



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

FACULTAD DE CIENCIAS
SISTEMÁTICA

Análisis filogenético del complejo *Salvia lavanduloides* Kunth (Lamiaceae)

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

ITZI FRAGOSO MARTÍNEZ

**TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: DRA. MARTHA JUANA MARTÍNEZ GORDILLO
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM**

**COMITÉ TUTOR: DR. GERARDO ADOLFO SALAZAR CHÁVEZ
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM
DR. JUAN FRANCISCO EFRAÍN DE LUNA GARCÍA
INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.**

MÉXICO, D.F. ENERO, 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS
SISTEMÁTICA

Análisis filogenético del complejo *Salvia lavanduloides* Kunth (Lamiaceae)

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

ITZI FRAGOSO MARTÍNEZ

TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: **DRA. MARTHA JUANA MARTÍNEZ GORDILLO**
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

COMITÉ TUTOR: **DR. GERARDO ADOLFO SALAZAR CHÁVEZ**
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM
DR. JUAN FRANCISCO EFRAÍN DE LUNA GARCÍA
INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.

MÉXICO, D.F. MES ENERO, 2014



POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

OFICIO FCIE/DEP/635/13

ASUNTO: Oficio de Jurado

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

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día **30 de septiembre de 2013** se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** del (la) alumno (a) **FRAGOSO MARTÍNEZ ITZI** con número de cuenta **303035899** con la tesis titulada "**Análisis filogenético del complejo *Salvia lavanduloides* Kunth. (Lamiaceae)**", realizada bajo la dirección del (la) **DRA. MARTHA JUANA MARTÍNEZ GORDILLO**:

Presidente: DRA. SUSANA VALENCIA AVALOS
Vocal: DR. ÁNGEL SALVADOR ARIAS MONTES
Secretario: DR. GERARDO ADOLFO SALAZAR CHÁVEZ
Suplente: DRA. SABINA IRENE LARA CABRERA
Suplente: DR. JUAN FRANCISCO EFRÁIN DE LUNA GARCÍA

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 21 de noviembre de 2013

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



MCAA/MJFM/ASR/ipp

Agradecimientos

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo financiero otorgado durante los estudios de maestría.

A los miembros de mi comité tutor por sus valiosas observaciones sobre el manuscrito:

A mi tutora, la **Dra. Martha Martínez Gordillo**, de la Facultad de Ciencias (UNAM), por el apoyo brindado a lo largo desarrollo del presente trabajo.

Al **Dr. Gerardo Salazar Chávez**, del Instituto de Biología (UNAM), por la ayuda otorgada en la parte de laboratorio, procesamiento y análisis de datos moleculares.

Al **Dr. Efraín De Luna García**, del Instituto de Ecología, A. C., por las facilidades otorgadas en la estancia realizada en el Laboratorio de Morfometría, el apoyo en el procesamiento y análisis de los datos morfométricos.

Agradecimientos a título personal

Esta tesis se llevó a cabo en el herbario de la Facultad de Ciencias (UNAM), bajo la tutoría de la **Dra. Martha Martínez Gordillo**, a quien agradezco profundamente todo el tiempo, espacio, paciencia, orientación, disposición, consideración, conocimiento y apoyo otorgados.

Gran parte de los datos aquí analizados fueron obtenidos con la ayuda de los miembros del comité tutor: Los datos moleculares fueron obtenidos y procesados en el laboratorio de Sistemática Molecular del Instituto de Biología (IBUNAM) con la ayuda del **Dr. Gerardo Salazar Chávez**, a quien agradezco por su tiempo, disposición y enseñanzas.

La toma de fotografías y la parte de morfometría geométrica se realizaron durante una estancia en el Laboratorio de morfometría del INECOL, con la ayuda del **Dr. Efraín de Luna García**, a quien agradezco por su tiempo y disposición, las clases de estadística, cladismo y briofitas, las horas del café y sobre todo su paciencia.

A los sinodales: **Dra. Susana Valencia Ávalos**, **Dr. Salvador Arias Montes** y **Dra. Sabina Lara Cabrera**, por su disposición y las valiosas correcciones y observaciones hechas a este trabajo.

Al personal de los herbarios CIIDIR, ENCB, IEB, IBUG, MEXU, SERO que me permitieron visitar sus colecciones, en algunos casos muestrear ejemplares y otorgarme préstamos. A la **M. en C. María del Rosario García Peña** de MEXU por su ayuda con los préstamos, toma de muestras y sugerencias para este trabajo, y al Jefe del Herbario Nacional, el **Dr. David Gernandt** por autorizar los oficios de muestreo en numerosas ocasiones. Al **Biól. Mauricio Mora Jarvio** de la sala de floras y a la **M. en C. Silvia Salas** por su disposición para facilitarme la revisión de ejemplares de SERO. A Olivier Durbin, curador del herbario P, por el escaneo de los tipos e ilustraciones de la sección *Lavanduloideae* ahí depositados.

A la **Dra. Lidia Cabrera Martínez** del Lab. De Sistemática Molecular del IBUNAM por su valiosa ayuda durante a extracción, amplificación y secuenciación de mis muestras, su paciencia y consejos. A la **Dra. Laura Márquez Valdelamar** del laboratorio de Biología Molecular del IBUNAM por su ayuda en la secuenciación de muestras.

Al **Dr. Aaron Jenks** por la facilitación de secuencias del subgénero *Calosphace*. Al **Biól. Jesús Gonzalez Gallegos** del Herbario IBUG por las muestras de las especies de la sección, los ejemplares duplicados, la información sobre distribución, fotos en campo y de ejemplares de los herbarios WIS y GUADA proporcionados. A Robin Middleton por permitirme utilizar las imágenes de su sitio web Robin's Salvias.

A la **M. en F. Ana Isabel Bieler Antolín** y al **P. de B. José Antonio Hernández Gómez** de Laboratorio de Microcine de la Facultad de Ciencias por la toma y edición de fotomicrografías y fotomacrografías (respectivamente) de ejemplares y estructuras empleados para los análisis. A la **M. en C. María Eugenia Muñoz Díaz de León** del taller de Plantas de la Facultad de Ciencias por el préstamo de material de laboratorio.

A los talentosos Licenciados en Artes Visuales, de la Escuela Nacional de Artes Plásticas: **Amanda Ortiz Garza**, **Daniel Toscano Simbrón** y **María Teresa Jiménez**; así como al **M. en C. Ramiro Cruz Durán** por las ilustraciones de las especies. A **Amanda Ortiz** por los dibujos de los cálices, corolas y hojas. A la **Lic. En Diseño y Comunicación Visual Ilse Cervantes Porrúa** por su asesoría en la edición de las figuras.

Al **Biól. Pablo Lèautaud Valenzuela** por la asesoría en la elaboración de los mapas. Al **M. en C. Javier Victor** del IPN por su disposición a contestar mis dudas y por sus asesorías sobre métodos y software en morfometría geométrica. Al **M. en C. Daniel Sánchez Carbajal** del IBUNAM por su ayuda, consejos, paciencia y asesorías en la elaboración de análisis estadísticos y filogenéticos.

A **Jorge Rojas**, **Rubí Bastamante**, **Emmanuel Martínez**, **Amanda Ortíz**, **Pablo Lèautaud** y **Luis Ginez** por el apoyo, ratos de diversión y aprendizaje en las salidas a campo. A los compañeros del herbario FCME, del cubículo B-201 del IBUNAM y del Lab. De Morfometría del INECOL por hacer de mis estancias más amenas y agradables.

Finalmente, agradezco a la **Universidad Nacional Autónoma de México** por todas las oportunidades que me ha dado para desarrollarme en el ámbito académico desde la preparatoria.

Dedicatoria

Agradezco a todas las personas que me acompañaron, apoyaron y alentaron durante este proceso.

A mi familia en general y particularmente:

A mis padres por el amor y apoyo incondicional

A Dení por estar ahí siempre y porque no me imagino una hermana mejor

A Mami por apoyarme y por todo su cariño

A Pablo por su cariño, por acompañarme a campo y herbarios, asesorarme, enseñarme, alentarme, ser mi apoyo moral y creer en nosotros

A Darío porque estuvo conmigo desde el principio de la maestría acompañándome en todas mis desveladas

A mis amigos, en especial:

A Ilse por haber compartido tanto, aconsejarme y estar presente, también por echarme porras

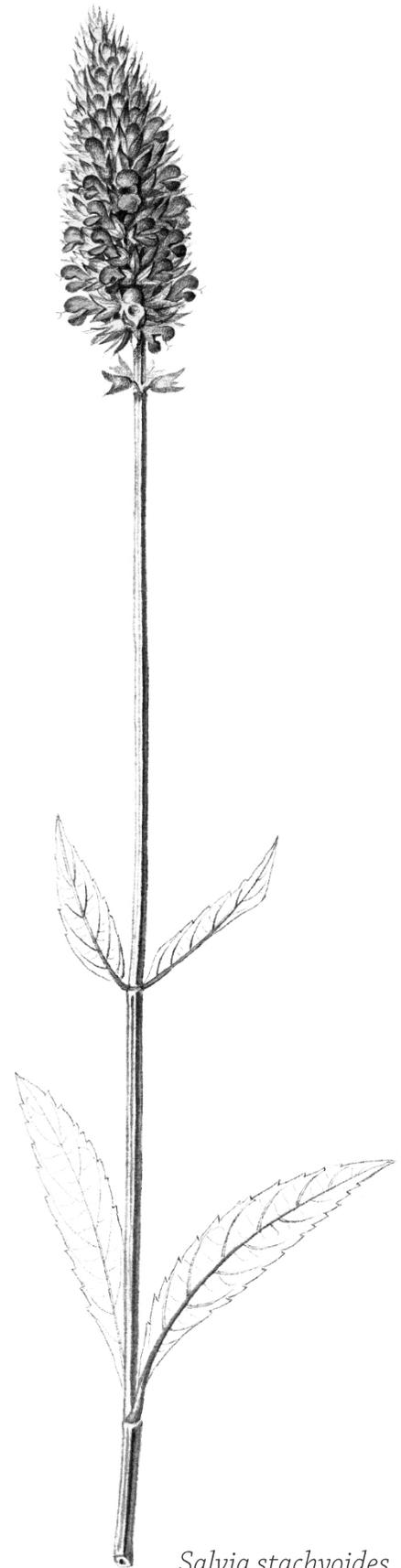
A Martha porque aunque nuestros senderos divergieron un poco, siempre me has acompañado en este camino, apoyándome y aconsejándome

A Eli porque tus consejos siempre me hacen ser una mejor persona, tú también eres como "casa" pero en San Cristóbal

A Core Eudico o Sindicato del APG (Ana, Miriam, Paty y Rosario) porque gracias a ustedes sobreviví a la maestría, me divertí y aprendí mucho

A Víctor, Nallely, Chucho, José, Eréndira, Gerardo, Clau, Rubén, Vero porque seguimos juntos en esto

A mi asesora Martha por su gran apoyo y enseñanzas y sobre todo por transmitirme su amor por la botánica, las salvias y la ciencia



Salvia stachyoides

Índice

Resumen/Abstract.....	1
I. Introducción.....	3
II. Objetivos.....	5
III. Antecedentes.....	6
La sección <i>Lavanduloideae</i> Epling.....	6
El complejo <i>Salvia lavanduloides</i> Kunth.....	6
Morfología de la sección <i>Lavanduloideae</i> y el complejo <i>Salvia lavanduloides</i>	9
Antecedentes taxonómicos <i>Salvia</i> sección <i>Lavanduloideae</i>	12
IV. Materiales y métodos.....	15
V. Resultados.....	36
i. Análisis estadísticos de datos morfométricos.....	36
1. Análisis estadísticos de distancias euclidianas.....	36
2. Análisis de morfometría geométrica.....	41
2.1. Cáliz.....	41
2.2. Bráctea.....	45
2.3. Lámina foliar.....	48
ii. Análisis filogenéticos.....	51
1. Análisis filogenético de secuencias de DNA.....	51
1.1. Filogenia molecular del <i>Salvia</i> subgénero <i>Calosphace</i>	51
1.2. Filogenia molecular de <i>Salvia</i> sección <i>Lavanduloideae</i>	56
2. Análisis filogenético de evidencia morfológica.....	58
3. Análisis filogenético de evidencia total.....	58
VI. Discusión.....	61
1. Relaciones filogenéticas en <i>Calosphace</i> y posición de la sección <i>Lavanduloideae</i>	61
2. Los caracteres moleculares en la reconstrucción filogenética del subgénero <i>Calosphace</i>	67
2.1. Utilidad de los caracteres moleculares a nivel de secciones.....	68
2.2. Utilidad de los caracteres moleculares al interior de la sección <i>Lavanduloideae</i>	68
3. Los caracteres morfológicos en la reconstrucción filogenética de la sección <i>Lavanduloideae</i>	69
3.1. Utilidad de los caracteres de morfometría de distancias.....	70
3.2. Utilidad de los caracteres de morfometría geométrica.....	71
3.3. Utilidad de los caracteres cualitativos.....	76
4. Información aportada por las filogenias derivadas de evidencia molecular y morfológica.....	79
5. Análisis de evidencia total y posición del complejo <i>Salvia lavanduloides</i>	79
5.1. Patrones de distribución.....	80
5.2. Implicaciones taxonómicas y cambios nomenclaturales.....	81
6. Hibridación y reproducción clonal en <i>Lavanduloideae</i>	84
VII. Conclusiones.....	87
VIII. Literatura Citada.....	88
Apéndices.....	92
1. Listado preliminar de las especies de la sección <i>Lavanduloideae</i> y sus sinónimos.....	92
2. Direcciones electrónicas de las imágenes de ejemplares tipo de la sección <i>Lavanduloideae</i>	93
3. Taxa incluidos en el análisis de datos moleculares, ejemplares de respaldo, número de acceso a GenBank y autor que los publicó.....	95
4. Ejemplares fotografiados para análisis morfométricos.....	103
5. Cuadros de ANOVAS y grupos homogéneos para variables continuas.....	109
6. Árbol de consenso en el análisis bayesiano para el subgénero <i>Calosphace</i>	112
7. Clave e ilustraciones de las especies de la sección <i>Lavanduloideae</i>	115

Lista de figuras

No.	Figura	Pág.
1	A) Morfología del androceo de <i>Salvia</i> subgénero <i>Leonia</i> y <i>Calosphace</i> . B) Corte longitudinal de una flor de <i>Salvia pratensis</i> , que muestra la ubicación del androceo. C) Mecanismo de palanca accionado por el polinizador.	3
2	Algunas taxa del complejo <i>Salvia lavanduloides</i> . A) Forma típica de <i>Salvia lavanduloides</i> . B) Forma de inflorescencia laxa de <i>S. lavanduloides</i> . C) <i>Salvia agnes</i> .	7
3	Distribución de las especies del complejo <i>Salvia lavanduloides</i> .	8
4	Diversidad morfológica en la sección <i>Lavanduloideae</i> . A) Hábito de <i>Salvia lavanduloides</i> , B) Hábito y hojas de <i>S. scaposa</i> , C) Hojas elípticas u oblongo-elípticas de <i>S. lavanduloides</i> , D) Hojas lineares de <i>S. heterofolia</i> .	10
5	Diversidad morfológica en las inflorescencias de la sección <i>Lavanduloideae</i> . A) Inflorescencia con flores blancas de <i>Salvia rzedowskii</i> , B) Inflorescencia laxa de <i>S. helianthemifolia</i> , C) Flores con los lóbulos conniventes típicos de la sección <i>Lavanduloideae</i> (<i>S. agnes</i> Epling), D) Polinizador extrayendo néctar de las flores de <i>S. lavanduloides</i> .	11
6	Plantilla y configuración de puntos para la descripción de la forma de tres estructuras: A) Hoja. B) Bráctea. C) Cáliz. Marcas en rojo, semi-marcas en verde y puntos de ayuda en azul.	20
7	A) Gubernáculo de <i>Salvia protracta</i> (<i>Sigmoideae</i>). B) Estilo y núculas de <i>S. lavanduloides</i>	24
8	Análisis de varianza entre las especies de la sección <i>Lavanduloideae</i> y el grupo externo. A) Longitud de los entrenudos. B) Longitud del pecíolo. C) Longitud del pedúnculo.	37
9	Análisis de varianza entre las especies de la sección <i>Lavanduloideae</i> y el grupo externo. A) Longitud de los verticilastos. B) Longitud del pedicelo.	38
10	Análisis de componentes principales (PCA) por módulos.) Cáliz. B) Corola. C) Bráctea. D) Lámina foliar.	41
11	Análisis multivariados de la forma de los dientes del cáliz. A) PCA. B) CVA. C) Vectores de deformación en la CV1 y formas promedio de las especies en los extremos negativo y positivo. D) Análisis de agrupamiento.	44
12	Análisis multivariados de la forma de la bráctea. A) PCA. B) CVA. C) Vectores de deformación en la CV1 y formas promedio de las especies en los extremos negativo y positivo. D) Análisis de agrupamiento.	47
13	Análisis multivariados de la forma de la hoja. A) PCA. B) CVA. C) Vectores de deformación en la CV1 y formas promedio de las especies en los extremos negativo y positivo. D) Análisis de agrupamiento.	50
14	Árbol de consenso estricto del análisis de parsimonia. A) Sección <i>Audibertia</i> , Clados <i>Hastatae</i> , <i>Tomentellae</i> I, II y <i>Uliginosae</i> . B) "Core <i>Calosphace</i> " Parte 1. C) "Core <i>Calosphace</i> " Parte 2. D) "Core <i>Calosphace</i> " Parte 3.	52-55
15	Árbol de consenso estricto de las regiones ITS y <i>trnL-trnF</i> del análisis de parsimonia para la sección <i>Lavanduloideae</i> .	56
16	Árbol de consenso de las regiones ITS y <i>trnL-trnF</i> del análisis bayesiano para la sección <i>Lavanduloideae</i> .	57
17	Mejor árbol derivado del análisis de datos morfológicos.	58
18	Mejor árbol derivado del análisis de evidencia total.	60
19	Mapeo de caracteres moleculares en el mejor árbol derivado del análisis de parsimonia de evidencia total.	69
20	Forma promedio de los dientes del cáliz de <i>Salvia lavanduloides</i> y <i>S. monilliformis</i> .	72
21	Análisis clasificatorio de variables canónicas para la forma del cáliz.	72
22	Mejor árbol del análisis de evidencia total con optimización de coordenadas x, y de la configuración de los dientes del cáliz.	73
23	Forma promedio de las brácteas de <i>Salvia lavanduloides</i> y <i>S. agnes</i> .	74
24	Análisis clasificatorio de variables canónicas para la forma de la bráctea.	75
25	Formas promedio de la hoja de <i>Salvia lavanduloides</i> (inf. paniculada), <i>Salvia lavanduloides</i> y <i>S. lavanduloides</i> var. <i>hispida</i> .	75
26	Análisis clasificatorio de variables canónicas para la forma de la hoja.	76
27	Mejor árbol del análisis de evidencia total con optimización de coordenadas x, y de la configuración de la forma de hoja.	77
28	Optimización cuatro caracteres morfológicos en el mejor árbol.	78
29	Distribución de las especies de <i>Lavanduloideae</i> dentro de los dos principales clados obtenidos en el análisis de evidencia total.	81
30	Clado del Complejo <i>Salvia lavanduloides</i> con la optimización de coordenadas x,y para la forma del cáliz.	82
31	Taxa simpátricos de la sección <i>Lavanduloideae</i> de Taxco, Guerrero. A) <i>Salvia scaposa</i> . B) Híbrido putativo de <i>S. scaposa</i> y <i>S. lavanduloides</i> . C) <i>Salvia lavanduloides</i>	85

32	Árbol bayesiano de consenso. A) Sección <i>Audibertia</i> , Clados <i>Hastatae</i> , <i>Tomentellae</i> I, II, III y <i>Uliginosae</i> , Core <i>Calosphace</i> parte 1. B) Core <i>Calosphace</i> parte 2. C) Core <i>Calosphace</i> con la sección <i>Lavanduloideae</i> .	112- 114
33	<i>Salvia semiscaposa</i> Epling.	117
34	<i>Salvia teresae</i> Fernald	118
35	<i>Salvia scaposa</i> Epling	119
36	<i>Salvia heterofolia</i> Epling et Mathias	120
37	<i>Salvia rzedowskii</i> Ramamoorthy	121
38	<i>Salvia cryptodonta</i> Fernald	122
39	<i>Salvia guadalajarensis</i> Briq.	123
40	<i>Salvia helianthemifolia</i> Benth.	124
41	<i>Salvia subobscura</i> Epling	125
42	<i>Salvia agnes</i> Epling	126
43	<i>Salvia stachyoides</i> Kunth.	127
44	<i>Salvia lavanduloides</i> var. <i>hispida</i> Benth.	128
45	<i>Salvia lavanduloides</i> var. <i>latifolia</i> Benth.	129
46	<i>Salvia exilis</i> Epling	130
47	<i>Salvia</i> sp. 3	131
48	<i>Salvia muscarioides</i> Fernald	132
49	<i>Salvia moniliformis</i> Fernald	133
50	<i>Salvia lavanduloides</i> Kunth	134

