego. Las diferencias entre las poblaciones de huertos y sitios ruderales podrían estar relacionadas con las actividades de manejo que encontramos, así como la selección inconsciente de características. El análisis de la importancia cultural, las prácticas de manejo y la selección son esenciales para el entendimiento de los primeros pasos del proceso de domesticación, con los datos que registramos sugerimos que *P. auritum* se encuentra bajo domesticación incipiente. Para analizar a profundidad la selección y el manejo sugerimos llevar a cabo estudios etnobotánicos de observación participante en las comunidades, así como comparaciones entre poblaciones manejadas y en estado silvestre

### Agradecimientos

A CONACyT, por la beca otorgada a Rosa G. Pérez-Hernández para cursar el doctorado (CVU 529263), así también por el apoyo complementario para mujeres indígenas 2019-1. Agradecemos a A.A.R. Rodríguez-Luna, Víctor Parra-Tabla, L.M. Calvo-Irabién, Miriam Ferrer, al editor de sección Alejandro Casas y dos revisores anónimos por sus comentarios que contribuyeron a mejorar el escrito. Al técnico Gabriel Rolando Dzib por su apoyo en el trabajo de campo. A las personas entrevistadas que nos abrieron las puertas de sus hogares, y sus huertos.

### Material Suplementario

Se puede acceder al material suplementario de este artículo aquí: <https://doi.org/10.17129/botsci.3305>

### Literatura citada

- Adams RP. 2007. *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry*. Carol Stream, Illinois: Allured Publishing Corporation. ISBN 978-193-2633-21-4
- Aguirre-Dugua X, Pérez-Negrón E, Casas A. 2013. Phenotypic differentiation between wild and domesticated varieties of *Crescentia cujete* L. and culturally relevant uses of their fruits as bowls in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **11**:1-13. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-9-76>
- Akhzari D, Pessarakli M. 2016. Effect of drought stress on total protein, essential oil content, and physiological traits of *Levisticum officinale* Koch. *Journal of Plant Nutrition* **39**: 1365-1371. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1109125>
- Amzallag GN, Larkov O, Ben Hur M, Dudai N. 2005. Soil microvariations as a source of variability in the wild: the case of secondary metabolism in *Origanum dayi* post. *Journal of chemical ecology* **31**: 1235-1254. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10886-005-5283-4>
- Andrade-Hernández M. 2010. Transformación de los sistemas. In: Durán-García R, Méndez-González ME, eds. *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*. Mérida, Yucatán, México: Centro de Investigación Científica de Yucatán, Programas de Pequeñas Donaciones - Fondo para el Medio Ambiente Mundial, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente. ISBN 978-607-7823-05-6
- Andrade-Velázquez M, Medrano-Pérez O, Montero-Martínez MJ, Alcudía-Aguilar A. 2021. Regional climate change in

- southeast Mexico-Yucatan Peninsula, Central America and the Caribbean. *Applied Sciences* **11**: 1-17. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11188284>
