



# La chía en las colecciones biológicas, un recurso para el estudio de la domesticación

## Chia in biological collections, a resource for the study of domestication

Sabina I. Lara Cabrera , Geraldine Murillo Suárez, Yocupitzia Ramírez Amezcua  

Laboratorio de Biodiversidad y Biogeografía de Plantas. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.

### Resumen

*Salvia hispanica* L., conocida como chía, es una planta domesticada hace al menos 3,700 años que ha sido manejada en un gradiente donde persisten poblaciones silvestres, intermedias (manejadas *in situ*) y cultivadas. En este trabajo investigamos si el material de las colecciones de acceso público proviene de plantas silvestres. Para evaluar lo anterior, estudiamos 10 caracteres indicativos de domesticación y variables relacionadas al vigor de la planta y la inflorescencia en ejemplares de herbario digitalizados. Realizamos análisis en el software PAST, resultando en un dendrograma que no agrupa muestras categorizadas como silvestres, intermedias ni cultivadas. Sin embargo, de acuerdo al MANOVA y la prueba pareada, hay diferencias significativas excepto para distinguir intermedias de cultivadas. Los caracteres que mejor explican la variación son: largo de la inflorescencia, número de verticilastos y número de flores por verticilastro. Confirmamos que la mayoría de los ejemplares provienen de plantas silvestres, que la especie posee amplia variación o plasticidad fenotípica y no la homogeneidad que se esperaría en un cultivo plenamente domesticado.

**Palabras clave:** inflorescencia, núcula, silvestre, cultivado, gradiente domesticación.

### Abstract

*Salvia hispanica* L., known as chia, is a plant domesticated since at least 3,700 years ago, and it has been managed in a persisting gradient from wild populations and intermediate *in situ* management to cultivation. We wanted to know if specimens at public collections belong to wild plants. To evaluate this, we studied 10 domestication traits and vigor related to the plant and the inflorescence in digitalized herbaria specimens. We conducted the analyses using PAST software, and the resulting dendrogram showed no clustering of the categories of wild, intermediate and cultivated plants. Nevertheless, according to the MANOVA analysis and the paired test, significative differences exist, except for distinguishing intermediate from cultivated material. Inflorescence length, number of verticillasters, and number of flowers per verticillaster are the characters that better explain the variation. We confirm that the majority of the herbarium specimens belong to wild plants, and that the species possesses considerable morphological variation or phenotypic plasticity and does not show the homogeneity that a fully domesticated crop would be expected to display.

**Keywords:** inflorescence, nutlet, wild, cultivated, domestication gradient.

### Introducción

La chía, *Salvia hispanica* L. es una planta de enorme importancia para la que se han estudiado aspectos sobre su morfología (Cahill, 2003; Di Sapio *et al.*, 2012; Lara-Cabrera *et al.*, 2024; Wood *et al.*, 2022), arqueología (MacClung de Tapia *et al.*, 2014), historia (Cahill, 2003, 2005), propiedades nutraceuticas (Ullah *et al.*, 2016), diversidad genética (Cahill, 2004; Peláez *et al.*, 2019) y potencial de cultivo (Hassani *et al.*, 2022; Sosa-Baldivia *et al.*, 2018). Sin embargo, sobre el proceso de domesticación que la llevó a ser un cultivo tan importante como el maíz y el frijol en la época precolonial, sabemos poco (Murrieta *et al.*, 2020). Hoy en día la demanda comercial de la chía a

nivel mundial es cada vez mayor, y su tasa de crecimiento acumulado se calcula en 7.1% (ChiaSeedMarket, 2025);

#### Historial

Manuscrito recibido: 11 de octubre de 2025

Manuscrito aceptado: 16 de febrero de 2026

Manuscrito publicado: abril 2026

#### Autor para correspondencia\*

Yocupitzia Ramírez Amezcua

yocupitzia@yahoo.com

Orcid Id: 0000-0003-3151-8016

#### Como citar:

Lara-Cabrera SI, Murillo Suárez G, Ramírez Amezcua Y (2026). La chía en las colecciones biológicas, un recurso para el estudio de la domesticación. *Ciencia Nicolaita* 96:21-32. DOI:[10.35830/cn.vi96.887](https://doi.org/10.35830/cn.vi96.887)

según esta misma fuente, en 2003 su producción anual ascendió a 203 millones de dólares (Harisha *et al.*, 2025).

La domesticación se puede definir como el final de un continuo que comienza con el uso de un recurso silvestre, seguido de manejo y selección de organismos para su cultivo (**Figura 1**). Es un proceso en el que, a través de intervención humana, los cultivos se van diferenciando gracias a que algunos caracteres se fijan, pudiendo finalmente distinguirse morfológica y genéticamente el material domesticado del progenitor silvestre (Pickersgill, 2007). En ese continuo se pueden reconocer modificaciones en caracteres morfológicos acorde a la intensidad de manejo, así, las poblaciones manejadas por las comunidades sin extraerlas de sus hábitats se denominan como manejadas *in situ*, y éstas y las silvestres serán más parecidas entre sí que las cultivadas (Casas *et al.*, 2017), pudiendo identificarse a partir de ellas caracteres indicativos de domesticación (Pickersgill, 2007; Casas *et al.*, 2016).

Las hipótesis indican que la chía se domesticó en Mesoamérica y Centroamérica (Cahill, 2003, 2005; Sosa-Baldivia *et al.*, 2018). Sus poblaciones silvestres se encuentran en Mesoamérica habitando desde bosques tropicales deciduos hasta bosques de pino, bosques mixtos de pino-encino e incluso en vegetación secundaria y pastizal (Klitgaard 2012; Lara-Cabrera *et al.*, 2016); estudios comparativos de diversidad genética indican que las poblaciones silvestres son más diversas que las cultivadas (Cahill, 2004; Peláez *et al.*, 2019).

En Mesoamérica cohabitan poblaciones silvestres y cultivadas desde hace al menos 3,700 años (Lara-Cabrera *et al.*, 2025), y estas mantienen un estrecho vínculo con diversas comunidades y ambientes, actores en interacción continua. Los caracteres indicativos de domesticación que se han propuesto para esta especie son: plantas más vigorosas con dominancia apical, pigmentación purpúrea de los tallos, inflorescencias más largas y congestionadas con brácteas más grandes, floración sincrónica, cálices frutíferos cerrados y núculas más grandes (Cahill, 2003; Hernández y Miranda, 2008; Sosa-Baldivia *et al.*, 2018; Montes-Osorio *et al.*, 2021; Xingu-López *et al.*, 2022).

Una de las fuentes de información biológica más valiosa y que más tiempo han perdurado son los herbarios; se trata de reservorios de muestras de plantas colectadas en distintas épocas, lugares y por distintas personas. Estos acervos son consultados por biólogos y profesionales afines para, primeramente, corroborar la identidad taxonómica de una planta, pero también para estudiar la fenología y numerosos aspectos ecológicos de las especies. Cada registro cuenta con una etiqueta con información de procedencia, hábitat, abundancia, etc., datos que pueden ser útiles para inferir si la muestra proviene del medio sil-

vestre o de un cultivo, ya que esta información muchas veces no es explícita.