Lista de cuadros

No.	Cuadro	Pág.
1	Tratamientos taxonómicos y asignación de sinonimias en la sección <i>Lavanduloideae</i> .	13
2	Medidas obtenidas para morfometría de distancias	18
3	Distancias euclidianas calculadas a partir de las coordenadas digitalizadas en cáliz, bráctea y hoja.	19
4	Matriz de caracteres morfológicos cualitativos.	24
5	Combinaciones de primers utilizadas en la amplificación de las regiones ITS y <i>trnL-trnF</i> .	28
6	Reactivos utilizados en la amplificación de las regiones ITS y <i>trnL-trnF</i> .	28
7	Matriz de eventos de inserción-delección.	29
8	Módulos en los que se agruparon las medidas para su análisis.	30
9	Resultados del CVA/Manova para la forma de los dientes del cáliz.	42
10	Variables canónicas significativas en el análisis de forma de los dientes del cáliz.	43
11	Análisis clasificatorio de ejemplares derivado del CVA para forma del cáliz.	43
12	Resultados del CVA/Manova para la forma de la bráctea.	45
13	Variables canónicas significativas en el análisis de forma de la bráctea.	45
14	Análisis clasificatorio de ejemplares derivado del CVA para forma de la bráctea.	46
15	Resultados del CVA/Manova para la forma de la hoja.	48
16	Variables canónicas significativas en el análisis de forma de la hoja.	48
17	Análisis clasificatorio de ejemplares para forma de la hoja.	49
18	Longitud y características de las matrices de caracteres moleculares para el subgénero <i>Calosphace</i> .	51
19	Longitud y características de las matrices de caracteres moleculares para la sección <i>Lavanduloideae</i> .	56
20	Comparación entre el muestreo de secciones y su monofilia entre Jenks <i>et al.</i> (2012) y el presente trabajo.	63
21	Medidas de los módulos univariados para el complejo <i>Salvia lavanduloides</i> y el grupo externo.	109
22	Prueba de Tukey de grupos homogéneos sobre los PCs de los módulos multivariados de cáliz y corola.	110
23	Prueba de Tukey de grupos homogéneos sobre los PCs de los módulos multivariados de bráctea y hoja.	111

Resumen

La sección *Lavanduloideae* del género *Salvia*, que fue delimitada por Epling en 1939 es un grupo con distribución Neotropical que comparte características morfológicas como: el cáliz 3-nervio, corolas violetas o azules, estambres insertos en la galea, estilos pelosos y lóbulos estigmáticos anteriores excavados. Los caracteres comúnmente utilizados para diferenciarlas son la forma y tipo de inflorescencia, pubescencia y tamaño foliar. Dentro de la sección, destaca el complejo *Salvia lavanduloides*, que se compone de siete taxa, los cuales son muy semejantes morfológicamente, por lo que se encuentran pobremente definidos. El objetivo de este trabajo fue poner a prueba la monofilia del complejo *S. lavanduloides* y buscar caracteres que permitan delimitar a las especies del mismo. Para ello, se exploraron fuentes de evidencia molecular (regiones ITS y *trnL-trnF*), morfológica cualitativa (16 caracteres) y cuantitativa (morfometría de distancias y geométrica). Todos los datos se incluyeron en un análisis filogenético de evidencia total, utilizando como grupo interno a las especies del complejo y como grupo externo al resto de las especies de la sección y un representante de tres secciones filogenéticamente cercanas (*Angulatae*, *Polystachyae* y *Sigmoideae*). Para identificar los caracteres que permiten diferenciar especies, se hicieron análisis multivariados; en el caso de morfometría de distancias, los caracteres más útiles fueron: longitudes del pedúnculo, distancia entre los verticilastos y pedicelo; mientras que para morfometría geométrica, las configuraciones de forma de cáliz y hoja resultaron ser más informativas. Los marcadores moleculares presentan poca variación al interior de la sección, siendo la región ITS la que mayor cantidad de información aporta. En el análisis filogenético de evidencia total, se obtuvo un solo árbol (L= 434.87; IC= 0.570; IR= 0.485), donde la sección *Lavanduloideae* se recupera como monofilética; a diferencia del complejo *S. lavanduloides*, que es un grupo parafilético. *Salvia lavanduloides* es una especie muy variable, por lo que se debe ampliar su circunscripción.

Palabras clave: Lamiaceae, *Salvia*, *Lavanduloideae*, México, filogenia, análisis de evidencia total.

Abstract

Salvia section *Lavanduloideae*, that was described by Epling in 1939, is a group of Neotropical plants that share morphological characteristics such as: 3-veined calyces, purple and blue corollas, stamens inserted in the galea, pubescent styles and anterior stigmatic lobe concave. The characters commonly used in their identification are size and shape of the inflorescence, pubescence and leaf size. In this section, the complex *Salvia lavanduloides* stands out, this group includes seven taxa that are morphologically similar and poorly defined. The aim of this work was to test the monophyly of the complex *S. lavanduloides* and to find helpful characters in the delimitation of the species in it. Hence, different sources of evidence were explored: molecular data (the regions ITS and *trnL-trnF*), qualitative data (16 characters) and quantitative data ("traditional" and geometric morphometrics data). All the data was included in a total evidence analysis, using the taxa in the complex as an ingroup; the outgroup was formed by the rest of the species of the section and three species of related sections (*Angulatae*, *Polystachyae* and *Sigmoideae*). Multivariate analyses were performed to recognize the characters that are useful in identifying species; the lengths of peduncles, the length between verticillasters and pedicel length (distances data) so as the configurations of calyx lobes and leaves (geometric morphometrics) are the most informative characters. Within the section, the molecular markers used had little variation; nevertheless, the ITS region had the most parsimony informative characters. In the total evidence phylogenetic analysis, only one most parsimonious tree was found (L= 434.87; IC= 0.570; IR= 0.485), in this topology section *Lavanduloideae* was recovered as monophyletic, unlike the complex *S. lavanduloides* that is paraphyletic. *Salvia lavanduloides* is a very variable species, therefore it is necessary to broaden its circumscription.

Key words: Lamiaceae, *Salvia*, *Lavanduloideae*, Mexico, phylogeny, total evidence analysis.

I. Introducción

Entre las familias mejor representadas en la flora mexicana se encuentra Lamiaceae en el octavo lugar, con 32 géneros y 591 especies (Martínez-Gordillo *et al.*, 2013). Esta familia incluye a *Salvia* L., que es el segundo género más diverso en México, con 307 especies, de las cuales 232 son endémicas (Villaseñor, 2004; Martínez-Gordillo *et al.*, 2013). *Salvia* tiene distribución cosmopolita y está constituido por cerca de 1,000 especies divididas en cuatro subgéneros: *Salviastrum*, *Calosphace*, *Leonia* y *Sclarea* (Walker *et al.*, 2004). A diferencia de la mayoría de los géneros de Lamiaceae, que cuentan con cuatro estambres, la característica distintiva de *Salvia* es la presencia de dos estambres, con anteras monotecas separadas por un conectivo alargado; las tecas inferiores (a veces fértiles) forman un apéndice generalmente estéril con forma de palanca (Harley *et al.*, 2004; fig. 1A), que recibe el nombre de balancín o gobernáculo (Bentham, 1876; Espejo y Ramamoorthy, 1993). El balancín constituye una estructura clave involucrada en el tipo de polinización; ya que es la encargada de restringir el acceso al néctar que se encuentra en la base de la corola (fig. 1B) y funciona como una palanca que al ser empujada hacia arriba por los polinizadores, deposita el polen en su parte dorsal (fig. 1C) o en el pico; posteriormente, cuando el polinizador visita otra flor transfiere este polen al estigma (Wester y Claßen-Bockhoff, 2007). En Europa, Asia y África las salvias son polinizadas principalmente por himenópteros, mientras que en América, además de insectos, los colibríes son polinizadores importantes (Claßen-Bockhoff *et al.*, 2003).

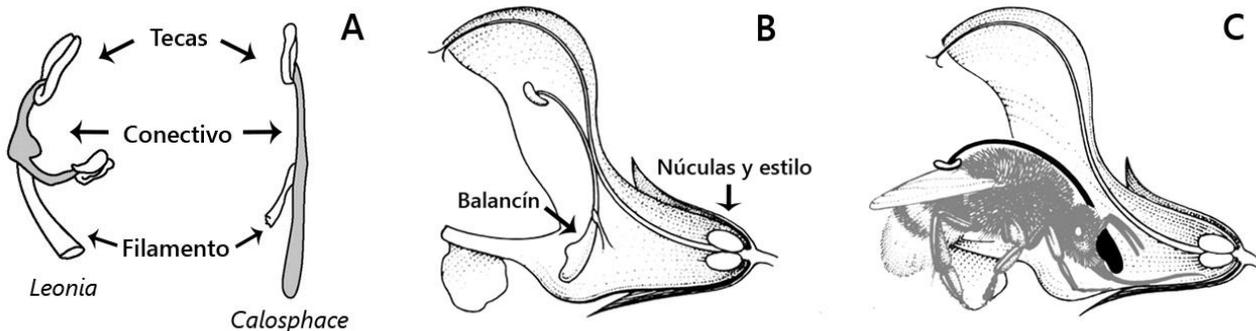


Figura 1. A) Morfología del androceo de *Salvia* subgénero *Leonia* y *Calosphace*, en gris se muestra el conectivo. B) Corte longitudinal de una flor de *Salvia pratensis* (*Sclarea*), que muestra la ubicación del androceo cuando el mecanismo de palanca está desactivado y el acceso al néctar está bloqueado. C) Mecanismo de palanca accionado por el polinizador, al intentar acceder al néctar, empuja el balancín y el polen es depositado en la parte dorsal (Modificado de Walker *et al.*, 2004).

La particular modificación del androceo en este género se consideraba una sinapomorfía y *Salvia* se asumía como un grupo monofilético. No obstante, estudios filogenéticos basados en datos moleculares (Walker *et al.*, 2004; Walker y Systma, 2007), sugieren que el género es polifilético, y que la morfología del androceo es una característica convergente que ha surgido de manera independiente al menos dos veces en la historia evolutiva del grupo (Walker *et al.*, 2004). Estos eventos han ocasionado al menos tres radiaciones adaptativas, las cuales se sitúan en los centros de mayor diversidad para el género: la región Asiática-Centro Mediterránea, el este asiático y, el más diverso en el Neotrópico (Walker *et al.*, 2004). Dichos estudios, también han permitido reconocer tres grupos monofiléticos; uno de ellos corresponde al subgénero *Calosphace* propuesto por Bentham (1876).

Calosphace es un subgénero endémico del continente americano y cuenta con ca. 500 especies, la mayoría de las cuales tienen distribución Neotropical (Walker *et al.*, 2004). La característica distintiva de este grupo está representada por una variación en la estructura del androceo del género, pues las tecas posteriores en el balancín no producen polen y pueden estar localizadas en la parte distal del brazo del conectivo, o como una pequeña protuberancia en la parte dorsal del conectivo; el conectivo está alargado y sus brazos están fusionados (fig. 1A) y generalmente presentan un diente en la parte dorsal (Walker y Systma, 2007). Dentro de este subgénero la forma del gubernáculo es variable entre clados (Jenks, 2009) y entre secciones (Epling, 1939 y manuscrito no publicado).

Las especies pertenecientes a *Calosphace* se han agrupado en 105 secciones (incluyendo *Audibertia* (Benth.) Epling), de las cuales 61 están presentes en México y 26 son endémicas, varias de ellas monotípicas (Epling, 1939, 1940, 1941, 1947, 1951; Epling y Játiva, 1966; Ramamoorthy, 1984b; Ramamoorthy y Elliot, 1998). Debido a la gran cantidad de endemismos en el país (ca. 75%), se considera a México como un centro primario de especiación para el subgénero (Ramamoorthy, 1984a).

Dada la diversidad del subgénero *Calosphace*, es difícil abordarlo de manera integral y, como sugieren Walker *et al.* (2006), el estudio debe fragmentarse. Dentro del subgénero existen ciertos complejos de especies cuya delimitación es complicada y que además presentan un alto grado de endemismos. La sección *Lavanduloideae* Epling, está representada en su totalidad en México, dentro de ella destaca el complejo de *Salvia*

lavanduloides Kunth, que se compone de siete taxa, los cuales son morfológicamente muy semejantes, se encuentran pobremente definidos y se considera que se encuentran estrechamente emparentados (Epling, 1939; 1940 y manuscrito no publicado).

Por lo anterior, este trabajo explora la utilidad de caracteres de distintas fuentes (molecular, cualitativos y de morfometría geométrica y de distancias) en el establecimiento de hipótesis de relación entre los taxa del complejo *S. lavanduloides* y la sección *Lavanduloideae*, poniendo a prueba la monofilia de ambas, mediante un análisis de evidencia total. Además, se pretende determinar el número de especies que figuran dentro del complejo, así como los principales caracteres que permiten su distinción.

II. Objetivos

General

Poner a prueba la monofilia del complejo de *Salvia lavanduloides* y explorar las relaciones filogenéticas entre las especies del mismo mediante un análisis de evidencia total.

Particulares

- Poner a prueba la monofilia de la sección *Lavanduloideae*.
- Explorar la utilidad de caracteres morfológicos, cualitativos y cuantitativos, los segundos mediante métodos morfométricos, en la delimitación y postulación de hipótesis de relación entre las especies del complejo *Salvia lavanduloides*.
- Explorar la utilidad de los caracteres moleculares de la región nuclear de los espaciadores internos transcritos del ribosoma (ITS) y de la región del intrón *trnL* y el espaciador intergénico *trnL-trnF* del cloroplasto, en la postulación de hipótesis de relación entre las especies del complejo *Salvia lavanduloides*.
- Identificar cuántas especies conforman el complejo *Salvia lavanduloides* mediante un análisis de evidencia total.

III. Antecedentes

La sección *Lavanduloideae* Epling

La sección *Lavanduloideae* fue delimitada por Epling (1939), quien consideró 12 especies (Epling, 1939; 1940) que comparten características tales como: el tipo de hábito (herbáceo), estambres insertos en el tubo de la corola y lóbulos estigmáticos anteriores excavados, y que difieren entre sí principalmente en la morfología de la inflorescencia, la pubescencia, y el tamaño y forma de la hoja (Epling, 1939 y manuscrito no publicado).

Esta sección es semiendémica de México (Ramamoorthy y Elliot, 1998), pues sólo *Salvia lavanduloides* extiende su distribución hasta Centroamérica, llegando hasta Costa Rica (Klitgaard, 2012). Las especies de esta sección prosperan en bosques templados, principalmente bosques de Pino-Encino (Epling, manuscrito no publicado). En México, la sección *Lavanduloideae* se distribuye principalmente en la vertiente del Pacífico y en el eje Neovolcánico Transversal, siendo más diversa en este último (Epling, 1939).

El complejo *Salvia lavanduloides* Kunth

Epling (1939) menciona un grupo de taxones dentro de la sección *Lavanduloideae* que están estrechamente relacionados entre sí y que comparten grandes semejanzas morfológicas, al grado que existen grandes dificultades para establecer los límites entre ellos. A dicho grupo le llama complejo *Salvia lavanduloides* (Epling, 1939) o *Salvia lavanduloides sensu lato* (Epling, manuscrito no publicado).

Salvia lavanduloides es una especie de amplia distribución que se encuentra en 18 estados de la República Mexicana y está presente en Guatemala, Honduras y Costa Rica (Klitgaard, 2012). Epling (1939) señala que esta especie varía de una región a otra; las variantes están pobremente definidas y al ser una especie con gran plasticidad, el autor considera que la segregación sería inconveniente por lo que la considera como un complejo; dentro del cual distingue cuatro morfotipos: el típico, uno “robusto”, uno con follaje más pequeño y otro correspondiente a *Salvia agnes* Epling, que originalmente había sido descrita como *Salvia lavanduloides* var. *latifolia* Benth. por Bentham (1848); sin embargo, los tipos de estos taxa difieren notablemente. *Salvia agnes* es una especie difícil de diferenciar de *Salvia*

lavanduloides (Epling, 1939) y es considerada un sinónimo de ésta por autores como Govaerts y García-Peña (2012) y Klitgaard (2012). Dentro del protólogo de la misma, Epling (1939) cita ejemplares pertenecientes a dos morfotipos o formas distintas. Además, existe otra variedad que no es mencionada por autores posteriores a Bentham (1848), *Salvia lavanduloides* var. *hispida* Benth., que se diferencia de la forma típica por presentar las hojas inferiores obovadas, con el haz hispido. También hay algunas especies de la sección que comparten semejanzas morfológicas con las antes mencionadas y que son comúnmente confundidas: *Salvia moniliformis* Fernald y *Salvia remota* Benth.; de esta última sólo existe una descripción breve y se desconoce la ubicación del tipo. En el presente estudio, se consideran siete taxa como pertenecientes al complejo: *Salvia agnes* (fig. 2C), *Salvia lavanduloides* con tres morfotipos (uno típico (fig. 2A), uno con inflorescencia laxa (fig. 2B) y otro con inflorescencia paniculada), *Salvia lavanduloides* var. *hispida*, *Salvia lavanduloides* var. *latifolia* y *Salvia moniliformis*. La distribución estos taxa se sobrepone (Fig. 3).

En Mesoamérica, *Salvia lavanduloides* y las especies afines reciben el nombre común de “cantueso” y debido a la presencia de una gran variedad de metabolitos secundarios, son utilizadas en la medicina tradicional mesoamericana para tratar problemas respiratorios, disentería, malaria, salpullidos y como enjuague de cabello para evitar la caída. También se ha reportado el uso de la planta en la apicultura (Jenks y Kim, 2013) y como ornamental (Klitgaard, 2012). Por lo anterior, la planta se ha sembrado en jardines, fuera de su rango de distribución, lo que contribuye a la confusión taxonómica.

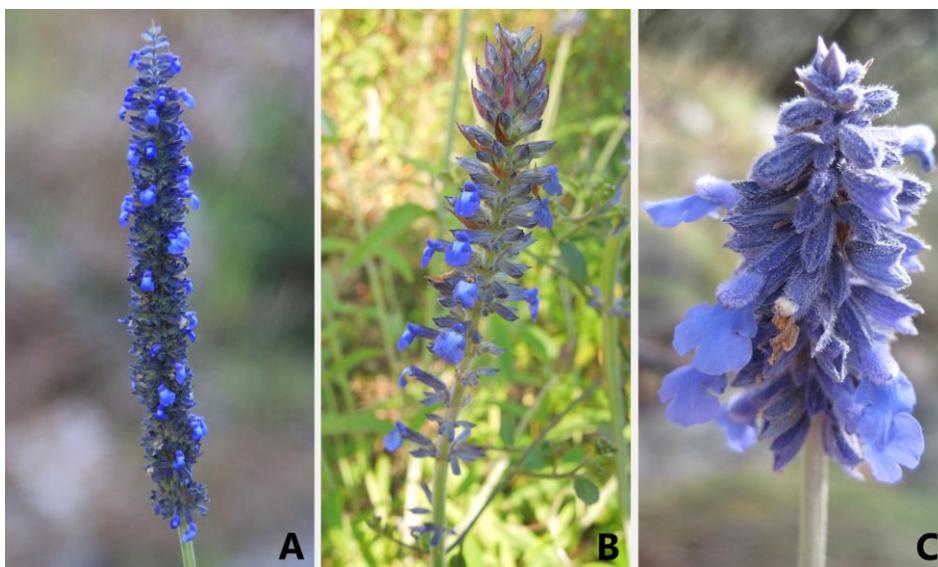
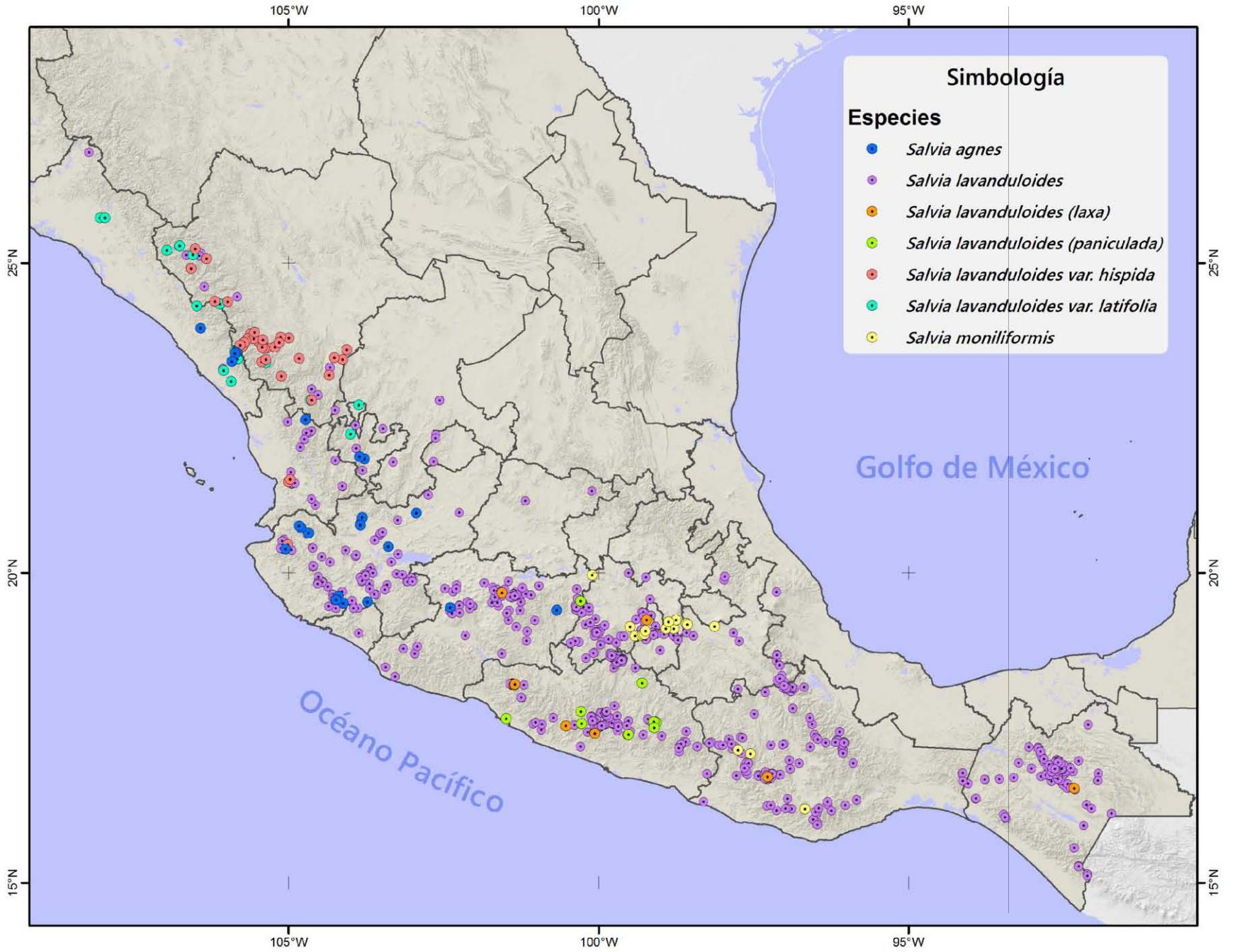


Figura 2. Algunos taxa del complejo *Salvia lavanduloides*. A) Forma típica de *Salvia lavanduloides*. B) Forma de inflorescencia laxa de *S. lavanduloides*. C) *Salvia agnes*. Fotografías por M. Martínez (A-B) y A. Castro (C).