- Bautista-Lozada A, Rondinel Parra F, Garcia Espinosa F. 2017. Efectos de la domesticación de plantas en la diversidad fitoquímica. In: Rojas J, Malo E. eds. *Temas selectos en Ecología Química de insectos*. México: El Colegio de la Frontera Sur. ISBN: 978-607-8429-72-1
- Blancas J, Casas A, Moreno-Calles A, Caballero J. 2016. Cultural motives of plant management and domestication. In: Lira R, Casas A, Blancas J, eds. *Mexican Ethnobotany: Interactions of People and Plants in Mesoamerica*. New York: Springer, pp. 233-256. ISBN: 978-1461466680
- 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 Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *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>
- Caballero J, Cortés L. 2001. Percepción, uso y manejo tradicional de los recursos vegetales en México. In: Rendón-Aguilar B, Rebollar-Domínguez S, Caballero-Nieto J, Martínez-Alfaro M, eds. *Plantas, cultura y sociedad*. México: Universidad Autónoma Metropolitana, Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, pp. 79-100. ISBN: 970-654-782-7
- Calvo-Irabién 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 oils. *Journal of herbs, spices & medicinal plants* **15**: 281-287. DOI: <https://doi.org/10.1080/10496470903379001>
- Calvo-Irabién LM. 2012. *Plantas Aromáticas de Yucatán*. México: Centro de Investigación Científica de Yucatán. ISBN: 978-607-7823-12-4.
- 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**: 1-16. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00368-2>
- Casas A, Caballero, 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, Del Carmen Vázquez M, Viveros JL, Caballero J. 1996. Plant management among the Nahuatl and the Mixtec in the Balsas River Basin, Mexico: An ethnobotanical approach to the study of plant domestication. *Human Ecology* **24**: 455-478. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02168862>
- 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>
- Clement CR. 1999. 1492 and the loss of amazonian crop genetic resources. I. The relation between domestication and human population decline. *Economic Botany* **53**: 188-202. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02866498>
- Colunga-GarcíaMarín P, Zizumbo-Villarreal D. 2004. Domestication of Plants in Maya Lowlands. *Economic Botany* **58**: S101-S110. <http://www.jstor.org/stable/4256911>
- Darwin C. 1859. *El origen de las especies*. México, Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 978-607-2003-85-9.
- De la Garza M, Izquierdo A. 1983. Relaciones de la Villa de Valladolid. In: Instituto de Investigaciones Filológicas, ed. *Relaciones histórico-geográficas de la gobernación de Yucatán*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 43. ISBN: 978-968-5806-25-1
- Díaz-Braco L, Torruco-García U, Martínez-Hernández M, Valera-Ruiz M. 2013. La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación Médica* **2**: 162-167.
- Dirzo R, Fernández-Bremauntz A, Gómez-Rodríguez G, González-Kladiano V. 1982. Un aparato sencillo para medir la dureza del follaje en estudios de herbivoría. *Boletín de la sociedad botánica de México* **43**: 81-88. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1272>