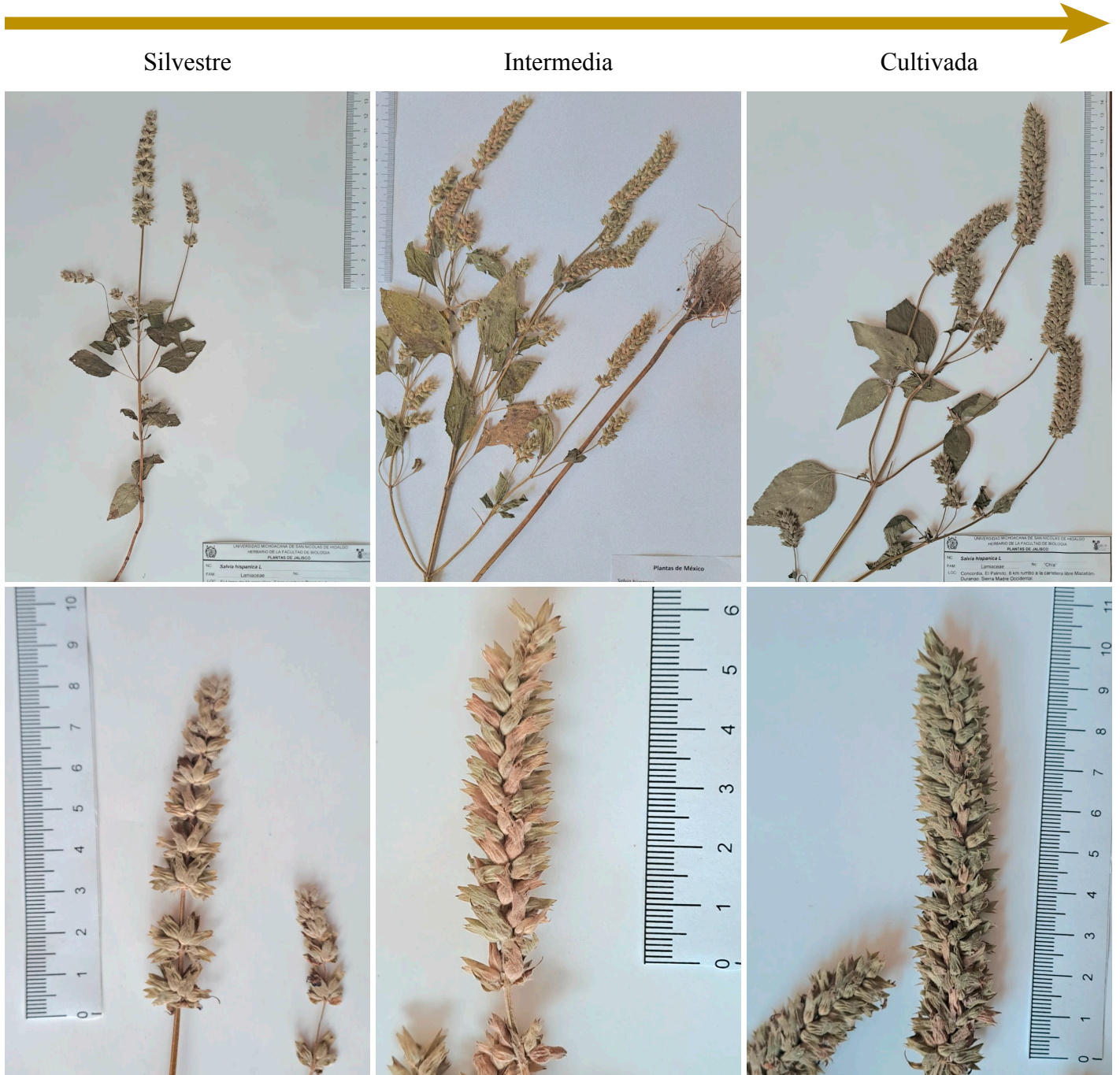
Hoy en día, gracias a esfuerzos internacionales se ha digitalizado con alta resolución el material de herbarios, y pueden consultarse a través de internet (Davis, 2023; Marín-Rodulfo *et al.*, 2024). Para el presente trabajo, se revisaron imágenes de ejemplares digitalizados de chía provenientes de 44 herbarios nacionales y extranjeros, para determinar si estos corresponden a chía silvestre o no, ya que, de dominar los ejemplares de plantas cultivadas en los herbarios, los usuarios tendrían una idea sesgada de la planta que lleva el nombre científico. Los caracteres indicativos de domesticación posibles de evaluar a través de imágenes de ejemplares de herbario son los referentes al vigor de la planta, e indirectamente, la cantidad de núculas que produce.

## Metodología

En este trabajo se evaluaron 94 imágenes digitales de ejemplares de herbario del portal JSTOR (<https://plants.jstor.org/collection/TYPSPE>) en el que se concentran ejemplares tipo y sinónimos de plantas de los principales herbarios del mundo, también se consultaron ejemplares de los portales Consortium of California Herbaria ([cch2.org/portal/collections/](http://cch2.org/portal/collections/)) y Texas Oklahoma Regional Consortium Herbaria (<https://portal.torcherbaria.org/portal/collections/>) y fotografías de ejemplares de reciente colecta provenientes de poblaciones silvestres y cultivados (**Material Adicional Anexo 1**). Se incluyeron cuatro muestras con duplicados de ejemplares para confirmar si los duplicados se agrupan por población y si se diferencian de otras. Entre los duplicados se incluyen 19 muestras de *Pringle 8837*, 5 muestras de *Heyde & Lux 4401*, y dos muestras de *Hinton 2640* y *Mittelman 519*. Cabe señalar que, Fernald (1907) describió dos variedades para *Salvia hispanica*: la var. *chionocalyx* Fern. basada en *Pringle 8837* y la var. *intonsa* Fern. a partir de *Heyde & Lux 4401*, el primer ejemplar colectado en campos de Uruapan (1904, Michoacán, México) y el segundo en Santa Rosa, Guatemala (1892). Fernald (1907) describió estas dos variedades diferenciando a la primera por la pubescencia de las hojas, tallos y cálices, mientras la var. *chionocalyx* se caracteriza por espigas más apretadas con cálices cinereos menos aplanados. Aunque estas variedades ya han sido sinonimizadas (Klitgaard, 2012) consideramos pertinente revisar si los caracteres que aquí analizamos apoyarían dichas variedades.

Los ejemplares se clasificaron en tres estadios de domesticación: silvestre, intermedio (probablemente pobla-

## Continuo de domesticación en chía



**Figura 1.** Fotografías de ejemplares de chía, arriba foto del ejemplar completo y abajo acercamiento a las inflorescencias. Ejemplares categorizados como silvestre (*Chamu 683*), intermedio (*Chamu 650*) y cultivado (*Chamu 689*).

ciones con manejo *in situ*) y domesticado, en base a los síndromes de domesticación que se han propuesto (Cahill, 2003; Hernández y Miranda, 2008; Sosa-Baldivia *et al.*, 2018; Montes-Osorio *et al.*, 2021; Xingu-López *et al.*, 2022). Evaluamos dos bloques de caracteres. El primero referente al vigor de la planta a través del *largo y ancho de las hojas*, donde las plantas cultivadas tienden a ser gran-

des al desarrollarse en mejores condiciones. Por otra parte, las variables relativas a mayor producción del órgano de interés (la núcula), evaluada indirectamente a través del *largo de la inflorescencia*, qué tan congestionadas están las inflorescencias [*ancho de la inflorescencia, distancia entre el 2o y 3er verticilastro, número de verticilastros en inflorescencias, número de flores por verticilastro*], y *flores por*