Figura 3. Distribución de los taxa del complejo *Salvia lavanduloides*.



Morfología de la sección *Lavanduloideae* y el complejo *Salvia lavanduloides*

a) Morfología vegetativa

La sección *Lavanduloideae* está compuesta por especies herbáceas perennes con un rizoma leñoso; en la mayoría de las especies, las hojas están distribuidas a lo largo de toda la planta (fig. 4A); mientras que en otras se ubican hacia la base del tallo, lo que les da un aspecto escaposo, como en el caso de *Salvia scaposa* Epling (fig. 4B). Las hojas son elípticas (fig. 4C), ovado-elípticas o lineares (fig. 4D), angostadas hacia la base y con pecíolos cortos o subsésiles. La pubescencia en las hojas es variable, va de glabrescente a pubescente (Epling, 1939 y manuscrito no publicado).

El complejo *Salvia lavanduloides* está conformado por hierbas de 0.4-2 m de alto, con tallos ramificados en la parte superior, erectos (fig. 4A); pecíolos de 3-15 mm de largo; láminas foliares oblongo-elípticas (fig. 4C), oblongo-lanceoladas, ovado-elípticas u obovadas; de 4-11 cm de largo, 0.5-3.5 cm ancho; crenado-serradas o serruladas; ápice obtuso u agudo; base redondeada a cuneado-angostada: haz glabrado, hispido o pubescente; envés con pubescencia más densa, blanquecino (a veces glabrado), venoso-reticulado (Bentham, 1848; Fernald, 1910; Epling, 1939 y manuscrito no publicado; Klitgaard, 2012).

a) Morfología reproductiva

Las inflorescencias en las especies de la sección *Lavanduloideae* son generalmente simples, con pedúnculos largos, o escaposas; espiciformes, compactas (figs. 5A, 5C, 5D) a laxas (fig. 5B) o interrumpidas; presentan brácteas deciduas; pedicelos erectos a reflejos; cálices con el diente superior 3-nervio, cilíndrico a ligeramente campanulado; la corola varía en color, de azul, violeta (figs. 5B-D), lila, rosa claro o blanco (fig. 5A), el tubo es cilíndrico, apenas sobresaliendo del cáliz con el labio posterior más corto que el anterior (Epling, 1939 y manuscrito no publicado). Los labios de la corola en esta sección son característicamente conniventes (fig. 5C), lo cual protege al polen y obliga a los polinizadores, que son abejas, a emplear fuerza física para acceder al néctar (fig. 5D) (Westerkamp y Claßen-Bockhoff, 2007; Wester y Claßen-Bockhoff, 2011). Los estambres están incluidos en la gálea, tienen un gubernáculo oblongo-deltaideo; el estilo es piloso, con la rama posterior más larga y la inferior excavada, con el ápice truncado; la glándula de la ginobase es de tamaño semejante a las núculas (Epling, 1939).

El complejo *Salvia lavanduloides* se distingue por tener inflorescencias largamente pedunculadas, terminales o axilares; solitarias o en fascículos de tres, espiciformes, cilíndricas, compactas (fig. 5D) a laxas, e incluso cortas y subglobosas, de 6-40 cm de largo; brácteas ovadas, caducas; de 6-30 flores por verticilastro; cálices de 4-6(-7) mm de largo, superficie con grado de pubescencia variable; tubo de la corola de 3-4.5 mm de largo, labio superior 2-2.5 mm de largo, labio inferior 3-5 mm de largo; gubernáculo de 2-2.5 mm de largo (Bentham, 1848; Fernald, 1910; Epling, 1939 y manuscrito no publicado; Klitgaard, 2012).

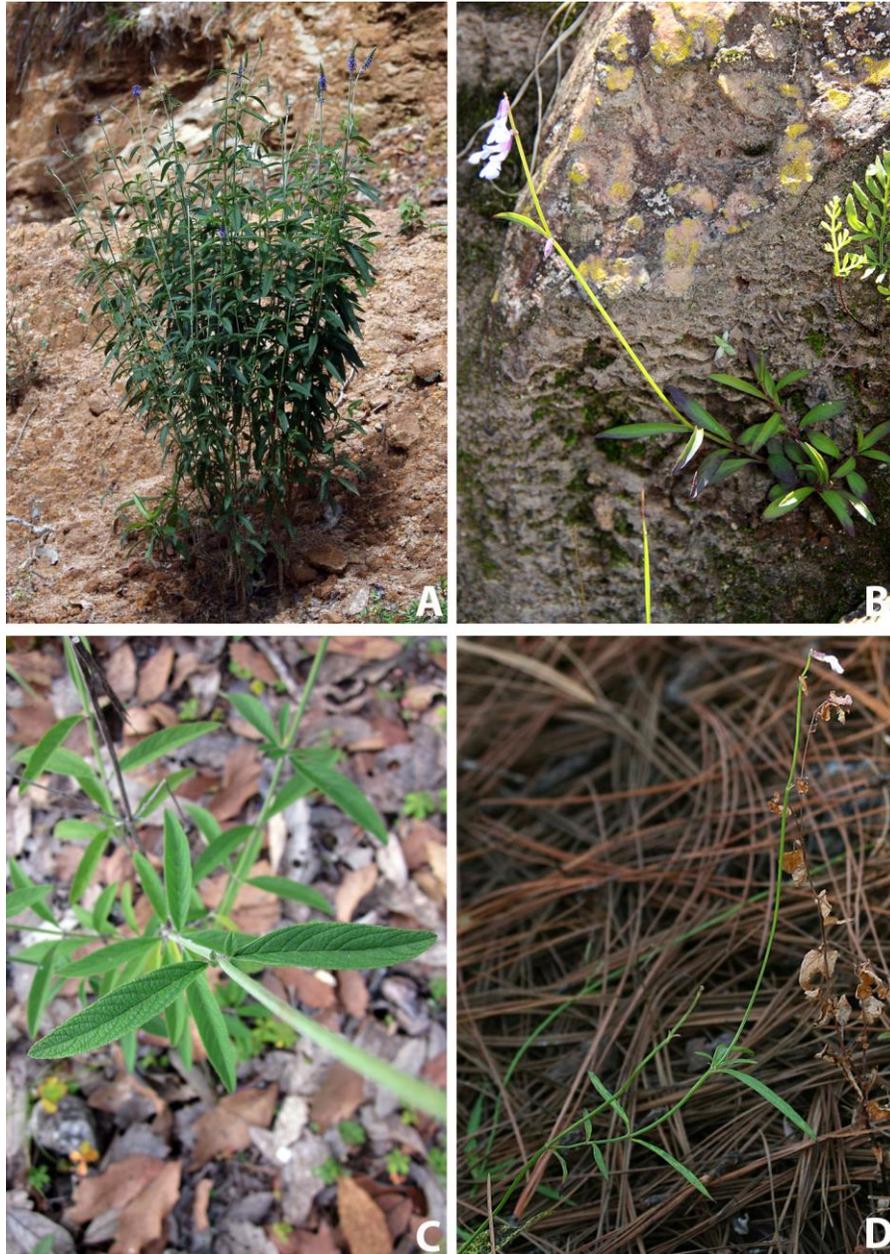


Figura 4. Diversidad morfológica en la sección *Lavanduloideae*. A) Hábito de *Salvia lavanduloides*. B) Hábito de *S. scaposa*. C) Hojas elípticas u oblongo-elípticas de *S. lavanduloides*. D) Hojas lineares de *S. heterofolia*. Fotografías por P. Lèautaud (A) e I. Fragoso (B-D).



Figura 5. Diversidad morfológica en las inflorescencias de la sección *Lavanduloideae*. A) Inflorescencia con flores blancas de *Salvia rzedowskii* Ramamoorthy. B) Inflorescencia laxa de *S. helianthemifolia* Benth. C) Flores con los lóbulos conniventes típicos de la sección *Lavanduloideae* (*S. stachyoides* Kunth). D) Polinizador extrayendo néctar de las flores de *S. lavanduloides*. Fotografías por I. Fragoso (A-C) y P. Lèautaud (D).

Antecedentes taxonómicos de *Salvia* sección *Lavanduloideae*

Tratamientos taxonómicos

Bentham (1832-36) consideró a *Calosphace* como una de las 14 secciones en las que dividió al género *Salvia*. Dentro de *Calosphace* figuraban seis subsecciones; *Brachyanthae* Benth. se distinguía por contener especies con brácteas deciduas, flores azules o blancas, cálices con el tubo del mismo tamaño que la corola y con el labio inferior más largo que el superior. La serie *Angustifoliae* Benth. contenida en *Brachyanthae* incluía especies con las características antes mencionadas, y hojas lineares, lanceoladas u ovado-lanceoladas; con la base angostada o cuneada (Bentham, 1832-36; 1848). *Angustifoliae* constituía un grupo artificial con especies pertenecientes a las secciones *Caducuae* Epling, *Glareosae* Epling, *Farinaceae* (Epling) Epling, *Lavanduloideae* Epling y *Uliginosae* (Epling) Epling, según la clasificación de Epling (1939).

Angustifoliae siguió siendo considerado un grupo natural en los trabajos de Briquet (1897) y Fernald (1900, 1910). Epling (1939) elevó el nivel taxonómico de varias categorías infragenéricas dentro de *Salvia*; asignándole a *Calosphace* el rango de subgénero. Así mismo, dividió a *Calosphace* en 91 secciones; una de ellas, *Lavanduloideae*, cuya especie tipo es *Salvia lavanduloides*; el trabajo de Epling (1939) es el único para la sección. Posteriormente, Epling (1940) y Ramamoorthy (1984a) describieron especies pertenecientes a *Lavanduloideae*, pero sin presentar una revisión de ésta.

En el cuadro 1 se presenta un resumen de los tratamientos taxonómicos para las especies de la sección *Lavanduloideae*. Un listado de las especies aceptadas en el presente trabajo se encuentra en el apéndice I.

Filogenia molecular del subgénero *Calosphace*

El género *Salvia* es un grupo polifilético; no obstante, el subgénero *Calosphace*, que es endémico del continente americano, es un grupo monofilético, apoyado por caracteres morfológicos y moleculares (Walker *et al.*, 2004). La monofilia de las secciones del subgénero *Calosphace* ha sido puesta en duda por varios autores, como Standley y Williams (1973), Santos (1991), Torke (2000), Walker *et al.* (2006) y Jenks *et al.* (2011, 2012).

Cuadro 1. Tratamientos taxonómicos y asignación de sinonimias en la sección *Lavanduloideae*.

Bentham (1833, 1848)		Fernald (1900, 1910)		Epling (1939, 1940)	
<i>S. lavanduloides</i> Kunth = <i>S. humboldtiana</i> Schult. = <i>S. lavandulaefolia</i> Spreng. <i>S. lavanduloides</i> var. β <i>latifolia</i> Benth. var. γ <i>hispidula</i> Benth.	Salvia sección <i>Calosphace</i> , subsección <i>Brachyanthae</i> , serie <i>Angustifoliae</i>	<i>S. lavanduloides</i> Kunth = <i>S. humboldtiana</i> Schult. = <i>S. lavandulaefolia</i> Spreng. = <i>S. purpurina</i> La Llave = <i>S. stricta</i> Sessé et Moc. <i>S. lavanduloides</i> var. β <i>latifolia</i> Benth.		<i>S. lavanduloides</i> Kunth = <i>S. humboldtiana</i> Schult. = <i>S. lavandulaefolia</i> Spreng.	Salvia subgénero <i>Calosphace</i> , sección <i>Lavanduloideae</i>
				<i>S. agnes</i> Epling = <i>S. lavanduloides</i> var. β <i>latifolia</i> Benth.	
			<i>S. moniliformis</i> Fernald		
<i>S. remota</i> Benth.			<i>S. remota</i> Benth.	<i>S. remota</i> Benth.	
				<i>S. exilis</i> Epling <i>S. subobscura</i> Epling	
<i>S. stachyoides</i> Kunth			<i>S. stachyoides</i> Kunth	<i>S. stachyoides</i> Kunth = <i>S. longifolia</i> Willd. = <i>S. elongata</i> Kunth = <i>S. stricta</i> Sessé et Moc. = ? <i>S. moniliformis</i> Fernald	
<i>S. elongata</i> Kunth = <i>S. betonica</i> Schult. = <i>S. simplex</i> Spreng.			<i>S. elongata</i> Kunth = <i>S. betonica</i> Schult. = <i>S. simplex</i> Spreng.		
<i>S. helianthemifolia</i> Benth. <i>S. helianthemifolia</i> var. β Benth.			<i>S. helianthemifolia</i> Benth.	<i>S. helianthemifolia</i> Benth. = <i>S. helianthemifolia</i> var. β Benth.	
			<i>S. guadalajarensis</i> Briq.	<i>S. guadalajarensis</i> Briq.	
			<i>S. teresae</i> Fernald	<i>S. teresae</i> Fernald	
		<i>S. muscarioides</i> Fernald	<i>S. muscarioides</i> Fernald		
		<i>S. cryptodonta</i> Fernald	<i>S. cryptodonta</i> Fernald		
			<i>S. scaposa</i> Epling		

Los únicos trabajos que exploran de una manera preliminar las relaciones filogenéticas dentro del subgénero son los de Walker *et al.* (2006) y Jenks *et al.* (2011, 2012); aunque el número de especies representadas para cada sección es pequeño en relación a la diversidad del subgénero. Jenks *et al.* (2011, 2012) realizaron un esfuerzo de muestreo que cubre el 74% de las secciones, pero sólo el 37.5% de las especies; los marcadores moleculares que emplearon fueron: la región nuclear de los transcritos internos del ribosoma (ITS, por sus siglas en inglés) y las regiones de los espaciadores intergénicos del cloroplasto *trnL-trnF* y *psbA-trnH*. En los análisis de Walker *et al.* (2006) se recuperaron algunas secciones como monofiléticas, entre ellas *Lavanduloideae* (incluida dentro del grupo denominado por los autores como “Core *Calosphace*”); aunque el clado está representado sólo por tres especies, es decir el 25% de la diversidad de la sección, y la resolución del análisis no fue suficiente para delimitar con certeza al grupo hermano de la misma. Por otro lado, los análisis de Jenks *et al.*

(2012), utilizando especies de *Lavanduloideae* distintas a las de Walker *et al.* (2006), no recupera a la sección como un grupo natural; sin embargo, sólo incluye al 25% de la sección; cabe mencionar que la resolución para el grupo “Core *Calosphace*” es también baja, lo que indica la necesidad de un muestreo más amplio.

Estudios en la sección *Lavanduloideae*

Chew (2001) abordó el problema de la delimitación de grupos dentro de la sección *Lavanduloideae* mediante un análisis fenético, utilizando 26 caracteres morfológicos (cuantitativos y cualitativos) y 82 OTU's representando a 17 especies (entre ellas algunos sinónimos). En los análisis de agrupamiento (UPGMA) se obtuvieron dos grupos principales, a los que la autora denominó como subsecciones. El primero denominado subsec. *Lavanduloides* incluye a *Salvia agnes*, *S. elongata*, *S. exilis*, *S. cryptodonta*, *S. lavanduloides*, *S. lavanduloides* var. *hispida*, *S. moniliformis*, *S. stricta* y *S. subobscura*. El segundo o subsec. *Helianthemifolia*, incluye a *S. guadalajarensis*, *S. helianthemifolia*, *S. muscarioides* y *S. stachyoides*. *Salvia rzedowskii* y *S. teresae* no formaron parte de ninguno de los grupos, por ser las especies morfológicamente más diferentes del resto, según los análisis estadísticos efectuados. Finalmente, la autora concluyó que no se pueden inferir relaciones fenéticas a niveles inferiores debido a la falta de caracteres útiles, el gran solapamiento de los valores en los caracteres continuos entre las especies y el uso de un número de muestra pequeño y desigual entre taxa.

Un esfuerzo para conocer las relaciones al interior de la sección *Lavanduloideae* es el análisis filogenético presentado por de Nova (2001), quien empleó 58 caracteres morfológicos (40 cualitativos y 18 cuantitativos) y, como grupo externo, a especies de varias secciones de *Salvia*: *Polystachyae* (*S. polystachya* Cav.), *Sigmoideae* (*S. thyrsoflora* Benth.), *Scorodoniae* (*S. melissodora* Lag.); así como dos especies del género *Lepechinia* (*Lepechinia caulescens* (Ortega) Epling y *L. schideana* (Schltdl.) Vatke), y como grupo externo lejano, una especie de la familia Verbenaceae (*Verbena bipinnatifida* Schauer). En ese trabajo, los caracteres cuantitativos fueron menos informativos que los cualitativos y la sección *Lavanduloideae* resultó parafilética, incluyendo a las especies del género *Salvia* del grupo externo. El autor concluyó que es necesario utilizar otro tipo de caracteres para la inferencia filogenética de la sección, pues los derivados de morfometría de distancias, que fueron discretizados, presentaron un gran solapamiento, siendo poco informativos.

IV. Materiales y métodos

Diseño de muestreo

a) Para análisis de datos morfológicos y análisis de evidencia total

A continuación se enlistan los taxa incluidos en los grupos interno y externo para los análisis de datos morfológicos y de evidencia total. Para las especies poco representadas en las colecciones y que no pudieron ser colectadas en campo, se seleccionaron ejemplares disponibles. La lista de ejemplares analizados por especie se encuentra en el Apéndice IV. Se omitió una especie, de la cual se conoce solamente la descripción (*S. remota*). Las especies de las otras secciones fueron elegidas por estar contenidas en el grupo designado “Core *Calosphace*” (Walker *et al.*, 2006), donde se encuentra *Lavanduloideae*.

Grupo	Sección	Especie	No. de ejemplares
Interno	<i>Lavanduloideae</i> , complejo <i>Salvia lavanduloides</i>	1. <i>Salvia lavanduloides</i> morfotipo típico (es decir, que coincide con el ejemplar tipo y descripción original de la especie)	62
		2. <i>S. lavanduloides</i> morfotipo con verticilastos separados o inflorescencia laxa (en ocasiones determinada erróneamente como <i>S. remota</i>)	13
		3. <i>S. lavanduloides</i> morfotipo de Guerrero con inflorescencia paniculada	9
		4. <i>S. lavanduloides</i> var. <i>hispida</i> Benth.	34
		5. <i>S. lavanduloides</i> var. <i>latifolia</i> Benth.	22
		6. <i>S. agnes</i> Epling	4
		7. <i>S. moniliformis</i> Fernald	15
Externo	<i>Lavanduloideae</i>	8. <i>S. cryptodonta</i> Fernald	6
		9. <i>S. exilis</i> Epling	2
		10. <i>S. guadalajarensis</i> Briq.	7
		11. <i>S. helianthemifolia</i>	20
		12. <i>S. heterofolia</i> Epling et Mathias	11
		13. <i>S. muscarioides</i> Fernald	10
		14. <i>S. rzedowskii</i> Ramamoorthy	15
		15. <i>S. scaposa</i> Epling	29
		16. <i>S. semiscaposa</i> Epling	9
		17. <i>S. stachyoides</i> Kunth	20
		18. <i>S. subobscura</i> Epling	2
		19. <i>S. teresae</i> Fernald	1
	<i>Angulatae</i>	20. <i>S. tiliifolia</i> Vahl	21
	<i>Polystachyae</i>	21. <i>S. polystachya</i> Cav.	15
	<i>Sigmoideae</i>	22. <i>S. protracta</i> Benth.	17

b) Para análisis de secuencias de DNA

Con el fin poner a prueba la monofilia de la sección *Lavanduloideae* y de establecer una comparación con el trabajo sobre las relaciones entre las especies del subgénero *Calosphace* de Jenks *et al.* (2012), donde esta sección se recupera como un grupo parafilético; se construyó una matriz de 236 terminales. Esta matriz se compone de las 173 secuencias de Jenks *et al.* (2012) y 63 secuencias (correspondientes a 31 especies) obtenidas en el presente trabajo (Apéndice III). El esfuerzo de muestreo contempla secuencias de DNA de 202 especies pertenecientes a 75 secciones de *Calosphace sensu* Epling (1939) y dos especies de géneros filogenéticamente cercanos: *Meriandra bengalensis* (Roxb.) Benth y *Dorystaechas hastata* Boiss. & Heldr. ex Benth (Apéndice III).

Con el propósito de identificar a las especies que conforman el complejo *Salvia lavanduloides*, se llevó a cabo un análisis con las 22 terminales seleccionadas para el análisis de evidencia total (Ver sección anterior).