- Duan H, Wu J, Huang G, Zhou S. 2016. Individual and interactive effects of drought and heat on leaf physiology of seedlings in an economically important crop. *AOB Plants* **9**. DOI: <https://doi.org/10.1093/aobpla/plw090>
- Durant-Archibold AA, Santana AI, Gupta MP. 2017. Ethnomedical uses and pharmacological activities of most prevalent species of genus *Piper* in Panamá: A review. *Journal of ethnopharmacology* **217**: 63-82. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.02.008>
- Ferrer M, Estrada-Medina H, Ruenes-Morales M. 2014. Los huertos familiares Maya-Yucatecos: Situación actual y perspectiva en México. *Ambienta* **107**: 120-128.
- Ferrer MM, Montañez-Escalante PI, Ruenes-Morales MR, Estrada-Medina H, Jiménez-Osornio J. 2019. Growing out of the tropical forests: domestication syndrome of native Mesoamerican trees in Mayan homegardens. *Genetic Resources Crop Evolution* **67**: 587-604. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-019-00833-2>
- Francomano F, Caruso A, Barbarossa A, Fazio A, La torre C, Ceramella J, Mallamaci R, Saturnino C, Iacopetta D, Sini-cropi S. 2019. B-Caryophyllene: A sesquiterpene with countless biological properties. *Applied sciences* **9**: 1-19. DOI: <https://doi.org/doi:10.3390/app9245420>
- Galluzi G, López-Noriega I. 2014. Conservation and use of genetic resources of underutilized crops in the Americas - A continental analysis. *Sustainability* **6**: 980-1017. DOI: <https://doi.org/doi:10.3390/s6020980>
- García-Esquivel N, Devía-Ochoa S. 2013. Comiendo bien a lo Veracruz-sano. Veracruz, México: Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, Programa Educativo de NUTRIR Nestlé México. [https://www.sev.gob.mx/educacion-basica/esvisa/wp-content/uploads/sites/11/2018/09/%E2%80%9CComiendo\\_Bien\\_a\\_lo\\_Veracruz-Sano.-Volumen-2%E2%80%9D.pdf](https://www.sev.gob.mx/educacion-basica/esvisa/wp-content/uploads/sites/11/2018/09/%E2%80%9CComiendo_Bien_a_lo_Veracruz-Sano.-Volumen-2%E2%80%9D.pdf) (accessed: Julio 24, 2023)
- García-Flores J, González-Espinosa M, Lindig-Cisneros R, Casas A. 2019. Traditional medicinal knowledge of tropical trees and its value for restoration of tropical forest. *Botanical Sciences* **97**: 336-354. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2122>
- García-Quintanilla A, López-Barreto M, Espadas-Manrique C, Cach-Pérez MJ, Caballero-Vázquez JA, Hernández-Zepeda C, Reyes-García C. 2022. Impact of the tren maya megaproject on the biocultural heritage of the Mayan area in Mexico's best conserved tropical forest. *International Journal of Environment Sciences & Natural Resources* **31**: 1-5. DOI: <https://doi.org/10.19080/IJESNR.2022.31.556317>
- González-Insuasti MS, 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>
- Gracia Milián AJ, Martínez Torres MC, Morón Rodríguez F, Pinedo Z. 2001. Efecto espasmolítico del aceite de *Piper auritum* en el músculo liso intestinal. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* **6**: 12-15.
- Greig N, Mauseth JD. 1991. Structure and function of dimorphic prop roots in *Piper auritum*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* **118**: 176-183. DOI: <https://doi.org/10.2307/2996859>
- Gupta MP, Arias TD, Norris H, Williams R, Bos R, Tattje DHE. 1985. Safrole, the main component of the essential oil from *Piper auritum* of Panama. *Journal of Natural Products* **48**: 330. DOI: <https://doi.org/10.1021/np50038a026>
- Heredia-Pech M, Chávez-Pesqueira M, Ortiz-García M, Andueza-Noh RH, Chacón-Sánchez M, Martínez-Castillo J. 2022. Consequences of introgression and gene flow on the genetic structure and diversity of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) in its Mesoamerican diversity area. *PerJ* **10**: 1-29. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.13690>
- Jackson F. 1996. The Coevolutionary relationship of humans and domesticated plants. *Yearbook of Physical Anthropology* **39**: 161-176. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-8644\(1996\)23+<161::AID-AJPA6>3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-8644(1996)23+<161::AID-AJPA6>3.0.CO;2-8)
- Jeurissen S. 2007. *Bioactivation and genotoxicity of the herbal constituents safrole, estragole and methyleugenol*. PhD Thesis. Wageningen University
- Jiménez-Rojas MI, Andueza-Noh RH, Martínez-Castillo J, Potter D. 2019. Management and cultivation of the Huaya India (*Melicoccus oliviformis* Kunth) on the Yucatan Peninsula. *Economic Botany* **73**: 429-442. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-019-09470-3>
- Joulain D, König AW. 1998. *The atlas of spectral data sesquiterpenic hydrocarbons*. Hamburg: E.B. Verlag. ISBN: 978-393-0826-48-3
- Kempri P, Protim Mahanta B, Sut D, Barman R, Banik D, Lal M, Proteem Saikia S, Haldar S. 2019. Review on safrole: identity shift of the 'candy shop' aroma to a carcinogen and deforester. *Flavour and fragrance Journal* **35**: 1-19. DOI: <https://doi.org/10.1002/ffj.3521>