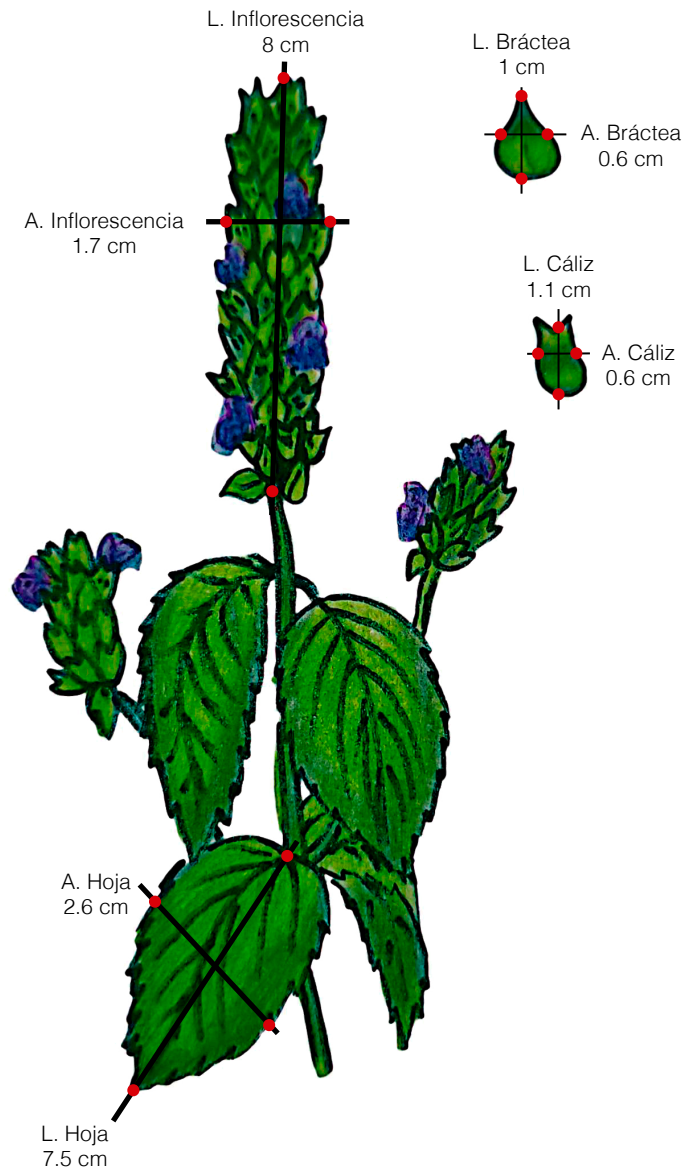
*verticilastro*; caracteres que sugieren mayor producción de núculas; además de brácteas más grandes [*largo y ancho de brácteas*] y cálices frutíferos más grandes [*largo y ancho de cáliz frutífero*]. Otros caracteres sugeridos como indicativos de domesticación que no son posibles de evaluar con esta metodología (debido al proceso de secado y oxidación de los ejemplares de herbario y la imposibilidad de realizar disecciones) son: *pigmentación purpúrea en los tallos, flores más grandes, cálices frutíferos cerrados y núculas más grandes*.

Las medidas se realizaron con una regla y vernier sobre la imagen en la pantalla, se capturaron en Excel y exportaron a PAST 4.15 (Hammer *et al.*, 2001) para su análisis. En PAST se generó un dendrograma Neighbor Joining con similitud Gower utilizando una muestra de chía mejorada como grupo externo (*Lara 418*, espécimen de material de G. Orozco de Rosas 410N); adicionalmente se realizó un análisis de componentes principales, análisis de discriminantes incluyendo biplot identificando las variables importantes para las categorías, además de una prueba MANOVA y pareada para determinar si las categorías son significativamente distintas, se generó un análisis de confusión de las asignaciones de las categorías *a priori* y *a posteriori*. Finalmente, se graficó la variación por categoría para las cuatro variables más importantes (**Figura 2**), mostrando la media, desviación estándar y rango para cada categoría.

## Resultados

En el dendrograma Neighbor Joining (**Figura 3**) no se observan agrupaciones correspondientes a las categorías de domesticación: silvestre, intermedia y cultivada; en general las muestras de las tres categorías están mezcladas en las ramas indicando que el conjunto de estos caracteres son variables entre las tres categorías y no indicativos; solo en la última rama hay muestras silvestres exclusivamente, pero esta incluye duplicados de especímenes (no todos). Las variedades de Fernald (*S. hispanica* var. *chionocalyx* -Pringle 8837- *S. hispanica* var. *intonsa* -Heyde & Lux 4401-) no se agruparon ni los duplicados de Hinton 2640 y Mittelman 519.

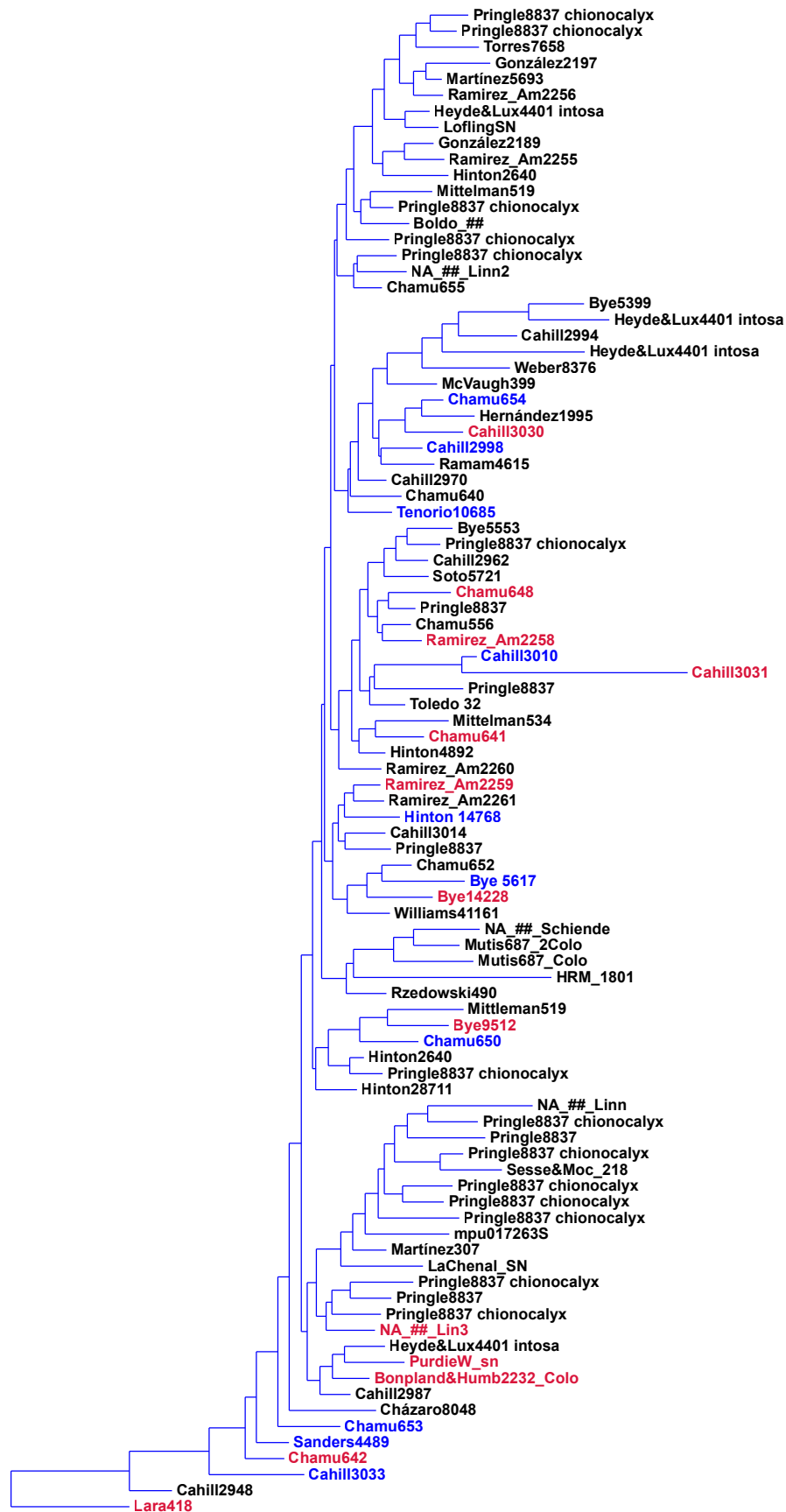
El análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés) no muestra agrupaciones por categorías en el espacio tridimensional (**Figura 4**), solo el ejemplar de chía cultivada *Lara 418* proveniente de planta mejorada del Ing. Orozco de Rosas (Chía Blanca A.C.) se separa de los demás. El Componente Principal 1 explica el 63.2% de la varianza con tres variables más importantes: *largo de la inflorescencia, número de verticilos por inflorescencia*