Trabajo de gabinete

Se revisaron las colecciones de los herbarios CIIDIR, MEXU, ENCB, FCME, IEB, SERO y XAL; además se observaron fotos de las colecciones de los herbarios CHIP, K, OAX, UCAM y WIS; así como tipos y fototipos depositados en MEXU, e imágenes de los tipos en los herbarios virtuales (Apéndice II). Con los datos de las etiquetas de los ejemplares observados se elaboró una base de datos con los siguientes campos: nombre de la especie, estado, localidad, municipio de colecta, características de la localidad (altitud, tipo de vegetación e información sobre el tipo de suelo y asociaciones vegetales), características de la planta (hábito, altura, color de la flor), colector y número de colecta, y determinador. Adicionalmente se obtuvieron registros de las bases de datos de GBIF (www.gbif.org), algunos de los cuales fueron corroborados con los ejemplares vistos en las colecciones. A partir de la integración de los datos provenientes de las fuentes antes mencionadas, se conformó una base de datos con 2,050 registros, que fue georeferenciada con ayuda de los recursos en línea GEOlocate v.4 (www.museum.tulane.edu/geolocate/), Global Gazetteer v.2.2 (www.fallingrain.com/world/MX/) y el Archivo histórico de localidades del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (<http://geoweb.inegi.org.mx/AHL/>).

Trabajo de campo

Se realizaron siete salidas al campo con duración de tres días cada una, a los estados de México y Guerrero. Tomando como base los datos de colecta de los ejemplares revisados, las localidades visitadas fueron la Sierra de Nanchititla, Puerto Oscuro, Sultepec, Amatepec, Temascaltepec, Texcaltitlán, Zacualpan (Estado de México), Taxco y Tetipac (Guerrero). Se colectaron ejemplares de la sección *Lavanduloideae*, los cuales sirvieron para el análisis morfométrico y algunos como ejemplares de respaldo para extracción de DNA.

Obtención de caracteres morfológicos

i. Caracteres cuantitativos continuos (morfométricos)

Los caracteres morfométricos fueron obtenidos a partir de fotos de ejemplares de herbario (apéndice IV), en total se fotografiaron 341 ejemplares, correspondientes a 22 taxa y 16 ejemplares de la sección *Lavanduloideae* sin identificación.

Preparación de muestras

Las partes vegetativas fueron fotografiadas de los ejemplares de herbario montados, mientras que las brácteas y partes florales (cáliz, corola, estilo) se retiraron del ejemplar y montaron en portaobjetos de vidrio, con pegamento transparente. En algunos casos no fue posible remover flores de los ejemplares, por lo que solamente se fotografió la parte vegetativa, mientras que en otras ocasiones los ejemplares presentaban estructuras vegetativas muy dañadas, en esos casos solo se montaron y fotografiaron las partes florales (Ver Apéndice IV).

Fotografía digital

Las fotografías de las estructuras vegetativas de los ejemplares fueron tomadas en el Instituto de Ecología, A.C. (Xalapa), en un Foto-estudio Bencher utilizando una cámara Olympus Camedia c-740 UZ. Las estructuras reproductivas fueron fotografiadas en un microscopio estereoscópico Zeiss SV11, con tubo C, con una Cámara D-SLR Canon 60D, utilizando la función de apertura mínima (AV) con ISO 200. En el Laboratorio de Microcine de la Facultad de Ciencias se fotografiaron los ejemplares de los herbarios ENCB, IEB y MEXU, con una cámara Canon EOS Digital Rebel 6M y las brácteas más pequeñas fueron fotografiadas en campo claro con un fotomicroscopio Olympus, modelo Provis Ax70. Todas las estructuras se fotografiaron con una reglilla para la escala.

Estructuras fotografiadas y mediciones tomadas para morfometría de distancias

Las tomas fotográficas consistieron en vistas frontales de las estructuras listadas en el cuadro 2. En el caso de las estructuras para morfometría geométrica consultar también el cuadro 3 y figura 6.

Las distancias lineales se midieron sobre las fotografías digitales. Con el programa tpsDig Versión 2.16 (Rohlf, 2010) se registraron las coordenadas de las marcas en los puntos que delimitan las estructuras (e.g. en cada uno de los nudos que marcan un entrenudo) y posteriormente se elaboró un protocolo para obtener las distancias entre los puntos, utilizando el programa TMorphGen6 (Sheets, 2004a). El protocolo define un par de puntos entre los cuales ha de calcularse la distancia a partir de los valores de las coordenadas de los mismos (Cuadro 3, fig. 6).

Cuadro 2. Medidas obtenidas para morfometría de distancias

Tipo de estructuras	Medidas registradas
Vegetativas	
1. Entrenudos	1. Largo del 2° y 3° entrenudo distal
2. Pecíolo	2. Largo del pecíolo
3. Lámina foliar madura	3. Largo de la hoja 4. Ancho de la hoja 5. Ancho del ápice
Reproductivas	
1. Pedúnculo	1. Largo del pedúnculo
2. Inflorescencia	2. Distancia entre el 2°-3° y 3°-4° verticilastos
3. Pedicelo	3. Largo del pedicelo
4. Bráctea distal	4. Largo de la bráctea 5. Ancho de la base de la bráctea 6. Ancho de la bráctea (ancho más ancho) 7. Ancho cerca del ápice de la bráctea
5. Cáliz	8. Largo total al diente superior 9. Largo total al diente inferior 10. Largo del tubo 11. Largo del diente superior 12. Largo del diente inferior 13. Ancho del diente superior (en la base)
6. Corola	14. Largo del tubo 15. Ancho de la garganta 16. Largo de la base al lóbulo superior (=largo del estilo) 17. Largo del lóbulo superior 18. Largo total 19. Largo del lóbulo inferior

Diseño de plantillas y muestreo de la forma

Se seleccionaron tres estructuras cuya forma pudiera ser analizada mediante morfometría geométrica: hoja, bráctea y dientes del cáliz; mismas que al estar compuestas en su mayor parte de curvas, requirieron el uso de semi-marcas para la descripción de la forma; es por ello que se realizaron estudios piloto utilizando diversas plantillas, con el fin de identificar la que mejor la describiera. Las plantillas fueron colocadas utilizando el programa MakeFan6 de la serie IMP (Sheets, 2004a). Las plantillas seleccionadas fueron las siguientes:

- a) Hoja:** se utilizó un peine de 20 rayos, tomando como puntos de referencia la inserción del pecíolo con la lámina y el ápice, esta configuración se compone de 39 puntos: dos marcas, un punto de ayuda y 36 semi-marcas (fig. 6A).
- b) Bráctea:** Se utilizaron dos abanicos de 28 rayos cada uno, con los siguientes marcadores de referencia: 1) base de la bráctea; 2) punto medio en la base de la bráctea; 3) ápice. Se digitalizaron 56 puntos en la configuración, los cuales corresponden a 25 puntos de ayuda, una marca y 30 semi-marcas (fig. 6B). En este caso, los puntos de ayuda corresponden a la base de la bráctea, los cuales se descartaron debido a que parte del material estaba incompleto en esa área.
- c) Dientes del cáliz:** se colocaron cuatro abanicos de cinco rayos, que sirvieron de guía para colocar 18 puntos: cinco marcas, un punto de ayuda y 12 semi-marcas (fig. 6C).

Cuadro 3. Distancias euclidianas calculadas a partir de las coordenadas digitalizadas en cáliz, bráctea y hoja

Estructura	Medida	Distancia entre las marcas
Hoja	Largo del pecíolo	1-2
	Largo de la lámina	2-21
	Ancho de la lámina	11-31
	Ancho del ápice	20-22
Bráctea	Largo de la bráctea	1-29
	Ancho de base de la bráctea	2-56
	Ancho de la bráctea	16-42
	Ancho cerca del ápice de la bráctea	27-31
Cáliz <small>*en el caso de medidas duplicadas, se promediaron las de ambos lados del cáliz por individuo</small>	Largo total del cáliz al diente superior	1-10
	Largo total del cáliz al diente inferior	1-2; 1-18
	Largo del tubo	1-6; 1-14
	Largo del diente inferior	2-6; 14-18
	Largo del diente superior	6-10; 10-14
	Ancho del diente superior (en la base)	6-14

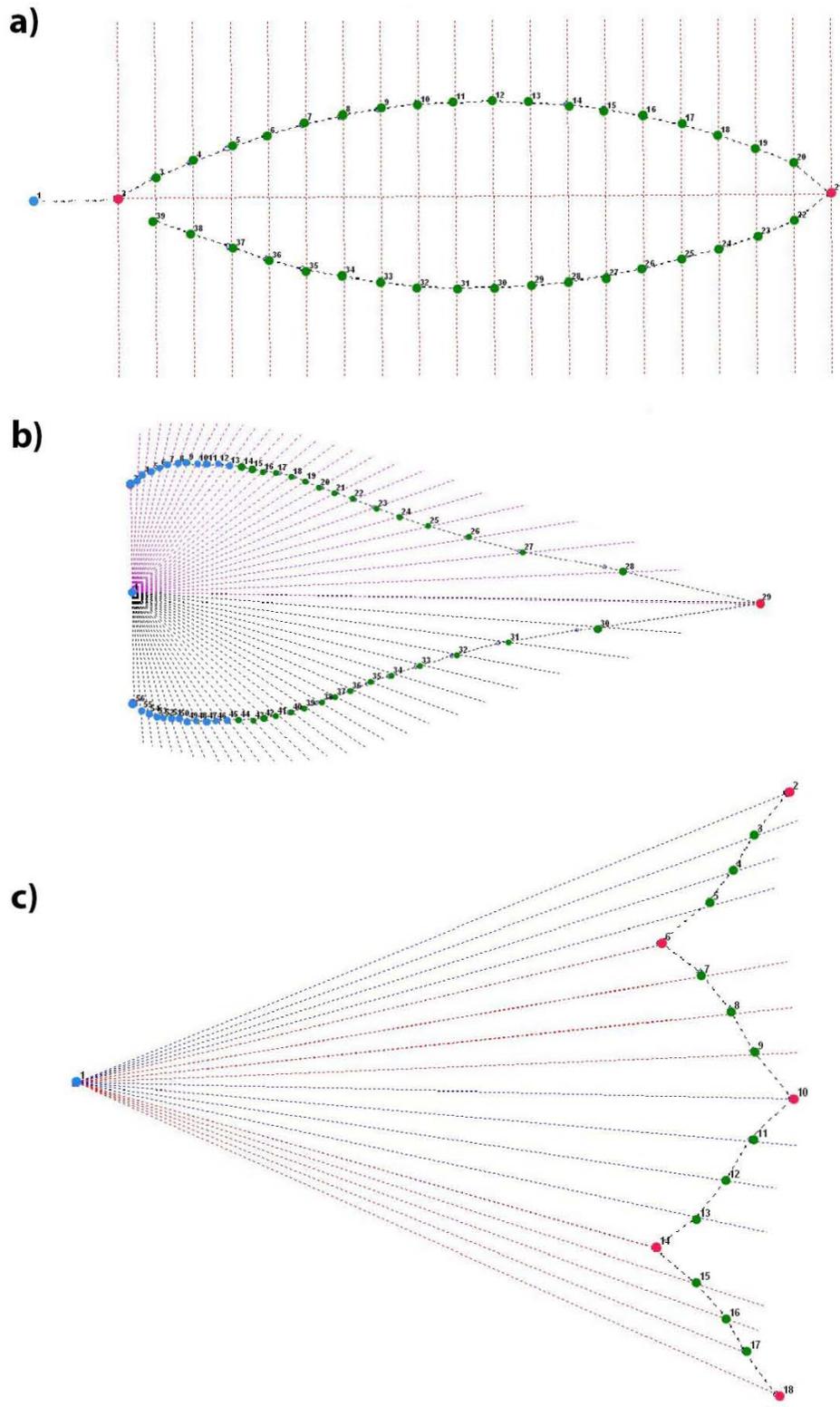


Figura 6. Plantilla y configuración de puntos para la descripción de la forma de tres estructuras: A) Hoja. B) Bráctea. C) Cáliz. Marcas en rojo, semi-marcas en verde y puntos de ayuda en azul.

Digitalización, superposición y alineamiento de marcas

Las coordenadas cartesianas de cada punto fueron registradas sobre las fotografías de las estructuras utilizando el software tpsDig Versión 2.16 (Rohlf, 2010), en una pantalla Samsung SyncMasterSA100 de 22 pulgadas. En las configuraciones de coordenadas de cáliz y hoja se llevó a cabo una superposición Procrustes; en el caso de la bráctea, al tratarse de una estructura asimétrica con variación en la inclinación del ápice, se empleó la superposición Sliding base registration (SBR), designando los puntos de la base y ápice como “línea base”. Las superposiciones se hicieron utilizando CoordGen (Sheets, 2004a) y las semi-marcas se alinearon en SemiLand (Sheets, 2004a), donde los puntos de ayuda se descartaron.

ii. Caracteres cualitativos y estados de carácter

A partir de la observación de ejemplares de herbario y de consulta de literatura (Epling, 1939, 1940 y manuscrito no publicado; Espejo y Ramamoorthy, 1993; Klitgaard, 2012) se obtuvieron datos morfológicos vegetativos y reproductivos que se emplearon como caracteres cualitativos; las formas de bráctea, hoja y cáliz no se consideraron, pues éstas se incluyeron como caracteres cuantitativos continuos (coordenadas de morfometría geométrica). Todos los caracteres se codificaron como binarios o multiestado. La matriz se presenta en el Cuadro 4.

1. Tubérculo caulinar: (0) no desarrollado; (1) desarrollado.

La sección *Lavanduloideae* se distingue por presentar un tubérculo caulinar grueso y leñoso, mientras que las especies del grupo externo, pertenecientes a otras secciones, carecen de éste.

2. Altura: (0) hasta 0.4 m; (1) de 0.5 m hasta 1 m; (2) más de 1.5 m (hasta 2.5 m).

En general, *Lavanduloideae* contiene hierbas o sufrútices de 0.3 a los 2 m. Sin embargo, destacan hierbas que no rebasan los 0.3-0.4 m, sufrútices que no miden más de 1-1.3 m. *Salvia lavanduloides* por otro lado, es una sufrútice que puede llegar a medir cerca de 2 m; lo mismo sucede con algunas especies del grupo externo.

3. Tallos: (0) erectos desde la base; (1) rastrero en la base.

Algunas *Lavanduloideae* de apariencia escaposa presentan tallos rastreros en la base, mientras el resto de las especies tiene tallos erectos desde la base.

4. Hojas distales: (0) desarrolladas; (1) no desarrolladas.

La presencia de hojas distales no desarrolladas ha sido utilizada como carácter para la identificación de algunas especies de la sección, de manera general el estado de carácter más ampliamente distribuido entre las especies es la presencia de las hojas distales desarrolladas,

como en el caso de *Salvia lavanduloides*. *Salvia scaposa* presenta polimorfismo en este carácter, pues según observaciones de campo, cuando se encuentra en una ladera con exposición al sol, desarrolla únicamente hojas hacia la base; mientras que cuando se está en el sotobosque, desarrolla hojas distales. Para dicha especie el estado de carácter se codificó como (0,1).

5. Indumento en el haz: (0) glabrado; (1) peloso.

En la sección *Lavanduloideae* son pocas las especies que carecen de indumento o presentan indumento diminuto, ya que la mayoría tienen haz hirsuto o pubescente. En las especies con indumento, la cantidad de éste es variable y posiblemente está relacionado con variables ecológicas, por lo que sólo se codificó el carácter como desarrollado o no.

6. Número de flores por verticilastro: (0) 2-5 flores; (1) más de 6.

Parece existir una tendencia en las especies de aspecto escaposo a presentar un número reducido de flores por verticilastro. Por otro lado, las especies erectas suelen presentar un mayor número de flores en los verticilastros, tal es el caso de *S. lavanduloides* o *S. subobscura* con 15 o más flores.

7. Orientación del cáliz: (0) erectos a divaricados; (1) reflejos.

Los cálices nutantes o reflejos son una característica de ciertas especies de *Lavanduloideae* y es empleado en su identificación. Este carácter se comporta como polimórfico en dos especies de *Lavanduloideae*, en las que el estado se codificó como (0,1).

8. Pubescencia del cáliz en anthesis: (0) glabrado; (1) indumentado; (2) pubescente a lanado.

Las especies con cálices glabrados como *S. scaposa* y *S. muscarioides*, son escasas, y presentan diminutos tricomas en las venas principales. La mayor parte de las especies, incluyendo a las del grupo externo, presentan cálices con un grado variable de indumento en la superficie; sin embargo, sólo dos especies con cálices densamente pubescentes o lanados; una de ellas es *S. cryptodonta*, que recibe su nombre por esta característica, pues la pubescencia en el cáliz es tan abundante que resulta difícil distinguir los lóbulos del mismo.

9. Posición del ápice del lóbulo inferior del estilo: (0) recto; (1) reflexo; (2) inflexo.

En este carácter, la mayor diferencia se encuentra a nivel de secciones, es decir entre los grupos interno y externo. La sección *Lavanduloideae* presenta un lóbulo inferior con el ápice recto (fig. 7A), al igual que *S. polystachya*. *Salvia tiliifolia* tiene un ápice reflexo y *S. protracta*, inflexo.

10. Ángulo entre los lóbulos del estilo: (0) de 0° a 84°; (1) de 85° a 90°; (2) de 91° a 180°.

Este carácter también varía entre secciones, en *Lavanduloideae* el ángulo entre los lóbulos es breve, de menos de 90°, mientras que en *S. polystachya* y *S. tiliifolia* el ángulo es de 90° y en *S. protracta* es de alrededor de 100°, característica típica de la sección *Sigmoideae*.

11. Forma del lóbulo inferior del estilo: (0) acuminado; (1) agudo; (2) obtuso.

La forma del lóbulo inferior del estilo es distinta entre secciones, va desde acuminado (*S. polystachya*), agudo (*S. tiliifolia* y *S. protracta*) a obtuso en la sección *Lavanduloideae* (fig. 7A).

12. Proporción lóbulo superior-inferior del estilo: (0) 1:1; (1) 2:1; (2) 3:1.

Las diferencias en tamaño de los lóbulos estigmáticos son caracteres que Epling (1939) empleó para distinguir secciones. En *S. tiliifolia* los lóbulos son iguales o subiguales, mientras que en las demás especies existen diferencias, aquí descritas como 2:1 en las otras dos especies del grupo externo y 3:1 en *Lavanduloideae* (fig. 7A).

13. Proporción de la parte anterior y posterior del conectivo con respecto al punto de inserción del filamento: (0) parte posterior más corta; (1) parte posterior más larga.

La estructura del gubernáculo es distinta entre secciones (Epling, 1939), parte de la variación está dada por la ubicación del punto de inserción del filamento, pues divide al gubernáculo en una parte posterior y otra anterior (fig. 7B), donde la primera puede ser más larga como en *Lavanduloideae* y *S. protracta*; o más corta (*S. polystachya* y *S. tiliifolia*).

14. Forma del conectivo en la parte distal del punto de inserción del filamento: (0) recto; (1) geniculado.

Este carácter varía entre secciones, en el caso de *S. polystachya* y *S. tiliifolia* el conectivo es recto, pero en *S. protracta* y *Lavanduloideae* es geniculado (fig. 7C).

15. Forma del diente de la parte ventral del gubernáculo: (0) redondeado; (1) truncado; (2) agudo.

Los gubernáculos suelen tener proyecciones o “dientes”, cuya presencia, ubicación y forma constituyen caracteres de importancia taxonómica (Epling, 1939), en el caso de las especies elegidas en el muestreo, éstas difieren únicamente en la forma del diente ventral, que puede ser redondeado (*S. tiliifolia*), truncado (*S. protracta*, fig. 7C) o agudo (*S. polystachya* y *Lavanduloideae*).

16. Dirección del diente ventral del gubernáculo: (0) antrorso; (1) retrorso.

Existen diferencias respecto a la dirección de los dientes ventrales del gubernáculo, pudiendo ser antrorsos como en *Lavanduloideae* y *S. protracta* (fig. 7B), o retrorsos como *S. polystachya* y *S. tiliifolia*.