- Lara I. 2012. Municipio de Valladolid, Yucatán. Secretaría de fomento turístico. [http://www.sefotur.yucatan.gob.mx/files-content/general/estudios\\_y\\_proyectos/482b9797a1cbb46e5f0f094d280538ea.pdf?v=1645414002#:~:text=Flora%3A%20La%20flora%20conserva%20la,Es%20determinada%20por%20la%20flora](http://www.sefotur.yucatan.gob.mx/files-content/general/estudios_y_proyectos/482b9797a1cbb46e5f0f094d280538ea.pdf?v=1645414002#:~:text=Flora%3A%20La%20flora%20conserva%20la,Es%20determinada%20por%20la%20flora) (accessed Julio 24, 2023)
- Larousse. 2023. Hierba santa, acuyo, hoja santa, momo o tlanepa. Diccionario gastronómico. Larousse cocina. <https://laroussecocina.mx/palabra/hierba-santa-acuyo-hoja-santa-momo-o-tlanepa/> (accessed January 10, 2023).
- Lins Neto EMDF, Peroni N, Casas A, Parra F, Aguirre X, Guillén S, Albuquerque UP. 2014. Brazilian and Mexican experiences in the study of incipient domestication. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **10**. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-10-33>
- Llamas-Torres I, Grijalva-Arango R, Porter-Bolland L, Calvo-Irabién LM. 2022. Impacto del manejo in situ-ex situ del orégano mexicano (*Lippia origanoides* Kunth) en el noroeste de Yucatán. *Botanical Sciences* **100**: 610-630. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsoci.2994>
- Lopez JE, Vaughan C. 2004. Observations on the role of frugivorous bats as seed dispersers in Costa Rican secondary humid forests. *Acta Chiropterologica* **6**: 111-119. DOI: <https://doi.org/10.3161/001.006.0109>
- Luna-Ruiz N, Nabhan GP, Aguilar-Meléndez A. 2018. Shifts in plant chemical defenses of Chile pepper (*Capsicum annum* L.) due to domestication in Mesoamerica. *Frontiers in Ecology and Evolution*. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00048>
- Magdaleno-Hernández E, Mejía-Contreras A, Martínez-Saldaña T, Jiménez-Velázquez M, Sánchez-Escudero J, García-Cué J. 2016. Selección tradicional de semilla de maíz criollo. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. **13**: 437-447.
- Manoharan L, Rosenstock NP, Williams A, Hedlund K. 2017. Agricultural management practices influence AMF diversity and community composition with cascading effects on plant productivity. *Applied Soil Ecology* **115**: 53-59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.03.012>
- Mariaca-Méndez R, González-Jácome A, Arias-Reyes LM. 2011. *El huerto maya yucateco en el siglo XVI*. México: El Colegio de la Frontera Sur, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Mérida, Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Yucatán, Fondos Mixtos de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica-Yucatán. ISBN: 978-607-7637-24-0
- Martínez-Ballesté A, Martorell C, Caballero J. 2006. Cultural or ecological sustainability? The effect of cultural change on Sabal palm management among the lowland Maya of Mexico. *Ecology and Society* **11**: 1-13. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-01803-110227>
- Martínez-De la Cruz I, Vibrans H, Lozada-Pérez L, Romero-Manzanares A, Aguilera-Gómez LI, Rivas-Manzano IV. 2015. Plantas ruderales del área urbana de Malinalco, Estado de México, México. *Botanical sciences* **93**: 907-919. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsoci.213>
- Martínez-Bautista BG, Bernal-Ramírez LA, Bravo-Avilez D, Samain MS, Amezcua Ramírez JM, Rendón-Aguilar B. 2019. Traditional uses of the family Piperaceae in Oaxaca, Mexico. *Tropical Conservation Science* **12**. DOI: <https://doi.org/10.1177/1940082919879315>
- McBurnett BG, Chavira AA, López AC, Mosso J, Collins SM. 2006. Analysis of *Piper auritum*: A traditional hispanic herb. In: Tunick M, González de Mejía E, eds. Estados Unidos Americanos: *American Chemical Society*, pp 67-76. ISBN: 978-084-1239-73-9
- Meyer RS, Duval AE, Jensen HR. 2012. Patterns and processes in crop domestication: an historical review and quantitative analysis of 203 global food crops. *New Phytologist* **196**: 29-48. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04253.x>
- Munguía-Rosas MA, Jácome-Flores ME, Bello-Bedoy R, Solís-Montero V, Ochoa-Estrada E. 2019. Morphological divergence between wild and cultivated chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnston). *Genetic Resources and Crop Evolution* **66**: 1389-1398. Springer Netherlands. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-019-00790-w>
- Mutis y Bosio JC. 1997. *Flora de la real expedición botánica del Nuevo Reino de Granada*. Tomo 13. Madrid, España: Ediciones Cultura Hispánica. <https://bibdigital.rjb.csic.es/records/item/15854-redirect> (accessed: Julio 24, 2023)
- Oksanen J, Simpson GL, Blanchet FG, Kindt R, Legendre P, Minchin PR, O'Hara R, Solymos P, Stevens H, Szoecs E, Wagner H, Barbour M, Bedward M, Bolker B, Borcard D, Carvalho G, Chirico M, De Caceres M, Durand S, Antoniazzi-Evangelista B, FitzJohn R, Friendly M, Furneaux M, Hannigan G, Hill MO, Lahti L, McGlenn D, Ouellette MH, Cunha ER, Smith T, Stier A, Braak T, Weedon J. 2017. *Vegan: Community ecology package*. R package versión 2.6. <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf> (accessed Julio 24 2023)