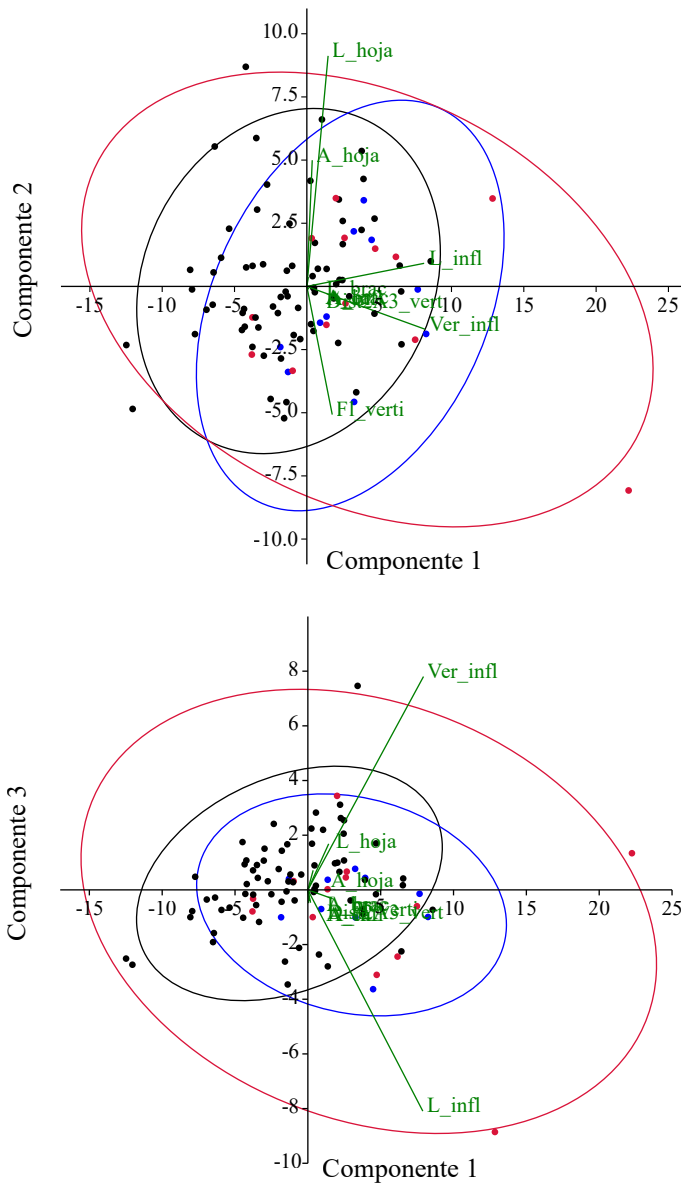
**Figura 2.** Ilustración de las variables evaluadas en imágenes digitales de ejemplares de herbario de chía. Se indican ancho (A.) y largo (L.) de las estructuras evaluadas. Ilustración elaborada por Geraldine Murillo Suárez.

y *número de flores por verticilastro*. En CP2 explica el 18.9% de la varianza con tres variables más importantes: *largo de la inflorescencia, largo de hoja y número de flores por verticilastro*. En CP3 explica el 8.9% de la varianza con tres variables más importantes: *largo de la inflorescencia, verticilastos por inflorescencia y largo de la hoja*.

En el análisis de discriminantes (**Figura 5**) hay agrupaciones para las tres categorías, pero se traslapan, el eje 1 explica el 82.63% de la varianza y el eje 2 explica el 17.37% de la varianza. La elipse negra es más pequeña y agrupa principalmente muestras clasificadas como silvestres, pero también algunas intermedias y cultivadas, y la elipse roja corresponde a la categoría cultivada, que



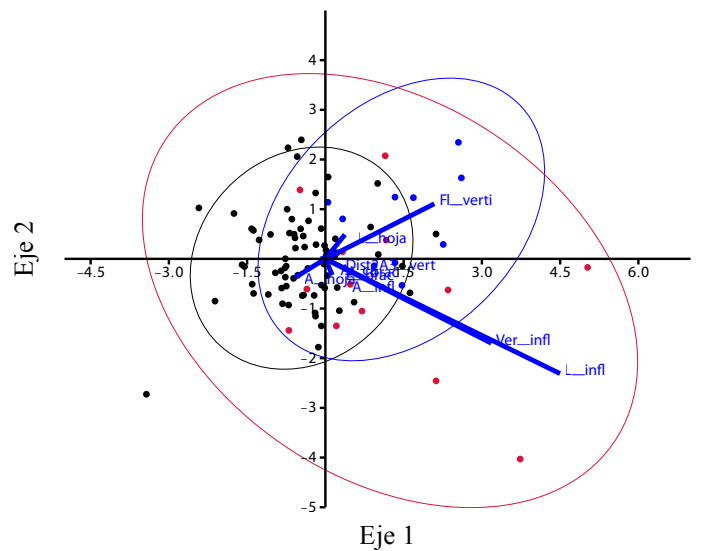
**Figura 3.** Dendrograma Neighbor Joining con distancia de Gower. Los colores en las etiquetas corresponden a chía cultivada (rojo), chía silvestre (negro), chía intermedia, es decir con aparente manejo (azul).



**Figura 4.** Análisis de componentes principales. Los colores de las muestras corresponden a chíca cultivada (rojo), chíca silvestre (negro), chíca intermedia, es decir con aparente manejo (azul).

es la más grande e incluye a las silvestres e intermedias, indicando más variación. Las variables más importantes para las categorías mostradas en el biplot son: *largo de inflorescencia*, *número de verticilastos por inflorescencia* y *número de flores por verticilastro*.

Se realizó una prueba de MANOVA lambda de Wilks 0.6319, F: 2.10215 y P: 0.00554 significativa y prueba pareada secuencial Bonferroni que es significativa para las comparaciones silvestre:cultivada (P = 0.0097719) e intermedia:silvestre (P = 0.2575), pero no es significativa para el par intermedia:cultivada (P = 0.8817). Adicionalmente se revisó la coincidencia en la clasificación *a priori* de categorías de domesticación y la posible confusión *a*



**Figura 5.** Análisis de Discriminantes. Los colores de las elipses y puntos corresponden a chíca cultivada (rojo), chíca silvestre (negro), chíca intermedia, es decir con aparente manejo (azul). Se muestra biplot con las variables más importantes y su dirección.

*posteriori* en la asignación (Tabla 1) con el 91% de las silvestres clasificadas adecuadamente y más confusión entre las categorías intermedias y cultivadas (Material Adicional Anexo 1).