Cuadro 4. Matriz de caracteres morfológicos cualitativos

Terminales	Caracteres cualitativos															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>S. polystachya</i>	0	2	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	2	1
<i>S. protracta</i>	0	2	0	0	1	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	0
<i>S. tillifolia</i>	0	2	0	0	1	1	0	1	2	1	1	0	0	0	0	1
<i>S. agnes</i>	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	2	2	1	1	2	0
<i>S. cryptodonta</i>	1	2	0	0	1	1	0	2	0	0	2	2	1	1	2	0
<i>S. exilis</i>	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	2	2	1	1	2	0
<i>S. guadalajarensis</i>	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	2	2	1	1	2	0
<i>S. helianthemifolia</i>	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	2	2	1	1	2	0
<i>S. heterofolia</i>	1	0	1	0	0	0	0,1	0	0	0	2	2	1	1	2	0
<i>S. lavanduloides</i> (típica)	1	2	0	0	1	1	0	1	0	0	2	2	1	1	2	0
<i>S. lavanduloides</i> var. <i>hispida</i>	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	2	2	1	1	2	0
<i>S. lavanduloides</i> var. <i>latifolia</i>	1	2	0	0	1	1	0	1	0	0	2	2	1	1	2	0
<i>S. lavanduloides</i> (inflorescencia paniculada)	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	2	2	1	1	2	0
<i>S. lavanduloides</i> (inflorescencia laxa)	1	2	0	0	1	1	0	1	0	0	2	2	1	1	2	0
<i>S. moniliformis</i>	1	1	0	0	1	1	0	2	0	0	2	2	1	1	2	0
<i>S. muscarioides</i>	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2	1	1	2	0
<i>S. rzedowskii</i>	1	2	0	0	1	1	0	1	0	0	2	2	1	0	2	0
<i>S. scaposa</i>	1	1	1	0,1	0	0	1	0	0	0	2	2	1	1	2	0
<i>S. semiscaposa</i>	1	1	1	1	1	1	0,1	1	0	0	2	2	1	1	2	0
<i>S. stachyoides</i>	1	1	0	0	0	1	0	2	0	0	2	2	1	1	2	0
<i>S. subobscura</i>	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	2	2	1	1	2	0
<i>S. teresae</i>	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	2	2	1	1	2	0

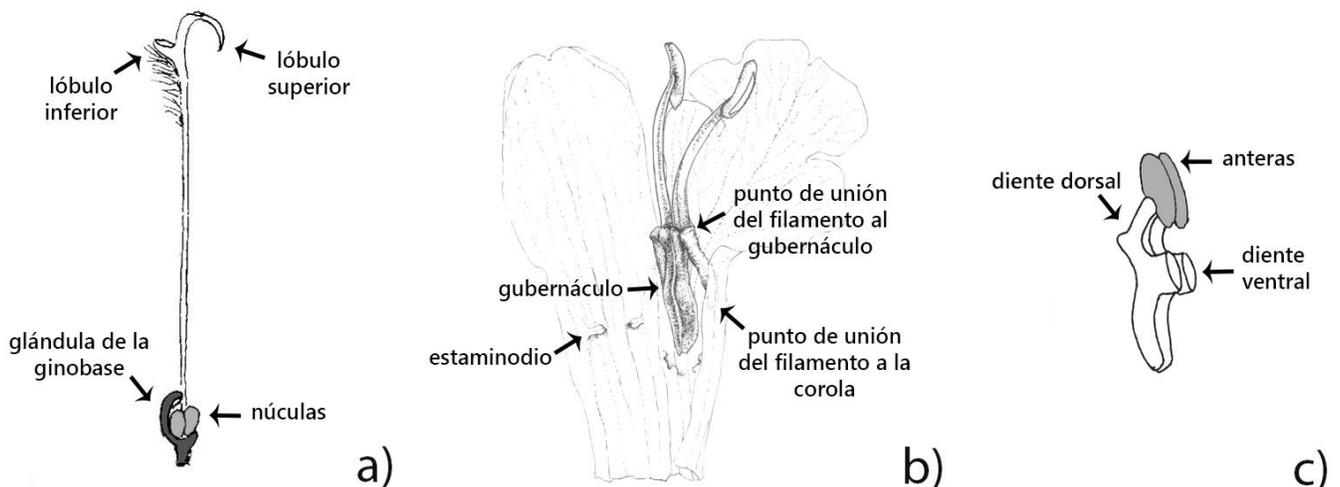


Figura 7. A) Estilo y núculas de *Salvia lavanduloides*, donde se aprecia la forma obtusa del lóbulo inferior y la proporción que guardan ambos lóbulos (Ilustración de Ramiro Cruz). B) Corola de *Salvia* sp., se observa la disposición del androceo con respecto a la corola y los puntos de unión del filamento al gubernáculo (Ilustración de Teresa Jiménez). C) Gubernáculo de *Salvia protracta* (*Sigmoideae*), donde se observa la forma truncada del diente ventral (Tomado de Espejo y Ramamoorthy (1993)).

Obtención de caracteres moleculares

Selección de marcadores moleculares

a) **Región de los espaciadores transcritos internos (ITS):** Los espaciadores transcritos internos, ITS1 e ITS2 son sitios no codificantes que forman parte del DNA ribosomal (rDNA) del núcleo, están flanqueados por regiones altamente conservadas como los genes 28S, 5.8S y 16S, razón por la cual se pueden utilizar primers universales para su amplificación (Soltis y Soltis, 1998). Los productos de los transcritos no se incorporan a los ribosomas; sin embargo, desempeñan un papel en la maduración de los rRNAs ribosomales y se considera que se encuentran bajo algún tipo de selección sobre estructura y secuencia, sugerido por el tamaño de las regiones ricas en citosina y guanina que contienen. El tamaño de los espaciadores es relativamente corto (menos de 300 pb cada uno) y la mayoría de la variación encontrada en las secuencias de ITS es debida a las mutaciones puntuales, lo cual requiere postular la existencia de un eventos de inserción-delección (Baldwin, 1995). La evolución rápida de estas regiones permite que se utilicen en la comparación a nivel de géneros cercanamente relacionados y entre especies (Baldwin, 1995; Soltis y Soltis, 1998). Existen miles de copias de ITS que se repiten en el genoma nuclear; éstas pueden encontrarse en tándem en un *locus*, o en múltiples *loci*, incluso en distintos cromosomas. Las múltiples copias de ITS son homogenizadas por un proceso conocido como evolución concertada, lo que permite que sean utilizadas como estimadores filogenéticos (Baldwin, 1995). No obstante, la dinámica de la evolución concertada en el rDNA no se conoce por completo (Soltis y Soltis, 1998) y en ocasiones no es suficiente para homogenizar todas las copias de ITS, existiendo el riesgo de muestrear secuencias con diferentes historias evolutivas e inferir relaciones filogenéticas erróneas (Baldwin, 1995; Soltis y Soltis, 1998; Álvarez y Wendel, 2003). Al detectarse la presencia de parálogos divergentes (es decir genes homólogos que tras un evento de duplicación, evolucionaron de manera independiente), es necesario que se aíslen, clonen y secuencien por separado (Baldwin, 1995; Álvarez y Wendel, 2003). En ocasiones, las secuencias divergentes de ITS pueden emplearse para documentar eventos de hibridación y polipliodización, dando información sobre las especies parentales (Baldwin, 1995; Álvarez y Wendel, 2003). En Lamiaceae, *loci* parálogos han sido reportados en los géneros *Monarda* (Prather *et al.*, 2002) y *Rosmarinus* (Rosselló *et al.*, 2006). Para *Salvia* subgénero *Calopshace* no existen reportes de paralogía en esta región.

Dentro del género *Salvia*, la región ITS se ha utilizado para determinar las relaciones filogenéticas entre los géneros de la tribu Mentheae (Walker y Systma, 2007) y al interior del subgénero *Calosphace* (Walker *et al.*, 2006; Jenks, 2009; Jenks *et al.*, 2011) en combinación con las regiones de los espaciadores intergénicos del cloroplasto *trnL-trnF* y *trnH-psbA*, o sólo con la segunda (Jenks *et al.*, 2012).

b) Región del intrón *trnL* (UAA) 5' y el espaciador intergénico entre el exón *trnL* (UAA) 3' y el gen *trnF* (GAA): Es una región con dos fragmentos no codificantes, que se encuentra en el cloroplasto (cpDNA). El intrón *trnL* está ubicado entre los exones 5' y 3' del gen que codifica RNA de transferencia (tRNA) para la leucina, *trnL* (UAA); mientras que el espaciador *trnL-trnF* está entre el exón 3' del gen *trnL* y el gen que codifica el tRNA de la fenilalanina, *trnF* (GAA) (Gielly y Taberlet, 1994; Shinozaki *et al.*, 1986). Estas regiones son relativamente pequeñas; el intrón *trnL* va de los 250-1400 pb y el espaciador intergénico (IGS por sus siglas en inglés) *trnL-trnF* tiene 100~500 pb en las plantas con semilla que se han muestreado. Esta región se ha utilizado para inferir relaciones filogenéticas desde el nivel de familia hasta especies (Soltis y Soltis, 1998; Shaw *et al.*, 2005); de manera general, se asume que las regiones no codificantes pueden ser utilizadas para establecer relaciones a niveles taxonómicos bajos, pues al encontrarse bajo menor presión de selección que las regiones codificantes, presentan mayores niveles de variación (Gielly y Taberlet, 1994). El intrón *trnL* junto con el espaciador intergénico *trnL-trnF* son de las regiones no codificantes más ampliamente utilizadas en la reconstrucción filogenética debido a la facilidad con la que se pueden coamplificar. A pesar de llegar a ser más largo, el intrón *trnL* posee igual o menor número de caracteres informativos que el espaciador, pues su secuencia se encuentra más conservada ya que, debe adoptar una estructura secundaria que permita su correcta remoción durante las modificaciones postranscripcionales (Shaw *et al.*, 2005).

En *Salvia*, ambas regiones se han empleado junto con el gen *rbcL* para inferir relaciones genéricas dentro de la tribu Mentheae (Walker *et al.*, 2004; Walker y Systma, 2007) y al interior del subgénero *Calosphace* (Walker *et al.*, 2006; Jenks, 2009; Jenks *et al.*, 2011), junto con el espaciador del cloroplasto entre los genes *trnH* y *psbA* y la región nuclear de los ITS.

Extracción de DNA

Para realizar la extracción de DNA se seleccionaron ejemplares de herbario pertenecientes a la sección *Lavanduloideae*; adicionalmente, se decidió muestrear especies mexicanas pertenecientes a secciones escasamente o no representadas en los esfuerzos

previos de secuenciación de Walker *et al.* (2004), Walker y Systma (2007) y Jenks *et al.*, (2011, 2012). Los ejemplares que fueron seleccionados pertenecen a las colecciones de los herbarios FCME, IBUG y MEXU. La extracción de DNA se realizó a 63 ejemplares de herbario (Apéndice III), utilizando una modificación de método 2x CTAB (Doyle y Doyle, 1987), descrita en Salazar *et al.* (2003).

Las muestras, en su mayoría fragmentos de hojas o brácteas no mayores a 5×5 mm, fueron congeladas y posteriormente molidas, utilizando un balón de tungsteno en un disruptor de tejidos (“Tissuelyser LT, QIAGEN”), por dos intervalos de 2 minutos, a 50 oscilaciones por segundo; posteriormente, las muestras fueron centrifugadas durante un minuto a 13,000 revoluciones por minuto. Se agregó a cada muestra centrifugada 500 µl de CTAB con 0.4% de 2-mercaptoetanol, previamente calentado a 65°C, y se incubó por 30 minutos. La extracción se realizó con una mezcla de cloroformo: alcohol isoamílico (24:1), mezclando suavemente varias veces por 30 minutos. El extracto se centrifugó a 9,000 revoluciones por minuto, durante 10 minutos y la fase acuosa se transfirió a un tubo de 1.5 µl limpio, donde se precipitó el ADN, con lo equivalente a 2/3 del volumen del extracto de 2-propanol, preenfriado a -20°C, invirtiendo suavemente el tubo. El extracto se dejó reposar por 2-3 horas a -20°C. Posteriormente, se centrifugó a 13,000 revoluciones, por minuto durante 5 minutos y se descartó el sobrenadante; el precipitado fue lavado al añadirle 500 µl de alcohol etílico al 70% y centrifugado a 13,000 revoluciones por minuto, durante 3 minutos. El etanol se descartó y se secó el precipitado en la centrífuga de vacío, por 25 minutos a temperatura ambiente. Finalmente, el precipitado seco fue resuspendido en 50 µl de buffer Tris-EDTA, o en agua inyectable y almacenado a -20°C. La presencia de ADN de alto peso molecular fue constatada por medio de electroforesis en un gel de agarosa al 1%, teñido con GelRed (Biotium).

Amplificación y secuenciación

La estrategia de amplificación que se siguió fue PCR semi-anidada, usando las diferentes combinaciones de primers, mostradas en el cuadro 5, que se encuentran en el orden en que fueron utilizadas. Al evaluar el producto de PCR en un gel de agarosa, con las características antes descritas, las muestras que carecían de bandas y las que presentaban bandas débiles, fueron reamplificadas con una combinación diferente de primers. En el caso de la región *trnL-trnF*, cuando el ADN se encontraba altamente degradado, fue necesario realizar una

reamplificación de la región, en dos fragmentos no solapados, empleando un primer externo y uno interno en cada combinación (cuadro 5).

Cuadro 5. Combinaciones de primers utilizadas en la amplificación de las regiones ITS y *trnL-trnF*.

Región	Combinación	Primer forward	Primer reverse	
ITS	1	ITS5	26SE	Amplificación en una sola pieza
	2	ITS5	ITS4	
<i>trnL-trnF</i>	1	trnC	trnF	Amplificación en dos fragmentos
	2	trnC	trnD*	
		trnE*	trnF	

*primers internos

El protocolo y programa a seguir para la amplificación de ambas regiones fue una modificación del descrito en Salazar *et al.* (2003). Las reacciones que se llevaron a cabo fueron de 25 µl, utilizando los reactivos y cantidades del cuadro 6 para cada muestra. El programa empleado fue el siguiente: etapa de pre-desnaturalización a 94°C durante 2 min; 32 ciclos con una etapa de desnaturalización de 1 min, a 94°C; seguido de una etapa de apareamiento de 30 segundos, a 52°C y elongación de 1 min, a 72°C; con una extensión final de 7 min a 72°C. En el caso de las reamplificaciones, se siguió el mismo programa pero con un número menor de ciclos (16-20), dependiendo de la calidad del producto de PCR sometido a reamplificación.

Cuadro 6. Reactivos utilizados en la amplificación de las regiones ITS y *trnL-trnF*

Reactivo	Cantidad
ADN total o producto de PCR	variable
H ₂ O	19.125 µl
Buffer 10×	2.5 µl
Suero de albúmina bovina (BSA)	1.0 µl
DNTPs mix (10 mM de cada DNTP)	0.5 µl
*Dimetil sulfóxido (DMSO)	0.5 µl
Primer Forward (10 pmol/ µl)	0.25 µl
Primer Reverse (10 pmol/ µl)	0.25 µl
Cloruro de Magnesio (MgCl ₂) (25 mM)	0.75 µl
DNA polimerasa (5 U/ µl)	0.125 µl

*sólo utilizado en la amplificación de ITS

Secuenciación, edición y alineamiento de secuencias

La secuenciación fue llevada a cabo por el método de Sanger en el High Throughput Genomics Center de Washington, EUA y en el Instituto de Biología de la U.N.A.M. Para el envío, se colocaron 10 µl (por primer, es decir, para ITS en total 20 µl y para *trnL-trnF* 40 µl)

del producto de PCR sin purificar, en placas de 96 pozos y se llenaron placas con los primers correspondientes.

Los cromatogramas fueron analizados y editados utilizando el programa Sequencher versión 4.8 (Gene Codes Corp., Ann Arbor, Michigan). Posteriormente, las secuencias fueron alineadas utilizando la versión en línea del programa MUSCLE (Edgar, 2004).

Codificación de eventos de inserción-delección (gaps o indels)

Los eventos de inserción-delección son resultado de errores en la replicación de la información genética (Vandamme, 2009). En la matriz de datos moleculares se encontraron nueve eventos de inserción-delección de una base, los cuales se codificaron por el método simple propuesto por Simmons y Ochoterena (2000). La matriz de ausencia presencia es la siguiente:

Cuadro 7. Matriz de eventos de inserción-delección

Terminales	Eventos de inserción/delección								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>S. polystachya</i>	1	0	1	1	1	1	1	1	1
<i>S. protracta</i>	1	0	1	1	1	1	1	1	1
<i>S. tillifolia</i>	1	0	1	0	1	1	1	1	0
<i>S. agnes</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>S. cryptodonta</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>S. exilis</i>	?	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>S. guadalajarensis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>S. helianthemifolia</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>S. heterofolia</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>S. lavanduloides</i> (típica)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>S. lavanduloides</i> var. <i>hispida</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>S. lavanduloides</i> var. <i>latifolia</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>S. lavanduloides</i> (inflorescencia paniculada)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>S. lavanduloides</i> (inflorescencia laxa)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>S. moniliformis</i>	0	1	1	0	1	0	0	0	1
<i>S. muscarioides</i>	?	?	?	?	1	1	1	1	1
<i>S. rzedowskii</i>	1	0	1	1	1	1	1	1	1
<i>S. scaposa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>S. semiscaposa</i>	0	1	1	1	0	1	1	1	1
<i>S. stachyoides</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>S. subobscura</i>	0	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>S. teresae</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Análisis de datos

i. Análisis estadísticos de datos morfométricos

a) Análisis multivariado y univariado de distancias euclidianas

Para los análisis de distancias euclidianas, las medidas se agruparon en módulos por estructura (cuadro 8). En el caso de los módulos con más de una variable (e.g. corola con seis variables), se llevó a cabo un análisis de componentes principales para ordenar la variación y observar el comportamiento de cada medida. En los módulos con una variable (e.g. pecíolo), se hicieron análisis de varianza de una vía y una prueba de Tukey para obtener una lista de grupos homogéneos. Los análisis de componentes principales se llevaron a cabo en el programa JMP v. 8 (SAS Institute Inc.), mientras que las ANOVAs se hicieron en STATISTICA v. 8.0 (StatSoft Inc., 2007).

Cuadro 8. Módulos en los que se agruparon las medidas para su análisis

Tipo de análisis	Módulo	Estructura	Medidas incluidas
Multivariado	1	Bráctea	1) Largo; 2) ancho; 3) ancho de la base; 4) ancho cerca del ápice
	2	Cáliz	1) Largo al diente superior; 2) largo al diente inferior; 3) largo del tubo; 4) largo del diente superior; 5) largo del diente inferior; 6) ancho del diente superior
	3	Corola	1) Largo del tubo; 2) ancho de la garganta; 3) largo al lóbulo superior; 4) largo al lóbulo inferior; 5) largo del lóbulo superior; 6) largo del lóbulo inferior
	4	Lámina foliar	1) Largo; 2) Ancho de la hoja; 3) Ancho del ápice
Univariado	5	Entrenudos	Largo de los entrenudos
	6	Pecíolo	Largo del pecíolo
	7	Pedúnculo	Largo del pedúnculo
	8	Verticilastos	Distancia entre verticilastos
	9	Pedicelo	Largo del pedicelo

b) Análisis de morfometría geométrica

En total, se digitalizaron las fotos de 575 cálices, 755 brácteas y 701 hojas (de estos 490, 602 y 595 respectivamente, pertenecían a las especies de la sección *Lavanduloideae*), los cuales corresponden a la totalidad de la muestra para 22 taxa. Cabe mencionar que en los análisis estadísticos que a continuación se describen, solamente se incluyeron a las especies de la sección *Lavanduloideae*, para eliminar la influencia de las grandes diferencias morfológicas que existen entre *Lavanduloideae* y las especies de las secciones *Sigmoideae*, *Polystachyae* y *Angulatae*.

El análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés) se realizó en el programa PCAGen de la serie IMP (Sheets, 2004a). Los “scores” fueron re-graficados en el programa JMP v. 8 (SAS Institute Inc.).

Para el análisis de variables canónicas (CVA, por sus siglas en inglés), se utilizó el programa CVAGen de la serie IMP (Sheets, 2004a) y los valores de los componentes fueron re-graficados en el programa JMP v.8 (SAS Institute Inc). Los ejemplares sin identificación se agregaron después del análisis para hacer una prueba clasificatoria, y determinar a los grupos que a los que estos ejemplares son morfológicamente más semejantes.

Estrategias para reducción de variables (grados de libertad) para el CVA

Debido a que la proporción de F entre grupos requiere un tamaño de muestra mínimo respecto a un máximo de variables (Strauss, 2010), la reducción de variables se llevó a cabo en configuraciones de más de 20 marcas, considerando la simetría bilateral de las estructuras analizadas; las coordenadas alineadas se ingresaron al programa BigFix de la serie IMP (Sheets, 2004a), el cual explora configuraciones con un eje de simetría (designado por el usuario y ubicado a lo largo del eje x) y marcas pareadas correspondientes a lo largo del eje. Cada par de marcas se promedia para dar como resultado un solo punto para cada uno de los pares, el cual se encuentra en la parte positiva del eje de simetría (Sheets, 2004b), reduciendo así el número de variables a analizar estadísticamente. Este procedimiento se utilizó para la configuración de hoja; en el caso de la bráctea no se empleó debido a que durante la digitalización de puntos se observó asimetría en el ápice.

Análisis de agrupamientos (UPGMA)

Con el fin de comparar con los resultados del CVA se realizó un análisis de agrupamiento por similitud total. Para cada especie, se calcularon las coordenadas de la forma promedio en SemiLand (Sheets, 2004a). Las coordenadas Procrustes se convirtieron a formato “tps” en CoordGen (Sheets, 2004a). Para obtener una matriz de distancias procrustes entre especies, se empleó tpsSmall v. 1.20 (Rohlf, 2003) y se ingresó a NTSYSpc v. 2.02i (Rohlf, 1989-98) para hacer el análisis de agrupamiento mediante el método de UPGMA.

ii. Análisis filogenéticos

a) Análisis filogenético de secuencias de DNA

-Filogenia molecular de *Salvia* subgénero *Calosphace*

Se analizó una matriz constituida por secuencias de las regiones ITS y *trnL-trnF* para 236 taxa. Al integrar secuencias de Jenks *et al.* (2012) para ITS, 85 especies (42% del total) carecieron de la región *trnL-trnF*, estos datos ausentes se codificaron como faltantes (?). Para el análisis, se excluyeron los extremos de las secuencias en las dos regiones, puesto que son partes conservadas, correspondientes a genes o exones, y en la mayoría de los taxa, estas partes estaban incompletas y/o contenían errores de secuenciación. En el caso de ITS los fragmentos de los extremos pertenecían a partes del gen 18S (inicio) y 26S (fin); mientras que en la región *trnL-trnF*, el extremo inicial correspondía al exón 5' de *trnL* y el extremo final al exón *trnF*. Debido a que ambos marcadores moleculares han sido empleado en conjunto para el subgénero *Calosphace* y han resultado congruentes (Jenks *et al.*, 2011); las secuencias de las dos regiones se concatenaron en Mesquite (Maddison y Maddison, 2011), con el fin de llevar a cabo un análisis combinado que incluyera las mismas terminales empleadas por Jenks *et al.* (2012).