- Parra-Tabla V, Rico-Gray V, Carbajal M. 2004. Effect of defoliation on leaf growth, sexual expression and reproductive success in *Cnidoscolus aconitifolius* (Euphorbiaceae). *Plant Ecology* **173**: 153-160.
- Pérez-Gutiérrez RM. 2012. Effect of the hexane extract of *Piper auritum* on insulin release from  $\beta$ -cell and oxidative stress in streptozotocin-induced diabetic rat. *Pharmacognosy Magazine* **8**: 308. DOI: <https://doi.org/10.4103/0973-1296.103661>
- Pérez-Nicolás M, Vibrans H, Romero-Manzanares A, Saynes-Vásquez A, Luna-Cavazos M, Flores-Cruz M, Lira-Saade R. 2017. Patterns of knowledge and use of medicinal plants in Santiago Camotlán, Oaxaca, Mexico. *Economic Botany* **71**: 209-223. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-017-9384-0>
- Picó B, Nuez F. 2000. Minor crops of Mesoamerica in early sources (II). Herbs used as condiments. *Genetic Resources and Crop Evolution* **47**: 527-540. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008704110054>
- Pino JA, Rosado A, Rodríguez M, García D. 1998. Composition of leaf oil of *Piper auritum* H.B.K. Grown in Cuba. *Journal of Essential Oil Research* **10**: 333-334. DOI: <https://doi.org/10.1080/10412905.1998.9700913>
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org> (accessed Julio 24 2023)
- Rendón B, Núñez-Farfán J. 2001. Population differentiation and phenotypic plasticity of wild and agrestal populations of the annual *Anoda cristata* (Malvaceae) growing in two contrasting habitats. *Plant Ecology* **156**: 205-213. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1012657730991>
- Rooduijn B, Bongers F, Van der Wal H. 2018. Wild native trees in tropical home gardens of Southeast Mexico: Fostered by fragmentation, mediated by management. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **254**: 149-61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.10.015>
- Salazar-Gómez-Varela C. 2014. *Contribución de la cultura alimentaria maya en la selección y conservación de diversidad de recursos fitogenéticos*. PhD Tesis. Centro de Investigación Científica de Yucatán.
- 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>
- Salleh WMNH. 2021. A systematic review of botany, phytochemicals and pharmacological properties of “Hoja santa” (*Piper auritum* Kunth). *Zeitschrift für Naturforschung - Section C Journal of Biosciences* **76**: 93-102. DOI: <https://doi.org/10.1515/znc-2020-0116>
- Santos-Martínez M, Jarquín-Mejía A, Miguel-Rodríguez K, Avendaño-Santos L, Gaspar-Hernández M, García-Cruz M. 2021. *Cocinas tradicionales Santa María Ecatepec Oaxaca, cocina tradicional en los municipios con cobertura del Centro Coordinador de Pueblos Indígenas*. México: Instituto Nacional de los Pueblos indígenas. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/672065/Libro-Cocinas-tradicionales-Santa-Maria-Ecatepec-Oaxaca-INPI.pdf> (accessed: Julio 24, 2023)
- Schultz HR, Matthews MA. 1997. High vapour pressure deficit exacerbates xylem cavitation and photoinhibition in shade-grown *Piper auritum* H.B. and K. during prolonged sun flecks. I. Dynamics of plant water relations. *Oecologia* **110**: 312-319. DOI: <https://doi.org/10.1007/s004420050164>
- Sutrop U. 2001. List task and a cognitive salience index. *Field Methods* **13**: 263-276. <https://doi.org/10.1177/1525822X0101300303>
- Tinoco-Ojanguren C. 1997. *Piper auritum*. In: González-Soriano E, Dirzo R, Vogt R, eds. *Historia natural de los Tuxtlas*. México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología. CONABIO. ISBN: 968-36-5646-3
- Toledo VM, Barrera-Bassols N, García-Frapolli E, Toledo VM, Barrera-Bassols N. 2008. Uso múltiple y biodiversidad entre los mayas yucatecos. *Interciencia* **33**: 345-352.
- Vázquez-Yanes C, Smith H. 1982. Phytochrome control of seed germination in the tropical rain forest pioneer trees *Cecropia obtusifolia* and *Piper auritum* and its ecological significance. *New Phytologist* **92**: 477-485. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1982.tb03405.x>
- López Quiroz M, Loranca Domínguez Y, Zavala Fajardo AG, Martínez Melgarejo AE, Gómez Camacho J, Farias Nuñez OA, Olmos Caballero VI, López Trujillo JA. 2022. Reporte anual del clima en México 2022. México: Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional. <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Diagn%C3%B3stico%20Atmosf%C3%A9rico/Reporte%20del%20Clima%20en%20M%C3%A9xico/Anual2022.pdf> (accessed Julio 24, 2023)

- Zhai B, Zhang N, Han X, Li Q, Zhang M, Chen X, Li G, Zhang R, Peng C, Wang W, Li C, Xiang Y, Liu S, Lou J, Duan T, Xie T, Sui X. 2019. Molecular targets of B-element, an herbal extract used in traditional chinese medicine, and its potential role in cancer therapy: A review. *Biomedicine & Pharmacotherapy* **114**. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.108812>
- Zohary D. 2004. Unconscious selection and the evolution of domesticated plants. *Economic Botany* **58**: 5-10. DOI: [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2004\)058\[0005:USATEO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2004)058[0005:USATEO]2.0.CO;2)

---

**Editor de sección:** Alejandro Casas

**Autor contributions:** RGPH: diseño del experimento, realizó entrevistas, trabajo de campo, análisis de datos y escritura; CRG: diseño del experimento y escritura del artículo; CEM y RGA: trabajo de campo y análisis de aceites esenciales; MCP: escritura del artículo; MHG: análisis estadístico de datos. Todos los autores revisaron, comentaron y aprobaron el artículo.

Online first