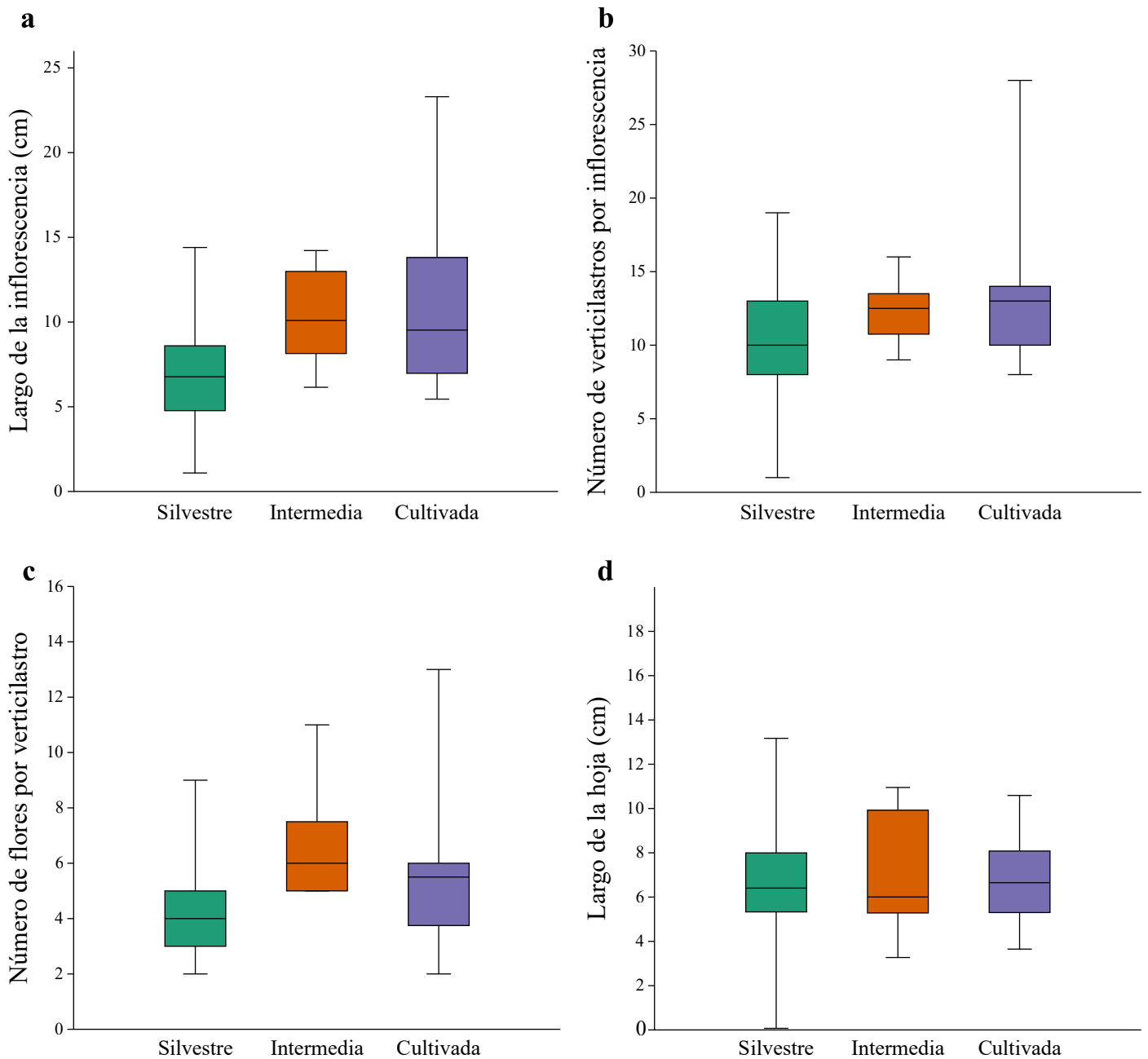
Adicionalmente, para visualizar la variación por categoría se observa en *largo de la inflorescencia* (Figura 6a), *verticilastos por inflorescencia* (Figura 6b) y *número de flores por verticilastro* (Figura 6d) que la media de la categoría silvestre es menor que en las otras categorías, el rango de variación de la categoría intermedia es menor y la categoría cultivada tiende a tallas mayores, excepto en el caso del largo de la hoja (Figura 6c).

## Discusión

El presente trabajo muestra que el análisis de tan solo 10 caracteres morfológicos indicativos de domesticación evidencia gran variación en *Salvia hispanica*; dicha variación existe incluso entre duplicados de una misma co-

**Tabla. 1.** Matriz de confusión, en los renglones se muestra el grupo dado y en las columnas el predicho.

	silvestre	intermedia	cultivada	Total
silvestre	60	4	6	70
cultivada	2	5	3	10
intermedia	4	3	7	14
Total	64	14	16	94



**Figura 6.** Variación entre categorías de domesticación para **a)** largo de la inflorescencia, **b)** número de verticilastos por inflorescencia, **c)** número de flores por verticilastro, **d)** largo de la hoja. Se muestra media, desviación estándar y rango.

lecta, puesto que ninguno de los ejemplares representados por varios duplicados, se recuperaron agrupados en ramas del dendrograma, situación que se repite en el caso de las variedades *chionocalyx* e *intonsa* de Fernald (1907). Cabe mencionar que la distinción de estas dos variedades se propuso principalmente basada en el indumento de la planta (carácter que no evaluamos) y en el caso de la var. *chionocalyx* que se mencionan inflorescencias apretadas, los duplicados aparecen separados; razones por las cuales

se apoya la sinonimización de ambas variedades propuesta por Klitgaard (2012).

Es importante destacar el papel de colecciones científicas como los herbarios, que en esta época digital están a nuestro alcance más que nunca, y que, su esencia material es irremplazable. Encontramos que la mayoría de los ejemplares depositados en los herbarios examinados pertenecen a plantas de la categoría silvestre, de manera que los usuarios que los consultan estarán revisando ma-

yormente representantes de la especie sin gran sesgo del manejo humano. Confirmamos también el patrón de gradiente de domesticación con diferencias estadísticamente significativas para las tres categorías en la prueba de MANOVA, siendo las categorías silvestre y domesticada los extremos del gradiente que en la prueba pareada son significativas. De los caracteres indicativos de domesticación previamente propuestos (Cahill, 2003; Hernández y Miranda, 2008; Sosa-Baldivia *et al.*, 2018) y evaluados aquí destacan cuatro: *largo de la inflorescencia* (para los tres primeros componentes principales) y para dos componentes principales *verticilos por inflorescencia*, *número de flores por verticilastro* y *largo de hoja*; mismos caracteres que dirigen la variación en el análisis de discriminantes.

En las gráficas de variación, la categoría silvestre tiene rangos menores para la mayoría de los caracteres (excepto el largo de la hoja), este patrón es el esperado cuando se trabaja con plantas cultivadas y sus progenitores, donde, de la variación intrínseca de la especie a través del manejo humano se favorecen ciertos caracteres y eventualmente se homogenizan en el cultivo (Casas *et al.*, 2016). Aunque en el caso de las chías cultivadas aquí evaluadas no se observa esa homogeneidad al no agruparse en una rama del dendrograma, posiblemente debido al escaso muestreo de plantas cultivadas; aunque también presentan extensa plasticidad fenotípica como se observa en la gráfica de discriminantes al incluir en la elipse roja muestras silvestres, intermedias y cultivadas. Observaciones en campo sugieren sensibilidad al microambiente de la planta donde incluso en una misma población puede haber individuos vigorosos y estériles o no vigorosos y fértiles.