El análisis bajo el criterio de **parsimonia**, se hizo en el programa TNT (Goloboff *et al.*, 2008). Se emplearon como estrategias de búsqueda una combinación de los métodos de “Nueva tecnología” (Goloboff, 1999b): Búsqueda sectorial (SS), deriva de árboles (DFT) y fusión de árboles (TF); además se utilizó “Ratchet” (Nixon, 1999b). Se realizaron réplicas hasta llegar 1,000 veces a la longitud mínima. Todos los caracteres se trataron como no ordenados y se les otorgó el mismo peso. El soporte de las ramas fue evaluado con análisis de Bootstrap y Jackknife, con 1,000 réplicas cada una.

Para calcular las probabilidades posteriores de cada clado, se hizo un análisis **bayesiano** donde se incorporaron modelos diferentes para cada una de las regiones. Los modelos de sustitución molecular fueron estimados utilizando el programa jModelTest versión 3.7 (Posada y Crandall, 1998), y se eligieron siguiendo el criterio de Información de Akaike; para la región de ITS el modelo seleccionado fue GTR+I+G y, GTR+G para la región *trnL-trnF*, ambos modelos tienen seis parámetros con distribución gamma; sin embargo, el primero incorpora una proporción de sitios invariables. La matriz concatenada fue dividida en las dos

particiones correspondientes y los modelos fueron implementados para cada partición; el análisis se llevó a cabo en el programa MrBayes v. 3.2.1 (Ronquist *et al.*, 2011), donde se corrieron cuatro cadenas de Markov simultáneas por 20,000,000 generaciones, con un muestreo cada 5,000 generaciones; la estabilización se alcanzó en la generación 2,000,000 y se descartaron las primeras 2,500,000 generaciones como “*burn-in*”, con los árboles restantes se calculó el consenso de mayoría como estimación de las probabilidades posteriores de los clados.

-Filogenia molecular de *Salvia* sección *Lavanduloideae*

Para comparar la cantidad de información que proporcionan los caracteres moleculares en el establecimiento de hipótesis de relación con respecto a los caracteres morfológicos, se llevó un análisis filogenético con las mismas unidades taxonómicas (22 taxa: 19 especies de la sección *Lavanduloideae* y tres de otras secciones, ver Diseño de muestreo). La matriz contó con 1382 caracteres (626 correspondientes a la región ITS y 743 del intrón *trnL* junto con el espaciador entre los genes *trnL* y *trnF*). A diferencia del análisis de 236 taxa, que se realizó en TNT (Goloboff *et al.*, 2008), el análisis de **parsimonia** para la sección *Lavanduloideae* se realizó en NONA versión 2 (Goloboff, 1999a) a través de WinClada versión 1.00.18 (Nixon, 2002), ya que TNT es un programa diseñado principalmente para el análisis de matrices con un gran número de terminales (Goloboff, 1999b). Se hizo un ratchet de 1,000 iteraciones, guardando dos árboles por iteración y el soporte de ramas se evaluó con Bootstrap y Jackknife de 1,000 réplicas. En el análisis **bayesiano**, para este grupo de terminales los modelos empleados fueron HKY+I+G para ITS y HKY para la región *trnL-trnF*; ambos son modelos de dos parámetros. Se utilizó MrBayes v. 3.2.1 (Ronquist *et al.*, 2011) para el análisis, se corrieron cuatro cadenas de Markov simultáneas por 5,000,000 generaciones, con un muestreo cada 5,000 generaciones; la estabilización se alcanzó en la generación 200,000 y se descartaron las primeras 250,000 generaciones como “*burn-in*”.

Análisis de datos morfológicos y de evidencia total

Se construyó una matriz de 22 terminales (Ver diseño de muestreo) con datos provenientes de distintas fuentes, formando los siguientes bloques:

- 1) **Bloque de caracteres moleculares:** comprende 1382 caracteres moleculares; 626 de la región nuclear de los transcritos internos del ribosoma (ITS) y 743 del intrón *trnL* junto con el espaciador intergénico entre los genes *trnL* y *trnF* del cloroplasto.
- 2) **Bloque de caracteres de distancias:** incluye doce caracteres cuantitativos continuos de las medidas tomadas. Siete corresponden a los promedios de los valores de los componentes principales de los módulos multivariados (el primer componente de bráctea y los primeros dos componentes de cáliz, corola y hoja) y cinco a promedios de los módulos univariados (Cuadro 8).
- 3) **Bloque de caracteres de forma:** Estos caracteres consisten en las formas promedio de dos configuraciones de coordenadas Procrustes derivadas de los análisis de morfometría geométrica para describir la forma de los dientes del cáliz y la hoja.
- 4) **Bloque de caracteres cualitativos:** 25 caracteres discretos: 16 cualitativos derivados de las observaciones sobre las características morfológicas de las especies (cuadro 4) y nueve eventos de inserción-delección (cuadro 7), codificados por el método simple (Simmons y Ochoterena, 2000). Cabe mencionar que los eventos de inserción-delección solamente se emplearon en el análisis de evidencia total, pues resultaron congruentes y aumentaron la resolución de los árboles obtenidos, a diferencia del efecto que tuvieron en el análisis filogenético de secuencias.

Para los análisis siguientes se consideraron los bloques anteriores en diferentes combinaciones. Ambos análisis se llevaron a cabo en el programa TNT (Goloboff *et al.*, 2008), pues permite la incorporación de caracteres cuantitativos continuos (Goloboff *et al.*, 2006), al igual que coordenadas x, y (Catalano *et al.*, 2010; Goloboff y Catalano, 2011; Catalano y Goloboff, 2012) sin discretizar.

b) Análisis filogenético de evidencia morfológica

Se conformó una matriz con los bloques de caracteres de distancias, de forma y cualitativos (excluyendo los eventos de inserción-delección). Para el análisis de esta matriz combinada con datos de morfometría geométrica, se empleó el script “*Landcombsch.run*”, que realiza

intercambio de ramas por bisección-reconexión (TBR), sobre los árboles de Wagner que se generan y solamente uno se guarda por réplica (Catalano, 2011). El script se modificó a 10 réplicas con un argumento =4 (análisis más riguroso), posteriormente se optimizaron las configuraciones de las coordenadas x, y de los puntos (Catalano y Goloboff, 2012) en los árboles obtenidos. El soporte de ramas se evaluó con los índices de Bootstrap y Jackknife, con 1,000 perturbaciones cada uno.

c) Análisis filogenético combinado o de evidencia total

Un análisis simultáneo, combinado o de evidencia total es aquel que incorpora evidencia de distintas fuentes en una matriz de datos combinados que después se analizan en conjunto (Nixon y Carpenter, 1996). Los análisis simultáneos maximizan el poder explicativo de los datos (Kluge y Wolf, 1993) y existe evidencia empírica de que los análisis combinados de bloques de datos con homoplasia sustancial llegan a producir resultados con mayor congruencia que los que se obtendrían de análisis separados de cada bloque (Schuh, 2000).

Es por lo anterior que se decidió reunir las matrices de datos obtenidas de distintas fuentes en este trabajo para llevar a cabo un análisis de evidencia total para la sección *Lavanduloideae* junto con el complejo *Salvia lavanduloides*. La matriz estuvo formada por los cuatro bloques de caracteres descritos anteriormente. Para el análisis, se empleó el mismo script y parámetros del apartado previo.

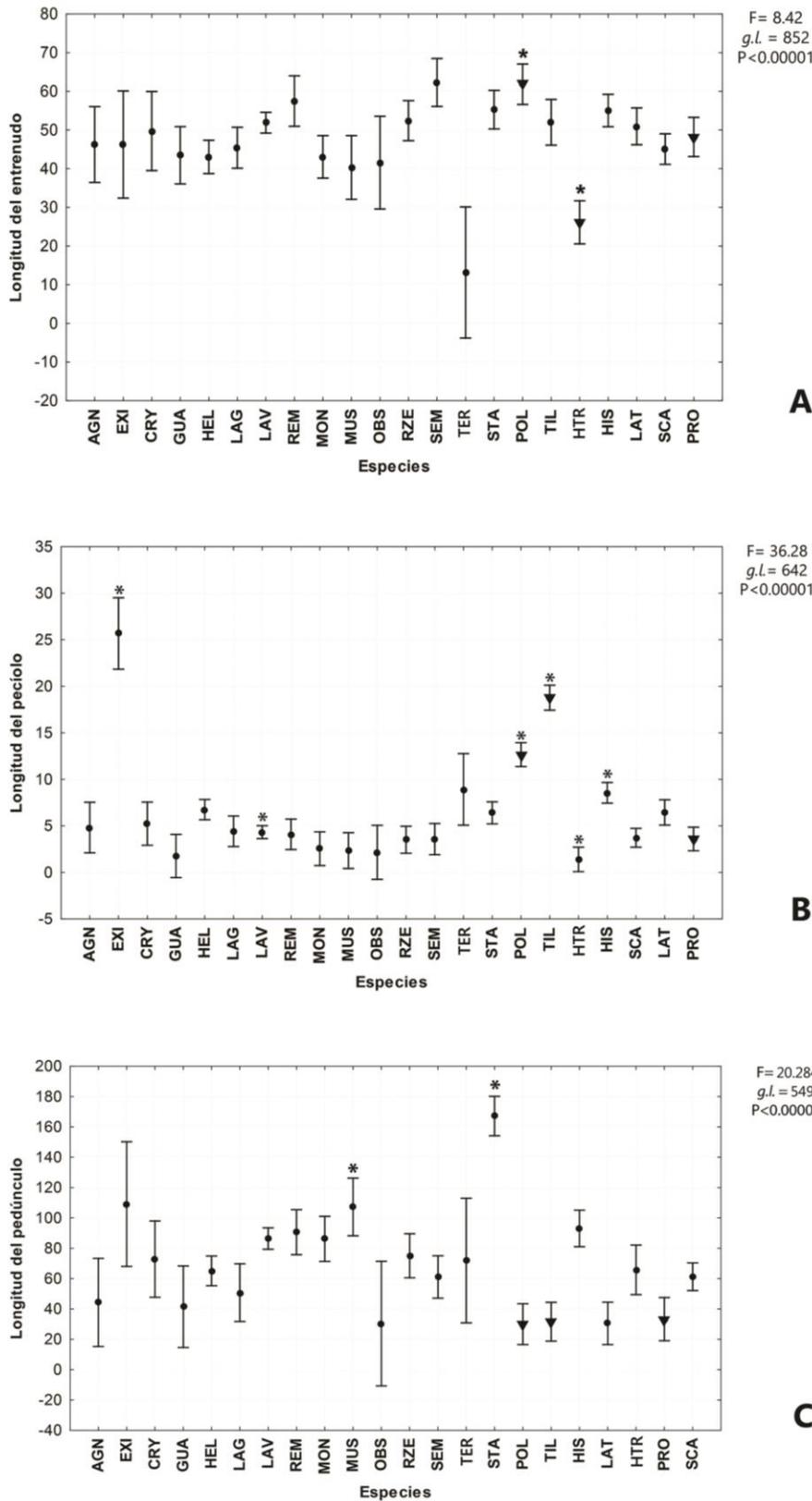
V. Resultados

i. Análisis estadísticos de datos morfométricos

1. Análisis estadísticos de distancias euclidianas

- **Entrenudos:** El análisis de varianza indica que en la longitud de los entrenudos, al menos una de las especies es diferente (fig. 8A). En la gráfica se encuentran marcadas con asterisco las especies que en la prueba de Tukey de grupos homogéneos pertenecen a un grupo sin ambigüedad (cuadro 21, apéndice V); dichas especies son *Salvia polystachya* (POL) y *S. heterofolia* (HTR). Este carácter es potencialmente informativo a nivel de sección.
- **Peciolo:** El valor del estadístico F obtenido indica que al menos una de las especies tiene una media distinta (Fig. 8B). Para identificar a dichas especies se llevó a cabo una prueba de Tukey, en la figura 8B las especies con clasificación sin ambigüedad están resaltadas. La mayoría de las especies de la sección *Lavanduloideae* están incluidas en los primeros cuatro grupos (cuadro 21, apéndice V) y los valores de longitud se superponen (fig. 8B), solamente *S. exilis* (EXI) se encuentra en el último grupo, siendo la única especie de la sección con pecíolos largos. Este carácter es informativo para distinguir a *Lavanduloideae* del grupo externo y dentro de la sección para diferenciar a *Salvia exilis*.
- **Pedúnculo:** En la longitud del pedúnculo existen diferencias significativas entre medias (Fig. 8C), la prueba de Tukey muestra que *S. stachyoides* (STA) es diferente a todas las especies, con excepción de *S. exilis* (EXI). La primera especie y *S. muscarioides* (MUS) son las únicas especies que pertenecen a grupos sin ambigüedad (Fig. 8C; cuadro 21, apéndice V). El carácter puede ser potencialmente informativo al interior de la sección. A pesar de que la sección *Lavanduloideae* se describe como un grupo con pedúnculos alargados, la mayoría de las especies no muestran diferencias con respecto al grupo externo.
- **Verticilastros:** En longitud de verticilastros existen diferencias significativas (fig. 9A), *S. scaposa* (SCA) es diferente a todas las demás especies excepto *S. teresae* (TER). Tres especies de la sección *Lavanduloideae* y una del grupo externo pertenecen a grupos sin ambigüedad (fig. 9A; cuadro 21, apéndice V). Este carácter ha sido utilizado para separar a *S. lavanduloides* de *S. moniliformis* o *S. remota*. En este caso el morfotipo con verticilastros alargados de *S. lavanduloides* (REM) es significativamente diferente al

morfotipo típico (LAV). La distancia entre los verticilastos es un carácter potencialmente informativo tanto a nivel de secciones, como al interior de *Lavanduloideae*.



A

Figura 8. Análisis de varianza entre las especies de la sección *Lavanduloideae* y el grupo externo. A) Longitud de los entrenudos. B) Longitud del peciolo. C) Longitud del pedúnculo. ▼ Especies del grupo externo, * especies que pertenecen a algún grupo homogéneo de la prueba de Tukey sin ambigüedad.

B

Los rombos representan a las especies del grupo externo:

- AGN= *S. agnes*
- CRY= *S. cryptodonta*
- EXI= *S. exilis*
- GUA= *S. guadalajarensis*
- HEL= *S. helianthemifolia*
- HIS= *S. lavanduloides* var. *hispida*
- HTR= *S. heterofolia*
- LAG= *S. lavanduloides* morfotipo de inflorescencia paniculada
- LAT= *S. lavanduloides* var. *latifolia*
- LAV= *S. lavanduloides*
- MON= *S. moniliformis*
- MUS= *S. muscarioides*
- OBS= *S. subobscura*
- ▼ POL= *S. polystachya*
- ▼ PRO= *S. protracta*
- REM= *S. lavanduloides* morfotipo de inflorescencia laxa
- RZE= *S. rzedowskii*
- SCA= *S. scaposa*
- SEM= *S. semiscaposa*
- STA= *S. stachyoides*
- TER= *S. teresae*
- ▼ TIL= *S. tiliifolia*

C

• **Pedicelo:** El análisis de varianza (fig. 9B) y prueba de Tukey indican que existen diferencias significativas; *S. tiliifolia* (TIL) tiene valores de longitud del pedicelo que la distinguen del resto de las especies estudiadas. También existen diferencias significativas entre pares de especies, por lo que este carácter es potencialmente informativo tanto a nivel de sección con *S. tiliifolia*, como dentro de la sección, ya que especies como *S. stachyoides* (STA) presentan pedicelos muy cortos, mientras que otras como *S. helianthemifolia* (HEL) se encuentran en el otro extremo. Estos taxa pertenecen a distintos grupos sin ambigüedad (fig. 9B; cuadro 21, apéndice V).

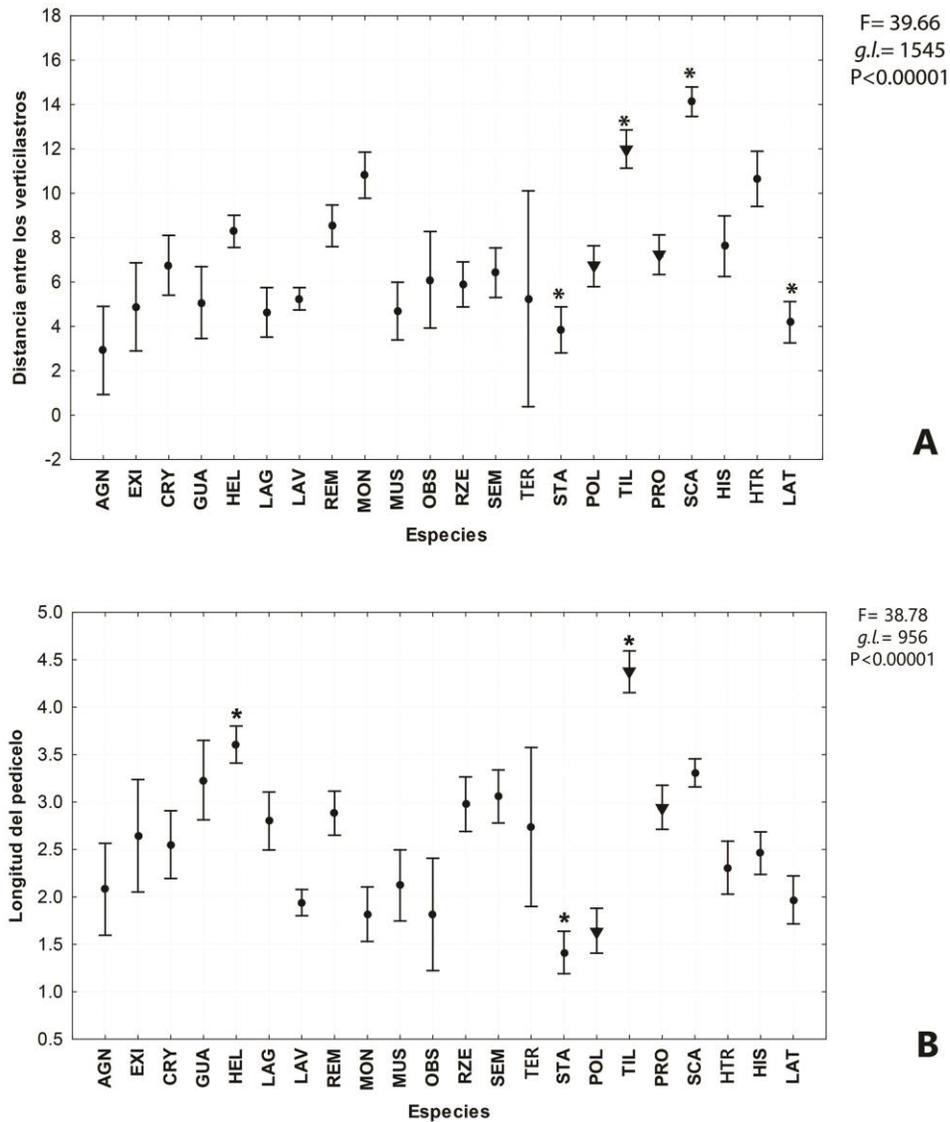
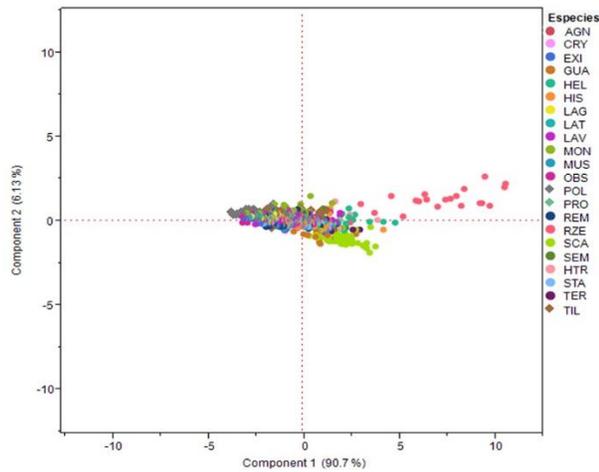


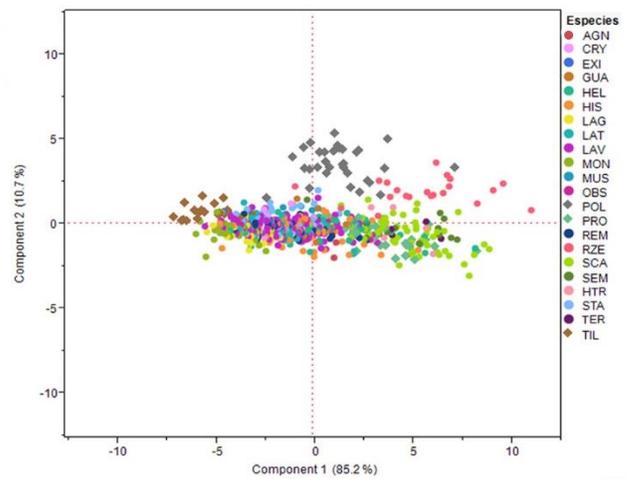
Figura 9. Análisis de varianza entre las especies de la sección *Lavanduloideae* y el grupo externo. A) Longitud de los verticilastos. B) Longitud del pedicelo. ▼ Especies del grupo externo, * especies que pertenecen a algún grupo homogéneo de la prueba de Tukey sin ambigüedad.