Respecto a la categoría intermedia en la prueba pareada no hay diferenciación significativa con la categoría cultivada, es decir, las muestras manejadas, ya sea *in situ* o cultivadas, no se diferencian estadísticamente, y aunque el muestreo de individuos con caracteres intermedios es el menor de las tres categorías (pudiendo afectar el valor estadístico de las pruebas multivariadas), aun así, la categoría intermedia resulta algo difusa con medias y rangos de variación menos extensos en las gráficas. Cabe notar que cuando se estudia la domesticación es frecuente identificar ejemplares con caracteres intermedios entre silvestres y cultivados (Zizumbo-Villarreal *et al.*, 2005), lo que se ha atribuido a que no se han fijado esos caracteres, y al flujo genético de poblaciones silvestres a cultivadas o silvestres a semidomesticadas, y viceversa, evidenciando el continuo de domesticación (Casas *et al.*, 1997; Clement *et al.*, 2021). La domesticación de la chía bajo distintas intensidades de manejo a través de al menos 3,700 años de uso en Mesoamérica ha incidido tanto en el vigor de la planta como en el incremento de núculas (evaluado in-

directamente), y atestigua un complejo proceso donde se mantiene flujo genético, alta diversidad genética y diferentes tamaños de población en las distintas áreas de su distribución natural.

## Agradecimientos

Agradecemos a los curadores y el personal de los herbarios ASU, CIIDIR, COLO, DAO, DAV, DES, F, G, IBUG, IEB, IND, K, LINN, LL, MA, MEXU, MICH, MPU, MSC, NY, P, RSA, S, SBT, TCD, UCR, UNM, US, UV, WIS, por permitirnos consultar sus bases de datos y/o colecciones; a José Luis Fernández Alonso del Real Jardín Botánico de Madrid por facilitarnos imágenes de pliegos no disponibles en la red, al Consortium of California Herbaria (CCH2) y a la UNAM por hacer sus colecciones accesibles de manera virtual.

Apoyo financiero otorgado por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCyT) a SILC a través del proyecto 319466 y el 8.16 de la Coordinación de la Investigación Científica de la UMSNH.

## Referencias

- Cahill JP (2003). Ethnobotany of chia, *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae). *Economic Botany* 57(4):604-618. doi:10.1663/0013-0001(2003)057[0604:EOCSHL]2.0.CO;2
- Cahill JP (2004). Genetic diversity among varieties of chia (*Salvia hispanica* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution* 51(7):773-781. doi:10.1023/B:GRES.0000034583.20407.80
- Cahill JP (2005). Human selection and domestication of chia (*Salvia hispanica* L.). *Journal of Ethnobiology* 25(2):155-174. doi:102993/0278-0771(2005)25[155:HSADOC]2.0.CO;2
- Casas A, Caballero J, Mapes C, Zárate S (1997). Manejo de la vegetación, domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. *Botanical Sciences* 61:31-47.
- Casas A, Parra F, Aguirre-Dugua X, Rangel-Landa S, Blancas J, Vallejo M, Moreno-Calles A, Guillén S, Torres-García I, Delgado-Lemus A, Pérez-Negrón E, Figueredo C, Cruse-Sanders J, Farfán-Heredia B, Solís L, Otero-Arnaiz A, Alvarado-Sizzo H, Camou-Guerrero A (2017). Manejo y domesticación de plantas en Mesoamérica. Una estrategia de investigación y estado del conocimiento sobre los recursos genéticos. En: Casas A, Torres-Guevara J, Parra-Rondinel F (eds). *Domesticación en el continente americano*, vol 2. Investigación para el manejo sustentable de recursos genéticos en el Nuevo Mundo. Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, pp 69-102
- Casas A, Parra F (2016). La domesticación como proceso evolutivo. En: Casas A, Torres-Guevara J, Parra-Rondinel F (eds). *Domesticación en el continente americano*, vol 1. Manejo de biodiversidad y evolución

- dirigida por las culturas del Nuevo Mundo. Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, pp 133–150.
- Clement CR, Casas A, Parra-Rondinel FA, Levis C, Peroni N, Hanazaki N, Cortés-Zárraga L, Rangel-Landa S, Palhares Alves R, Ferreira MJ, Franco Cassino M, Deambrozi Coelho S, Cruz-Soriano A, Pancorbo-Olovera M, Blancas J, Martínez-Ballesté A, Lemes G, Lotero-Velásquez E, Mutti Bertin V y Mazzochini GG (2021). Disentangling domestication from food production systems in the Neotropics. *Quaternary* 4(1):4. doi:10.3390/quat4010004
- ChiaSeedMarket (2025). Chia Seed Market Size, Growth, and Forecast for 2025 to 2035. Available at <https://www.futuremarketinsights.com/reports/chia-seed-market> (consultado el 18 de septiembre de 2025).
- Davis CC (2023). The herbarium of the future. *Trends in Ecology & Evolution* 38(5):412-423. doi:10.1016/j.tree.2022.11.015
- Di Sapio O, Bueno M, Busilachi H, Quiroga M, Severín C (2012). Caracterización morfoanatómica de hoja, tallo, fruto y semilla de *Salvia hispanica* L (Lamiaceae). *Boletín Latinoamericano Y del Caribe de Plantas Medicinales Y Aromáticas* 11(3):249–268. <https://www.redalyc.org/pdf/856/85622739007.pdf>.
- Fernald ML (1907). Diagnoses of new spermatophytes from Mexico. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences* 43(2):61-68.
- Hammer ØM, Harper DAT, Ryan PD (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Pelaeontologia Electronica* 4(1):9.
- Hassani M, Piechota T, Atamian HS (2022). Prediction of cultivation areas for the commercial and an early flowering wild accession of *Salvia hispanica* L. in the United States. *Agronomy* 12:1651. doi:10.3390/agronomy12071651.
- Harisha CB, Boraiah KM, Basavaraj PS, Halli HM, Singh RN, Rane J, Sammi Reddy K, Halagundegowda GR, Chaudhary A, Verma AK, Ravi Y, Asangi H, Senthamil E (2025). Optimizing sowing time and weather conditions for enhanced growth and seed yield of chia (*Salvia hispanica* L.) in semi-arid regions. *PeerJ* 13:e19210. doi:10.7717/peerj.19210
- Hernández Gómez JA, Miranda Colín S (2008). Caracterización morfológica de chíá (*Salvia hispanica* L.). *Revista Fitotecnica Mexicana* 31(2):105-113.
- Klitgaard B (2012). *Salvia* L. En: Davidse G, Sousa Sánchez M, Knapp S, Chiang Cabrera F. Flora Mesoamericana. Rubiaceae a Verbenaceae. 4(2): i–xvi, 1–533. Missouri Botanical Garden Press., St. Louis.
- Lara-Cabrera SI, Bedolla-García BY, Zamudio S, Domínguez-Vázquez G (2016). Diversidad de Lamiaceae en el estado de Michoacán, México. *Acta botanica mexicana* (116):107-149.
- Lara-Cabrera SI, Ramírez-Amezcuca Y, Cárdenas NC, Fisher AE, Fernández-Alonso JLF (2024). Chíá and its wild relatives: A superfood *Salvia* (Lamiaceae). *Plants, People, Planet*. 6(6):1284-1292. doi:10.1002/ppp3.10543
- Lara-Cabrera SI, Rivera-González II, Aguilar R, Farfán B, de Rosas, GO, Lomelí D, ... Ramírez-Amezcuca Y (2025). People and Chia: A Lengthy and Bumpy Relationship. In *Biodiversity Management and Domestication in the Neotropics* (pp. 1-33). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Marín-Rodulfo M, Rondinel-Mendoza KV, Martín-Girela I, Cañadas EM, Lorite J (2024). Old meets new: Innovative and evolving uses of herbaria over time as revealed by a literature review. *Plants, People, Planet* 6(6):1261-1271. doi:10.1002/ppp3.10541
- McClung de Tapia E, Martínez-Yrizar D, Adriano-Morán CC (2014). Chia (*Salvia hispanica* L.). En: Minnis, P. E. *New lives for ancient and extinct crops*. *Capsule* 6:180–203.
- Montes-Orsorio LR, Gil Esturban EA, Castillo Mont JJ, Sorensen, M (2021). The chia (*Salvia hispanica* L.)– The rediscovered Meso-American functional food crop. *Preprint* 2021050128. doi:10.20944/preprints202105.0128.v1
- Murrieta-Flores P, Jiménez-Badillo D, Martins B, Favila-Vázquez M, Licerias-Garrido R (2020). DECM Machine Ready Corpus. T-AP Digging into Early Colonial Mexico Project. Figshare, Dataset. doi:10.6084/m9.figshare.12048729
- Peláez P, Orona-Tamayo D, Montes-Hernández S, Valverde ME, Paredes-López O, Cibrián-Jaramillo A (2019). Comparative transcriptome analysis of cultivated and wild seeds of *Salvia hispanica* (chia). *Scientific reports* 9(1):9761.
- Pickersgill B (2007). Domestication of plants in the Americas: insights from Mendelian and molecular genetics, *Annals of botany* 100(5):925-940. doi:10.1093/aob/mcm193
- Sosa-Baldivia A, Ruiz-Ibarra G, de la Torre RRR, Lopez RR, Montúfar López A (2018). The chia (*Salvia hispanica*): Past, present and future of an ancient Mexican crop. *Australian Journal of Crop Science* 12(10):1626–1632. doi:10.3316/informit.065277003134061
- Ullah R, Nadeem M, Khaliq A, Imran M, Mehmood S, Javid A, Hussain J (2016). Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): a review. *Journal of food science and technology* 53(4):1750-1758.
- Wood JRI, Bedolla García BY, Pink L, King C (2022). 1028 *Salvia hispanica*. *Curtis's Botanical Magazine* 39(2): 359-378.
- Xingú-López A, González-Huerta A, de la Cruz-Torres E, Sangerman-Jarquín DM, Montes-Hernández S, Rubí-Arriaga M (2022). Caracterización agronómica del germoplasma de *Salvia hispanica* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 13(8):1361–1371. doi:10.29312/remexca.v13i8.2647
- Zizumbo-Villarreal D, Colunga-GarcíaMarín P, de la Cruz EP, Delgado-Valerio P, Gepts P (2005). Population structure and evolutionary dynamics of wild–weedy–domesticated complexes of common bean in a Mesoamerican region. *Crop Science* 45(3):1073-1083.

## Material adicional

**Anexo 1.** Material estudiado, se incluye como identificador de los ejemplares el Colector y su número de colecta, la clasificación otorgada en el gradiente de domesticación (se resaltan en negritas las muestras correctamente clasificadas tras el análisis MANOVA), así como fecha de colecta, localidad y herbario en que se encuentra resguardado (utilizando los acrónimos de *Index Herbariorum* <https://sweetgum.nybg.org/science/ih/>).

Colector # de Colecta	Clasificación	Fecha	Localidad	Herbario
Boldo_ ##_ S. <i>prismatica</i>	<b>silvestre</b>		Ex Nova Hispania	MA
Bonpland&Humb 2232	<b>silvestre</b>		Ecuador: Chillo	P
Breedlove 28711	<b>silvestre</b>	08/10/72	México, Chiapas, Zinacantán, In the Paraje Paste, Municipio of Zinacantán	RSA
Bye 14228	<b>intermedia</b>	07/10/85	México, Chihuahua, Mpio Guachochi, cumbre entre Umira y Rio Urique. Carta topográfica G13 A32 ca. km56 camino Creel-Guachochic. ca 1 km al S de Úlmira, al lado N de la Barranca del Cobre (Río Urique)	COLO
Bye 5399	<b>silvestre</b>	10/10/73	México, Chihuahua, Sierra Madre Occidental, Mpio. Batopilas. Near the crest of the Barranca de Batopilas S of Quirire	COLO
Bye 5553	<b>silvestre</b>	10/10/73	México, Chihuahua, Mpio. Batopilas, near the crest of the Barranca de Batopilas S of Quirire	UCR
Bye 5617	<b>intermedia</b>	26/10/73	México, Chihuahua, Sierra Madre Occidental. Mpio. de Batopilas, N side of Barranca de Batopilas, between La Bufa and Quirire	COLO
Bye 9512	<b>cultivada</b>	08/10/79	México, Chihuahua, Sierra Madre Occidental. Mpio Guachochi, Ejido Cusarare, E of Cusarare. In vicinity of Bajichi	COLO
Cahill 2948	silvestre	02/01/99	Guatemala, Dpto. Santa Rosa, Santa Lucia near town of Buena Vista	UCR
Cahill 2962	<b>silvestre</b>	06/01/99	Guatemala, Mpio. Chiantla, Dpto. Huehuetenango, Sierra de Cuchumatanes, 3 km north of Chiantla at km 271	UCR
Cahill 2970	<b>silvestre</b>	29/12/98	Guatemala, Mpio. Santiago Sacatepequez, Dpto. Satepequez, town of Pachalí near town of Santiago	UCR
Cahill 2987	<b>silvestre</b>	21/11/99	México, Michoacán, Mpio. Coeneo, Tarascan Plateau: East of Comanja on Highway 15	UCR
Cahill 2994	<b>silvestre</b>	22/11/99	México, Michoacán, Mpio. Uruapan, Tarascan Plateau, Off highway 37 near town of Capacuaro	UCR
Cahill 2998	intermedia	23/11/99	México, Michoacán, Mpio. Tancitaro, Tarascan Plateau: near the town of Tancitaro	UCR
Cahill 3010	intermedia	01/12/99	México, Jalisco, Mpio. Chiquilistlan, Carretera de Oja de Agua to Chiquilistlan, outside wall of cementery	UCR
Cahill 3014	<b>silvestre</b>	05/12/99	México, Colima, Mpio. Minatitlan, Sierra of Manatlan, road from El Sauces to El Terrero	UCR
Cahill 3030	cultivada	16/11/00	México, Jalisco, Acatic, Acatic. Grown at UC Riverside from seed collected in Acatic	UCR
Cahill 3031	cultivada	16/11/00	México, Jalisco, Acatic, Acatic. Grown at UC Riverside from seed collected in Acatic	UCR
Cahill 3033	intermedia	10/12/85	México, Jalisco, Acatic, Acatic. Grown at UC Riverside from seed collected in Acatic	UCR
Chamu 556	<b>silvestre</b>	28/11/22	México, Guerrero, Leonardo Bravo, Las Cruces, a 23 km al SW de Xochipala, camino a Filo de Caballo	EBUM