- **Cáliz:** El PCA se realizó con seis medidas (Cuadro 8); los dos primeros componentes explican el 96.83% de la variación (PC1= 90.70; PC2= 6.12). En el primer componente, las medidas que más contribuyen son: largo de la base al diente inferior, largo al diente superior y largo del tubo, mientras que al segundo componente contribuyen el largo del tubo y los largos de los dientes inferior y superior. Las medidas de longitudes totales a los distintos dientes resultan correlacionadas entre sí, al igual que las longitudes de los dientes inferior y superior. A lo largo del PC1, donde se observa la mayor variación, se distingue con mayor facilidad la nube de puntos que corresponde a *S. rzedowskii* (RZE) (fig. 10A); un ANOVA del PC1 ($F= 64.98$, $g.l.= 524$, $P < 0.00001$) seguida de una prueba de Tukey, que indica que esta diferencia es significativa con respecto a las medias de las demás especies (cuadro 22, apéndice V); también, existen diferencias significativas entre pares de especies. La variación sobre el eje del PC2 es reducida, destaca también *S. rzedowskii* (RZE). Este conjunto de caracteres es potencialmente informativo, para el análisis filogenético las medidas se reemplazaron por los valores de los dos primeros componentes.
- **Corola:** En este análisis se consideraron seis medidas (Cuadro 8). Los primeros dos componentes explican el 95.93% de la variación (PC1= 85.24%; PC2= 10.68). Las medidas que más contribuyen al PC1 son los largos de la base de la corola al lóbulo superior e inferior, así como el largo del lóbulo inferior. Al PC2 contribuyen las últimas dos medidas también. A lo largo del PC1 pueden observarse en el extremo negativo la nube correspondiente a *S. tiliifolia* (TIL), especie que se distingue por tener las flores más pequeñas, con los lóbulos inferiores más cortos; en el extremo positivo, por el contrario, está *S. scaposa* (SCA) que presenta los lóbulos inferiores más largos (fig. 10B); el resto de las especies tienen intervalos amplios de variación. En el PC2 destacan *S. polystachya* (POL) y *S. rzedowskii* (RZE) (fig. 10B), ambas especies tienen ambos lóbulos de la corola de una longitud similar, a diferencia del resto de las especies estudiadas. Un ANOVA del PC2 ($F= 60.66$, $g.l.= 567$, $P < 0.00001$) seguida de una prueba de Tukey, indica que esta diferencia es significativa para ambas especies con respecto a las medias de las demás especies (cuadro 22, apéndice V); también existen diferencias significativas entre pares de especies; los caracteres tratados en este módulo son potencialmente informativos. Los valores de los primeros dos componentes se emplearon en sustitución de las seis medidas de corola en el análisis filogenético.

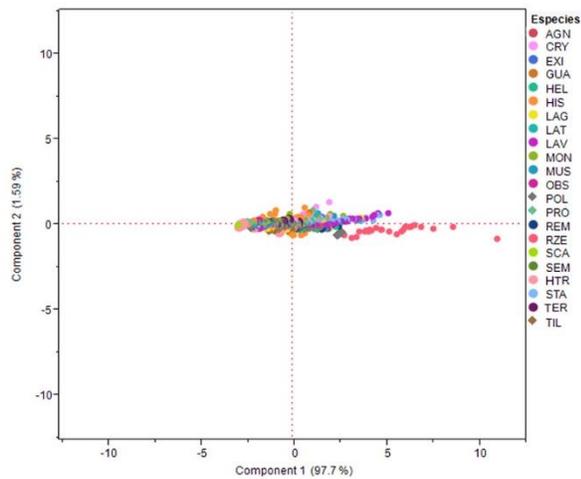
- **Bráctea:** El módulo considera cuatro medidas (Cuadro 8), las cuales se encuentran altamente correlacionadas; los primeros dos componentes explican el 99.29% de la variación (PC1= 97.69; PC2= 1.59). Casi el total de la variación está explicado por el PC1 (fig. 10C), donde la medida que más contribuye es el largo de la bráctea; la nube correspondiente a *S. rzedowskii* (RZE) es la más fácil de distinguir. Un ANOVA del primer componente (F= 36.03, *g.l.*= 696, P< 0.00001) indica que existen diferencias significativas entre las medias, una prueba de Tukey detecta que esta especie es significativamente diferente (cuadro 23, apéndice V); además, *S. stachyoides* (STA) es distinta de la mayoría de las especies. Debido a que el PC1 incluye más de 97% de la variación (valores cercanos a la combinación de dos PCs en las otras estructuras) y dado que el PC2 representa un valor muy bajo de la varianza de los datos originales, se decidió emplear solamente los valores del PC1 en el análisis filogenético en lugar de las cuatro medidas de bráctea.
- **Hoja:** La variación de tres medidas tomadas de la lámina foliar (Cuadro 8) se ordenó en un análisis de componentes principales (Fig. 10D). Los primeros dos componentes describen el 99.61% de la variación (PC1= 88.57, PC2= 11.03). Las tres variables están correlacionadas; sin embargo, hay una correlación más estrecha entre el largo de la lámina y el ancho del ápice. La variable que contribuye más al PC1 es el largo de la lámina, mientras que el ancho de la lámina contribuye en mayor parte al PC2. En el PC1, la mayoría de las especies presentan rangos amplios de variación; sólo *S. guadalajarensis* (GUA), *S. subobscura* (OBS) y *S. teresae* (TER), que presentan las hojas más cortas, son distinguibles; sin embargo, esta diferencia no es significativa. En el PC2 destacan *S. heterofolia* (HTR) y *S. muscarioides* (MUS) en la parte negativa del eje del componente, ambas son especies con hojas angostas; en el extremo positivo del eje están *S. tiliifolia* (TIL) y *S. polystachya* (POL), especies con las láminas foliares más anchas. El ANOVA (F= 180.44, *g.l.*= 642, P< 0.00001) y prueba de Tukey demuestran que las últimas dos especies son significativamente diferentes al resto (cuadro 23, apéndice V); también existen diferencias significativas entre otras especies, por lo que el carácter es potencialmente informativo a nivel de sección. En el análisis filogenético, los valores de los dos primeros componentes se incluyeron en sustitución de las tres medidas de hoja.



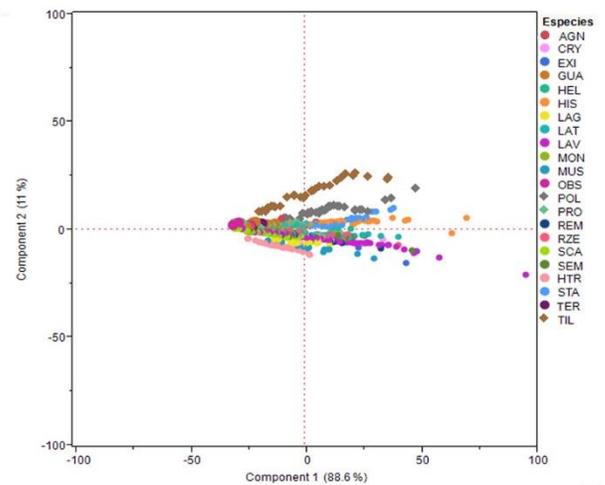
A



B



C



D

Figura 10. Análisis de componentes principales (PCA) por módulos. A) Cáliz (PC1=90.7; PC2= 6.13). B) Corola (PC1=85.2; PC2= 10.7). C) Bráctea (PC1=97.7; PC2= 1.59). D) Lámina foliar (PC1=88.6; PC2= 11). Los rombos representan a las especies del grupo externo: AGN= *S. agnes*, CRY= *S. cryptodonta*, EXI= *S. exilis*, GUA= *S. guadalajarensis*, HEL= *S. helianthemifolia*; HIS= *S. lavanduloides* var. *hispida*, HTR= *S. heterofolia*, LAG= *S. lavanduloides* morfotipo de inflorescencia paniculada, LAT= *S. lavanduloides* var. *latifolia*, LAV= *S. lavanduloides*, MON= *S. moniliformis*, MUS= *S. muscarioides*, OBS= *S. subobscura*, *POL= *S. polystachya*, *PRO= *S. protracta*, REM= *S. lavanduloides* morfotipo de inflorescencia laxa, RZE= *S. rzedowskii*, SCA= *S. scaposa*, SEM= *S. semiscaposa*, STA= *S. stachyoides*, TER= *S. teresae*, *TIL= *S. tiliifolia*.

2. Análisis de morfometría geométrica

2.1. Cáliz

En la forma del cáliz los dos primeros componentes explican el 66.9% de la varianza (PC1= 49.4%; PC2= 17.47). En el PC1 destacan en el cuadrante negativo las nubes de puntos correspondientes a *S. rzedowskii* (RZE) y *S. moniliformis* (MON), especies con los dientes del cáliz agudos, mientras que en el cuadrante positivo, resalta *S. exilis* (EXI), con los tres dientes

obtusos (fig. 11A). En el PC2 se observan, además de las especies antes mencionadas en el PC1, a *S. scaposa* (SCA), *S. guadalajarensis* (GUA) y *S. teresae* (TER) (fig. 11A), las cuales presentan el diente superior obtuso y dientes inferiores mucronados.

En el análisis de variables canónicas (CVA) se obtuvieron ocho CVs significativas (Cuadro 9), aunque en la última la diferencia es marginal (Cuadro 10). En el eje de la CV1 (Fig. 11B), las nubes que se identifican con mayor facilidad corresponden a *S. scaposa* (SCA) en el extremo negativo, y *S. rzedowskii* (RZE) en el positivo; estas especies poseen las formas de los dientes del cáliz más contrastantes de la sección *Lavanduloideae* (Fig. 11C). La deformación en el eje de la CV1 se muestra en la figura 11C, los vectores de deformación indican un tendencia a pasar de un diente superior con forma obtusa y ápice mucronado (*S. scaposa*), a un diente agudo con el ápice caudado (*S. rzedowskii*). La separación de *S. rzedowskii* del resto de las *Lavanduloideae* por la CV1 es consistente con el ANOVA de la CV1 (Cuadro 10) y el agrupamiento de cluster (Fig. 11D), donde se observa que es la especie más diferente de la sección. En el eje de la CV2, destaca *S. exilis* (EXI) (Fig. 11B), también congruente con el análisis de varianza de la CV2 (Cuadro 10) y el análisis de agrupamiento (Fig. 11D).

Cuadro 9. Resultados del CVA/Manova para la forma de los dientes del cáliz.

CV	λ	χ^2	<i>g.l.</i>	P
1	0.0057	2259.0190	540	$p < 2.22045 \times 10^{-16}$
2	0.0210	1687.1795	493	$p < 2.22045 \times 10^{-16}$
3	0.0639	1200.5864	448	$p < 2.22045 \times 10^{-16}$
4	0.1235	912.9012	405	$p < 2.22045 \times 10^{-16}$
5	0.2265	648.1282	364	$p < 2.22045 \times 10^{-16}$
6	0.3015	523.4105	325	$p = 1.75865 \times 10^{-11}$
7	0.3829	419.0194	288	$p = 6.96489 \times 10^{-7}$
8	0.4777	322.4504	253	$p = 0.00203918$

Debido a que existen al menos siete variables canónicas significativas (Cuadro 10), se puede considerar a la forma de los dientes del cáliz como un carácter potencialmente informativo en el análisis filogenético.

En el cuadro 11, se encuentran los resultados del análisis clasificatorio de variables canónicas, las especies con el menor porcentaje de ejemplares clasificados correctamente pertenecen al complejo *S. lavanduloides*. Mientras que las especies con menor plasticidad en la forma de los

dientes del cáliz son: *S. exilis*, *S. subobscura*, *S. rzedowskii*, *S. scaposa* y *S. cryptodonta*, ya que un porcentaje alto de las muestras que las representaron fueron asignadas correctamente.

Cuadro 10. Variables canónicas significativas en el análisis de forma de los dientes del cáliz.

	Eigenvalores	Porcentaje de varianza explicada	Especies clasificadas en grupos homogéneos exclusivos y sin ambigüedad en el ANOVA
CV1	2.706	33.20	<i>S. rzedowskii</i> , <i>S. scaposa</i> (F= 66.60, g.l.= 443, P<0.0001)
CV2	2.048	25.13	<i>S. exilis</i> (F= 50.42, g.l.= 365, P<0.0001)
CV3	0.932	11.44	<i>S. guadalajarensis</i> , <i>S. teresae</i> (F= 18.32, g.l.= 354, P<0.0001)
CV4	0.834	10.23	<i>S. helianthemifolia</i> (F= 8.97, g.l.= 342, P<0.0001)
CV5	0.330	4.05	<i>S. moniliformis</i> (F= 11.24, g.l.= 321, P<0.0001)
CV6	0.270	3.31	<i>S. cryptodonta</i> (F= 8.97, g.l.= 296, P<0.0001)
CV7	0.247	3.03	<i>S. stachyoides</i> , <i>S. subobscura</i> (F= 10.06, g.l.= 290, P<0.0001)
CV8*	0.184	2.26	* La diferencia significativa es marginal

Cuadro 11. Análisis clasificatorio de ejemplares derivado del CVA para forma del cáliz. Las especies con "*" pertenecen al complejo *Salvia lavanduloides*.

	EXI	OBS	RZE	SCA	CRY	HEL	SEM	GUA	MON	TER	STA	MUS	AGN	HTR	REM	LAT	LAG	HIS	LAV	Total (%asignado correctamente)
EXI	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12 (100%)
OBS	0	6	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8 (75%)
RZE	0	0	17	0	0	1	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	23 (73.91%)
SCA	0	1	0	42	0	0	0	4	0	0	0	5	0	1	1	0	0	3	0	57 (73.68%)
CRY	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	7 (71.43%)
HEL	0	0	0	0	0	15	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	22 (68.18%)
SEM	0	1	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	15 (66.67%)
GUA	0	0	0	0	0	2	1	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10 (60%)
MON*	0	0	1	0	0	1	0	0	14	0	2	0	0	1	0	4	0	0	3	26 (53.85%)
TER	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4 (50%)
STA	0	0	0	1	1	2	0	0	1	0	14	0	0	0	3	3	0	3	3	31 (45.16%)
MUS	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	9 (44.44%)
AGN*	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	1	7 (42.86%)
HTR	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	3	0	0	1	0	1	8 (37.50%)
REM*	0	3	0	0	0	0	1	0	3	0	2	2	0	2	11	2	0	3	2	31 (35.48%)
LAT*	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	3	1	1	2	1	11	7	2	3	34 (32.35%)
LAG*	0	2	0	0	2	0	3	0	1	0	1	0	0	0	4	2	8	2	0	25 (32%)
HIS*	0	1	0	0	0	2	2	0	1	0	8	2	0	3	2	4	7	11	5	48 (22.92%)
LAV*	1	1	3	2	2	14	6	0	4	0	5	3	8	10	3	7	2	5	9	85 (10.59%)
no ident.	2	0	2	1	0	5	2	0	5	0	3	0	1	1	1	1	0	3	1	28

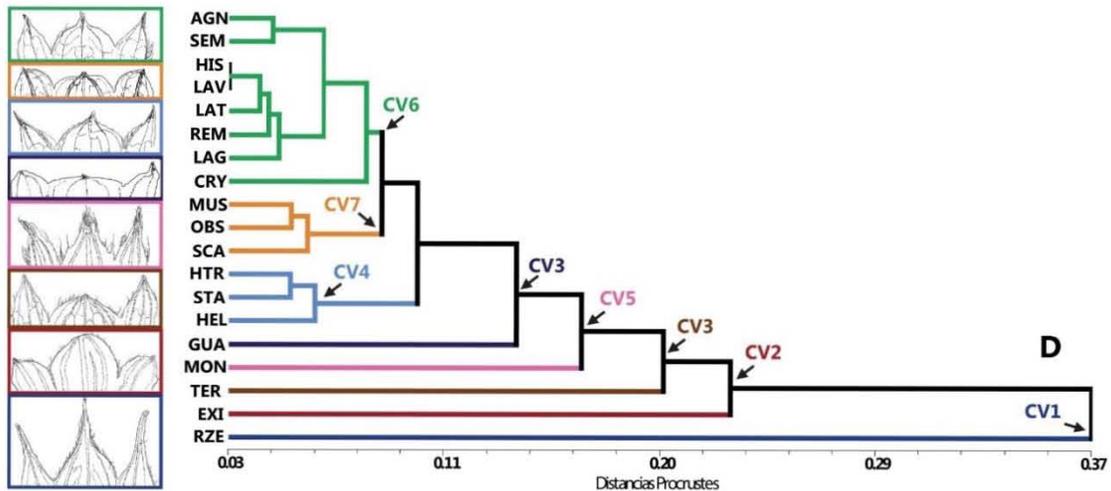
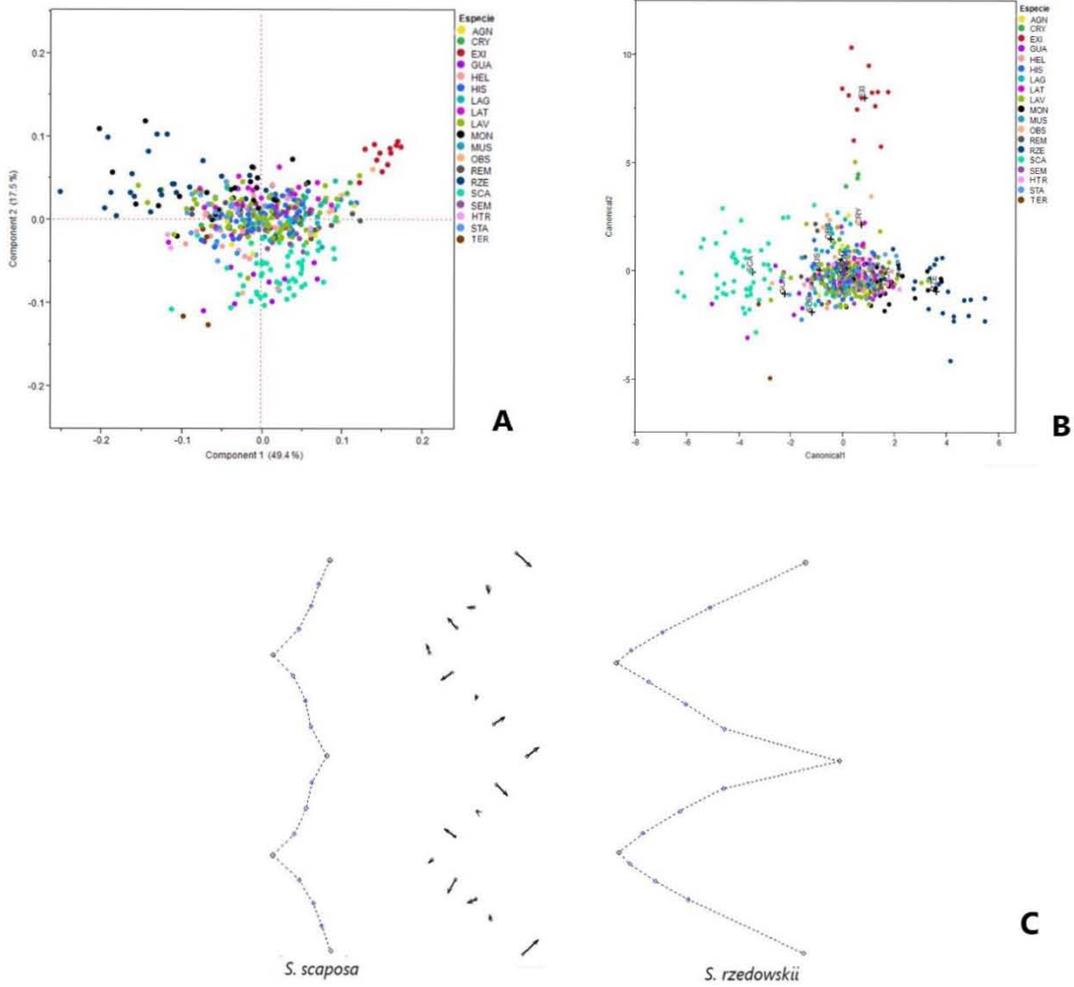


Figura 11. Análisis multivariados de la forma de los dientes del cáliz. A) PCA. B) CVA (Los ejes están a diferentes escalas). C) Vectores de deformación en la CV1 y formas promedio de las especies en los extremos negativo (*S. scaposa*) y positivo (*S. rzedowskii*). D) Análisis de agrupamiento (UPGMA) utilizando distancias Procrustes de las formas promedio por especie, las flechas indican la comparación entre los grupos distinguidos por las diferentes CVs (distancias de Mahalanobis) y los clusters formados por distancias Procrustes. Abreviaturas: AGN= *S. agnes*, CRY= *S. cryptodonta*, EXI= *S. exilis*, GUA= *S. guadalajarensis*, HEL= *S. helianthemifolia*; HIS= *S. lavanduloides* var. *hispida*, HTR= *S. heterofolia*, LAG= *S. lavanduloides* morfotipo de inflorescencia paniculada, LAT= *S. lavanduloides* var. *latifolia*, LAV= *S. lavanduloides*, MON= *S. moniliformis*, MUS= *S. muscarioides*, OBS= *S. subobscura*, REM= *S. lavanduloides* morfotipo de inflorescencia laxa, RZE= *S. rzedowskii*, SCA= *S. scaposa*, SEM= *S. semiscaposa*, STA= *S. stachyoides*, TER= *S. teresae*.

2.2. Bráctea:

Los dos primeros PCs explican el 63.82% de la variación (PC1= 42.93%; PC2= 20.88%). En los ejes de ambos componentes, la dispersión de puntos de las especies no permite distinguir ningún patrón o tendencia (Fig. 12A).

Se obtuvieron tres variables canónicas significativas (Cuadro 12); no obstante, solamente las dos primeras permiten la distinción de grupos (Cuadro 13). En el eje de la CV1, en el cuadrante negativo se observa la nube de puntos perteneciente a *S. heterofolia* (HTR) (Fig. 12B); la deformación relativa en este eje se muestra en la figura 12C, donde las formas extremas son *S. heterofolia* (HTR) con brácteas ligeramente ovadas con ápice agudo y *S. lavanduloides* (LAV) donde las brácteas tienden a ser caudadas; los vectores de deformación más grandes se encuentran cerca del ápice, que es más angosto en la segunda especie.

Cuadro 12. Resultados del CVA/Manova para la forma de la bráctea.