Chamu 640	silvestre	25/10/22	México, Michoacán, Huaniqueo Tendepracua	EBUM
Chamu 641	cultivada	26/10/22	México, Michoacán, Uruapan, Capácuaro	EBUM
Chamu 642	<b>cultivada</b>	01/10/22	México, Michoacán, La piedad cerro grande de Cujaruato	EBUM
Chamu 648	cultivada	11/11/22	México, Jalisco, Cuautla, Tierra Blanca	EBUM
Chamu 650	intermedia	12/11/22	México, Jalisco, Cuautla, Cerro Piedra del Águila	EBUM
Chamu 652	silvestre	12/11/22	México, Jalisco, Chiquilistlán, 2 km de Chiquilistlán	EBUM
Chamu 653	<b>intermedia</b>	27/11/22	México, Guerrero, Leonardo Bravo, 3 km al SW de Filo de Caballo, rumbo a Carrizal de Bravo	EBUM
Chamu 654	<b>intermedia</b>	27/11/22	México, Guerrero, Leonardo Bravo, Campo de Aviación, rumbo a Filo de Caballo	EBUM
Chamu 655	silvestre	28/11/22	México, Guerrero, Leonardo Bravo, 1.5 km al W de Los Morros, carr. Xochipala-Filo de Caballo	EBUM
Cházaro 8048	silvestre	19/12/99	México, Jalisco, Mpio. Cuautla, Cerro Piedra del Águila, cerca de Cuautla	UCR
Chia_ Sesse&Moc_218	<b>silvestre</b>		Colombia	MA
González 2189	<b>silvestre</b>	15/10/16	México, Durango, Mpio. San Dimas. La Fragueta, 1 km al O de la población y 1 km antes de La Mesa Verde	CIDIIR
González 2197	<b>silvestre</b>	16/10/16	México, Sinaloa, Mpio. Concordia, Potrerillos, 1 km rumbo a El Palmito, antes de llegar a Santa Rita	CIDIIR
Hernández 1995	silvestre	11/12/16	México, Jalisco, Mpio. de Tecalitlán, Camino de Canutillo a Mexiquillo	IBUG
Heyde&Lux 4401	<b>silvestre</b>	12/1892	Guatemala: Santa Rosa, Buenavista	G, K, K, NY, US,
Hinton 14768	intermedia	03/11/39	México, Guerrero, Toetepec. Distrito Mina	RSA
Hinton 2640	<b>silvestre</b>	19/11/32	México, México, Chorrera, Temascaltepec	ASU. ASU
Hinton 4892	<b>silvestre</b>	12/10/33	México, México, Comunidad, Temascaltepec	ASU
LaChenal_SN	silvestre		Jstor LINN-HS63-44	LINN
Lara 418	<b>cultivada</b>	12/10/23	México, Jalisco, Acatic. Planta mejorada por G. Orozco de Rosas accesión 410N	EBUM
Lofling_SN	<b>silvestre</b>		Jstor sbt14341S	SBT
Martínez 5693	<b>silvestre</b>	24/11/83	México, Guerrero, Mpio. Chichihualco, 1 km al SW de Cruz de Ocote, camino Filo de Caballo Atoyac	IEB
Martínez 7307	<b>silvestre</b>	24/10/08	México, Jalisco, Mpio. Zapotlán EL Grande, Laguna de Zapotlán, Ciudad Guzmán	IEB
McVaugh 399	<b>silvestre</b>	10/11/59	México, Jalisco, Sierra del Tigre, 3 miles south of Mazamitla	MICH
Mittelman 534	<b>silvestre</b>	02/11/84	México, Sinaloa, 20 km NE of St. Lucia on Mazatlan-Durango Hwy, crossing the Sierra Madre	
Mittelman M 519	silvestre	27/10/84	México, Chihuahua, 4 km E of Chiniacas, Sierra Saguaribo	ASU, DES
mpu017263S	<b>silvestre</b>		Jstor mpu017263S	MPU
Mutis 687_2Colo	<b>silvestre</b>		Jstor ma665538	MA
Mutis 687_Colo	<b>silvestre</b>		Jstor ma665537	MA
NA_##_Lin3	<b>cultivada</b>		Jstor s09-37849S	S
NA_##_Linn	<b>silvestre</b>		Jstor LINN-HL42-29	LINN

NA_##_Linn2	<b>silvestre</b>		Jstor m0242125	M
NA_##_Schiende	<b>silvestre</b>		Jstor K000929956	K
Pringle 8837 chionocalyx	silvestre	16/10/04	México, Michoacán, Fields, Uruapan	ASU
Pringle 8837	<b>silvestre</b>	24/10/04	México, Jalisco, Fields near Etzatlan.	IND, COLO-V, IND
Pringle 8837 chionocalyx	<b>silvestre</b>	16/10/04	México, Michoacán, Fields, Uruapan	IBUG, IND, MICH, ASU, COLO, DAO, DAV, ENCB, LL, LL, MEXU, MICH, MSC, UV, WIS
PurdieW_sn	<b>cultivada</b>		Jamaica: Cofee plantation	TCD
Ramamoorthy 4615	silvestre	17/11/83	México, Michoacán, Aguilillas, El Manguito de La Sierra	RSA
Ramírez Amezcua 2255	<b>silvestre</b>	09/10/22	México, Michoacán, Pátzcuaro, carretera Tzurumútaró-Tzintzuntzan, base del cerro de las víboras	EBUM
Ramírez Amezcua 2256	<b>silvestre</b>	09/10/22	México, Michoacán, Tzintzuntzan, carretera Sanabria-El Jaguey, poco antes de Las Cuevas	EBUM
Ramírez Amezcua 2258	cultivada	18/10/22	México, Michoacán, Pátzcuaro, «Quinta Ofelia», en la avenida Las Garzas, cerca del muelle	EBUM
Ramírez Amezcua 2259	cultivada	24/10/22	México, Michoacán, Pátzcuaro, «Quinta Ofelia», en la avenida Las Garzas, cerca del muelle	EBUM
Ramírez Amezcua 2260	<b>silvestre</b>	10/10/22	México, Michoacán, Pátzcuaro, base del Cerro Blanco, cerca de la «Quinta Margarita»	EBUM
Ramírez Amezcua 2261	silvestre	10/10/22	México, Michoacán, Pátzcuaro, Cerro Blanco, por la vereda que sube a las antenas, cerca de banco del antiguo banco de material, aproximadamente a la mitad del camino entre la cima y la «Quinta Margarita»	EBUM
Rzedowski 490	<b>silvestre</b>	16/06/71	México, Michoacán, Parte más alta del Cerro Grande de Cujaruato, al suroeste de la Piedad	UNM
Sanders 4489	intermedia	30/12/83	México, Sinaloa, Concordia, Sierra Madre Occidental, Along MEX Hwy 40, 0.8 mile above the pass at Loberas, 3.9 miles above Santa Rita, and 39 miles NE of Concordia	UCR
Soto 5721	<b>silvestre</b>	17/10/83	México, Guerrero, Cuenca del Río Balsas y Sierra M. del Sur. A 34 km. al SW de Xochipala, camino a Filo de Caballo	RSA
Tenorio 10685	intermedia	10/12/85	México, Oaxaca, Cerro verde, 23km al NE de Teotitlan, carr. Teotitlan-Huautla, Mpio. Teotitlan	MEXU
Toledo García 32	<b>silvestre</b>	12/06/12	México, Michoacán, Morelia, Antigua carretera a Pátzcuaro, a un lado del Fraccionamiento Lomas de la campiña.	UNM
Torres 7658	<b>silvestre</b>	01/11/85	México, Oaxaca, 10 Km al NE del entronque Tlaxiaco-Putla-Juxtahuaca, o 3 Km al NE de Putla, camino a Tlaxiaco.	RSA
Weber 8376	<b>silvestre</b>	19/10/77	México, Chihuahua, Road from Creel to Batopilas, La Bufa Canyon, N side of canyon across from La Bufa	COLO
Williams 41161	<b>cultivada</b>	12/14/72	Guatemala, Huehuetenango, Cañón of Río Seligua, in «El Tapón» near Puente Monos Bridge, 40 km. northwest of Huehuetenango	F