CV	λ	χ^2	<i>g.l.</i>	P
1	0.0760	1354.4898	1044	$p=2.29309 \times 10^{-10}$
2	0.1072	1173.4979	969	$p=6.25423 \times 10^{-6}$
3	0.1442	1017.5194	896	$p=0.00283902$

Cuadro 13. Variables canónicas significativas en el análisis de forma de la bráctea.

	Eigenvalores	Porcentaje de varianza explicada	Especies clasificadas en grupos homogéneos exclusivos y sin ambigüedad en el ANOVA
CV1	0.411	14.39	<i>S. heterofolia</i> (F= 12.47, <i>g.l.</i> = 546, P<0.0001)
CV2	0.345	12.09	<i>S. exilis</i> (F= 10.94, <i>g.l.</i> = 539, P<0.0001)
CV3*	0.273	9.58	* La diferencia significativa es marginal

El análisis clasificatorio de variables canónicas indica que *S. heterofolia* (HTR) y *S. exilis* (EXI) son las especies más diferentes del resto de la sección, el porcentaje de ejemplares asignados correctamente de estas especies es relativamente alto (75% y 50% respectivamente). No obstante, la especie con el porcentaje más alto de asignación correcta es *S. agnes* (100%), parte del complejo *S. lavanduloides* (Cuadro 14).

Por otro lado, existen especies en las que la totalidad de brácteas digitalizadas fueron clasificadas de manera errónea, lo cual sugiere gran variación en la forma al interior de las especies.

Cuadro 14. Análisis clasificatorio de ejemplares derivado del CVA para forma de la bráctea. Las especies con "*" pertenecen al complejo *Salvia lavanduloides*.

	AGN	HTR	CRY	EXI	LAV	RZE	MON	LAG	SCA	SEM	HEL	GUA	LAT	STA	HIS	MUS	OBS	REM	TER	Total (% asignado correctamente)
AGN*	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 (100%)
HTR	0	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	8 (75%)
CRY	0	0	4	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	8 (50%)
EXI	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2 (50%)
LAV*	8	0	8	0	43	18	8	4	5	3	5	4	3	4	1	5	2	3	8	132 (32.58%)
RZE	1	0	4	0	5	7	4	0	1	1	1	0	1	1	2	1	0	1	0	30 (23.33%)
MON*	0	0	8	0	2	3	6	1	2	0	0	0	1	0	0	1	3	0	0	27 (22.22%)
LAG*	0	0	0	0	1	0	0	4	3	2	2	4	0	1	3	1	1	0	1	23 (17.39%)
SCA	0	0	0	2	5	2	2	9	10	4	0	6	0	0	2	3	10	1	9	65 (15.38%)
SEM	0	0	0	0	0	2	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	8 (12.5%)
HEL	1	0	0	0	6	5	3	3	3	1	4	8	0	0	1	2	4	0	2	43 (9.30%)
GUA	2	0	1	0	1	0	1	0	3	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	12 (8.33%)
LAT*	3	0	12	0	0	2	2	2	0	4	3	8	3	2	0	0	3	0	0	44 (6.82%)
STA	2	0	5	0	4	5	7	0	3	0	2	6	2	2	2	0	0	0	0	40 (5%)
HIS*	8	1	15	1	4	4	3	2	2	0	2	8	2	2	2	1	2	2	1	62 (3.23%)
MUS	1	0	1	0	4	4	0	2	4	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	22 (0%)
OBS	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	7 (0%)
REM*	0	0	2	0	7	2	2	1	1	0	1	3	0	0	2	0	0	0	3	24 (0%)
TER	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5 (0%)

En el análisis de agrupamiento (Fig. 12D), la especie con la forma de bráctea más diferente es *S. exilis* (EXI), congruente con la especie que la CV2 distingue. Sin embargo, contrario a lo esperado por los resultados del CVA, *S. heterofolia* (HTR) no tiene este comportamiento. La distancia entre los clusters es muy corta y sólo se observan cuatro ramas largas, por lo que si este carácter se codificara posiblemente se tendrían 2-4 estados.

Los análisis indican que las formas de las brácteas en las especies de la sección *Lavanduloideae* son semejantes estadísticamente.

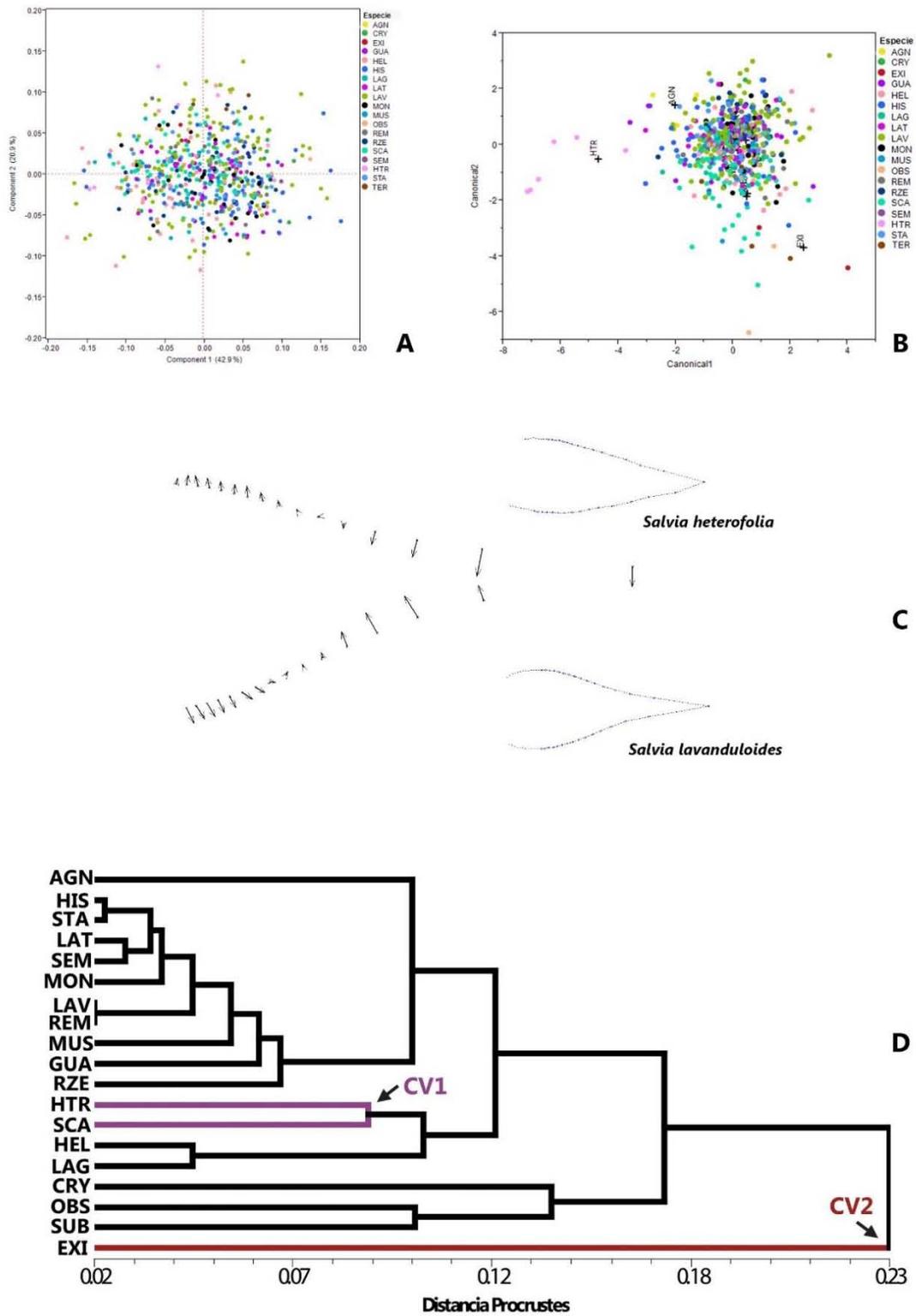


Figura 12. Análisis multivariados de la forma de la bráctea. A) PCA. B) CVA (Los ejes están a diferentes escalas). C) Vectores de deformación en la CV1 y formas promedio de las especies en los extremos negativo (*S. heterofolia*) y positivo (*S. lavanduloides*). D) Análisis de agrupamiento (UPGMA) utilizando distancias Procrustes de las formas promedio por especie, las flechas indican la comparación entre los grupos distinguidos por las diferentes CVs (distancias de Mahalanobis) y los clusters formados por distancias Procrustes. Abreviaturas: AGN= *S. agnes*, CRY= *S. cryptodonta*, EXI= *S. exilis*, GUA= *S. guadalajarensis*, HEL= *S. helianthemifolia*; HIS= *S. lavanduloides* var. *hispida*, HTR= *S. heterofolia*, LAG= *S. lavanduloides* morfotipo de inflorescencia paniculada, LAT= *S. lavanduloides* var. *latifolia*, LAV= *S. lavanduloides*, MON= *S. moniliformis*, MUS= *S. muscarioides*, OBS= *S. subobscura*, REM= *S. lavanduloides* morfotipo de inflorescencia laxa, RZE= *S. rzedowskii*, SCA= *S. scaposa*, SEM= *S. semiscaposa*, STA= *S. stachyoides*, TER= *S. teresae*.

2.3. Lámina foliar:

En el PCA los dos primeros componentes explican el 88.16% de la varianza (PC1= 74.8%; PC2= 13.4%). En el extremo negativo del PC1 se ubican especies con hojas oblongo-lanceoladas como *S. heterofolia* (HTR) o *S. muscarioides* (MUS) (Fig.13A). En el extremo positivo se encuentran nubes de especies con hojas que tienden a ser ovadas como *S. stachyoides* (STA), *S. lavanduloides* var. *hispida* (DGO), *S. agnes* (AGN) y *S. subobscura* (OBS), entre otras.

Para la forma de lámina foliar se obtuvieron siete ejes canónicos significativos (Cuadro 15). En el análisis (fig. 13B) pueden distinguirse con mayor facilidad las nubes correspondientes a *S. heterofolia* (HTR) y *S. guadalajarensis* (GUA), que son las especies con las formas de lámina más diferentes del resto y las que distinguen los primeros dos ejes, lo cual coincide con el análisis de cluster basado en distancias Procrustes (fig. 13D) y los análisis de varianza de los scores de las variables canónicas (Cuadro 16). Al menos existen 6 CVs que identifican especies significativamente distintas en el ANOVA (Cuadro 16), lo cual indica que la forma de la hoja es un carácter potencialmente informativo en términos del análisis filogenético.

Cuadro 15. Resultados del CVA/Manova para la forma de la hoja.

CV	λ	χ^2	<i>g.l.</i>	P
1	0.0058	2729.4213	648	$p < 2.22045 \times 10^{-16}$
2	0.0285	1884.1588	595	$p < 2.22045 \times 10^{-16}$
3	0.0669	1431.9468	544	$p < 2.22045 \times 10^{-16}$
4	0.1562	983.0792	495	$p < 2.22045 \times 10^{-16}$
5	0.2656	701.9204	448	$p = 1.61204 \times 10^{-13}$
6	0.3750	519.3329	403	$p = 7.78562 \times 10^{-5}$
7	0.4536	418.5968	360	$p = 0.0178673$

Cuadro 16. Variables canónicas significativas en el análisis de forma de la hoja.

	Eigenvalores	Porcentaje de varianza explicada	Especies clasificadas en grupos homogéneos exclusivos y sin ambigüedad en el ANOVA
CV1	3.93	44.85	<i>S. heterofolia</i> , <i>S. muscarioides</i> (F= 117.83, <i>g.l.</i> = 539, P<0.0001)
CV2	1.34	15.38	<i>S. guadalajarensis</i> (F= 39.65, <i>g.l.</i> = 491, P<0.0001)
CV3	1.33	15.21	<i>S. cryptodonta</i> (F= 32.42, <i>g.l.</i> = 480, P<0.0001)
CV4	0.70	7.98	<i>S. semiscaposa</i> (F= 22.19, <i>g.l.</i> = 470, P<0.0001)
CV5	0.41	4.69	<i>S. exilis</i> (F= 14.74, <i>g.l.</i> = 450, P<0.0001)
CV6	0.20	2.38	<i>S. teresae</i> (F= 8.06, <i>g.l.</i> = 447, P<0.0001)
CV7*	0.17	1.99	* La diferencia significativa es marginal

La deformación a lo largo de la CV1 se muestra en la figura 13C. En los vectores de deformación se nota una tendencia de hojas lineares u oblongo-lanceoladas como *S. heterofolia* (HTR) a hojas ovadas con la base angostada y ápice agudo *S. lavanduloides* var. *hispida* (DGO).

En el análisis clasificatorio, *S. guadalajarensis* y *S. exilis* son las especies en las que la totalidad de hojas analizadas fueron clasificadas correctamente (cuadro 17). Dentro de las especies con menor porcentaje de asignación correcta se encuentran varias pertenecientes al complejo *S. lavanduloides* (cuadro 17)

Cuadro 17. Análisis clasificatorio de ejemplares para forma de la hoja. Las especies con "*" pertenecen al complejo *Salvia lavanduloides*.

	EXI	GUA	HTR	SEM	CRY	LAG	RZE	OBS	AGN	MUS	TER	MON	STA	HIS	SCA	LAT	LAV	HEL	REM	Total (% asignado correctamente)
EXI	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4 (100%)
GUA	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12 (100%)
HTR	0	0	28	0	0	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34 (82.35%)
SEM	0	0	0	17	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	21 (80.95%)
CRY	0	0	0	0	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	11 (72.73%)
LAG*	0	0	0	0	0	15	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	1	22 (68.18%)
RZE	0	0	0	0	1	0	18	0	0	0	0	2	0	0	3	1	0	0	3	28 (64.29%)
OBS	0	0	0	1	0	0	1	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	7 (57.14%)
AGN*	0	0	0	0	0	0	1	1	4	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	8 (50%)
MUS	0	0	3	0	0	4	0	0	0	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	16 (50%)
TER	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	4 (50%)
MON*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	1	2	3	1	3	18 (38.89%)
STA	0	0	0	1	0	0	3	1	8	0	0	0	15	7	0	2	0	5	0	42 (35.71%)
HIS*	0	0	0	1	0	0	2	2	6	0	0	2	6	17	2	2	0	7	1	48 (35.42%)
SCA	4	0	0	2	0	10	13	1	0	0	0	1	0	0	20	0	1	2	4	58 (34.48%)
LAT*	0	1	0	0	4	0	0	0	2	1	0	4	0	0	1	11	6	1	1	32 (34.38%)
LAV*	0	0	0	1	0	11	12	1	2	3	0	24	1	0	5	11	38	3	10	122 (31.15%)
HEL	2	0	0	0	0	0	3	1	8	0	0	2	6	12	1	3	0	10	1	49 (20.41%)
REM*	0	1	0	0	1	3	2	0	1	0	0	5	0	0	3	0	4	0	2	22 (9.09%)
No ident.	0	0	2	2	0	1	3	0	2	2	1	8	2	0	2	0	4	5	3	37

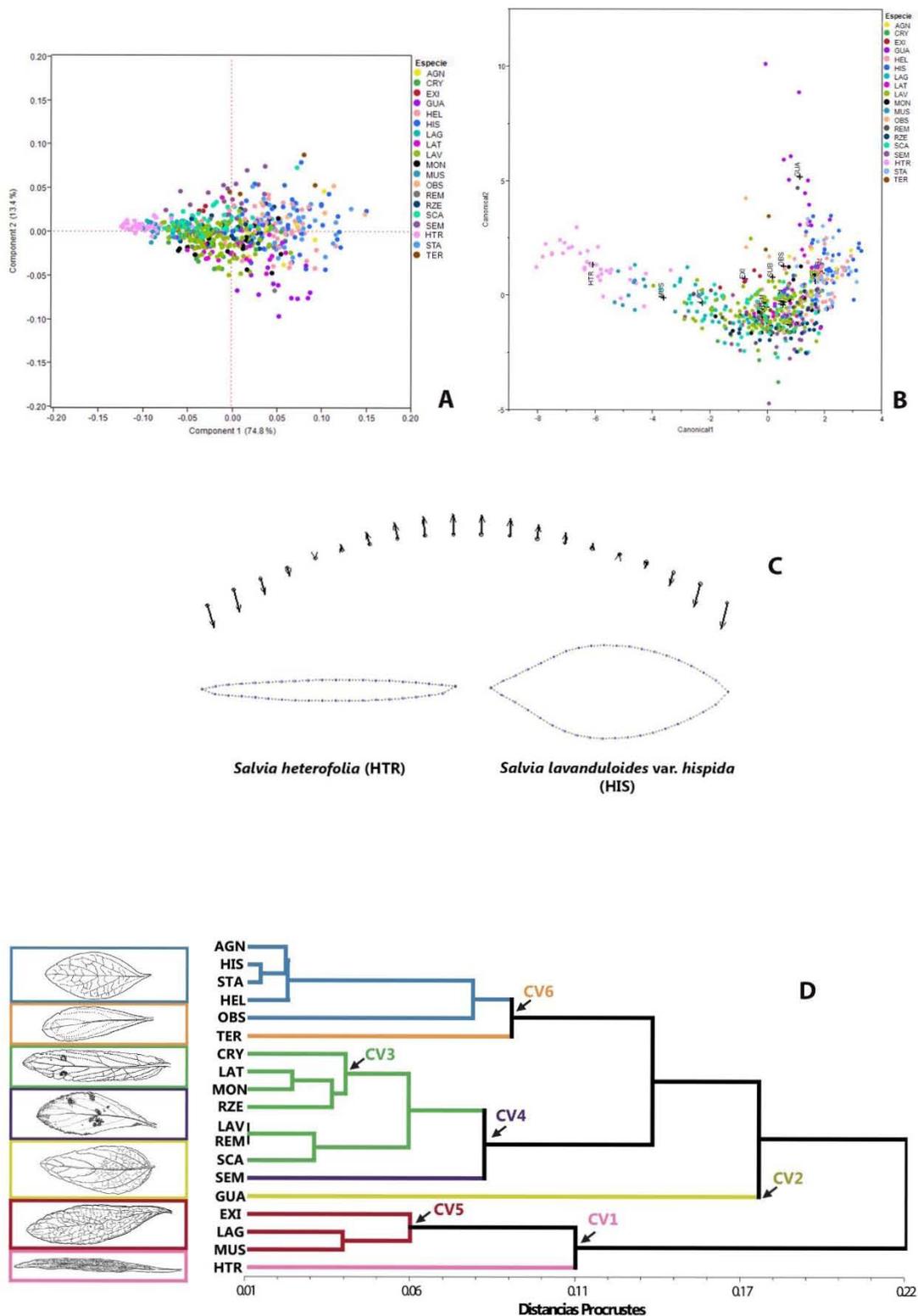


Figura 13. Análisis multivariados de la forma de la hoja. A) PCA. B) CVA (Los ejes están a diferentes escalas). C) Vectores de deformación en la CV1 y formas promedio de las especies en los extremos negativo (*S. heterofolia*) y positivo (*S. lavanduloides* var. *hispida*). D) Análisis de agrupamiento (UPGMA) utilizando distancias Procrustes de las formas promedio por especie, las flechas indican la comparación entre los grupos distinguidos por las diferentes CVs (distancias de Mahalanobis) y los clusters formados por distancias Procrustes. Abreviaturas: AGN= *S. agnes*, CRY= *S. cryptodonta*, EXI= *S. exilis*, GUA= *S. guadalajarensis*, HEL= *S. helianthemifolia*; HIS= *S. lavanduloides* var. *hispida*, HTR= *S. heterofolia*, LAG= *S. lavanduloides* morfotipo de inflorescencia paniculada, LAT= *S. lavanduloides* var. *latifolia*, LAV= *S. lavanduloides*, MON= *S. moniliformis*, MUS= *S. muscarioides*, OBS= *S. subobscura*, REM= *S. lavanduloides* morfotipo de inflorescencia laxa, RZE= *S. rzedowskii*, SCA= *S. scaposa*, SEM= *S. semiscaposa*, STA= *S. stachyoides*, TER= *S. teresae*.

ii. Análisis filogenéticos

1. Análisis filogenético de secuencias de DNA

1.1. Filogenia molecular de *Salvia* subgénero *Calosphace*

Considerando los 236 taxa del apéndice III, la longitud de las matrices alineadas y los números de caracteres constantes, variables y parsimoniosamente informativos se encuentran en el cuadro 18.

Cuadro 18. Longitud y características de las matrices de caracteres moleculares para el subgénero *Calosphace*

Región	Longitud	Caracteres		
		Constantes	Variables (total)	Informativos (% del total)
ITS	716 pb.	275	441	307 (42.87%)
<i>trnL-trnF</i>	924 pb.	775	149	64 (6.92%)
Concatenada	1640 pb.	1050	590	371 (22.62%)

En el análisis de parsimonia de la matriz concatenada se obtuvieron 4,723 árboles igualmente parsimoniosos (AMPs) de 2,576 pasos, con IC= 0.360 e IR= 0.737. El árbol de consenso estricto se presenta en las figuras 14A-D (el árbol bayesiano de consenso se encuentra en el apéndice VI, figs. 32A-D).

En la figura 32A se observa que el subgénero *Calosphace sensu* Epling (1938, 1939) se recupera como un grupo monofilético (80 BP/87 JK/1 PP). Solamente parte de las especies de la sección *Audibertia* forman un grupo monofilético (94 BP/93 JK/1 PP), que es grupo hermano de *Calosphace sensu* Harley *et al.* (2004) (51 BP/57 JK/1 PP). A pesar de que las relaciones no están resueltas al interior de este grupo, destacan los siguientes clados como monofiléticos: “*Hastatae*” (figs 14A y 32A, 99 BP/100 JK/1 PP); “*Uliginosae*” (figs. 14A y 32A, <50 BP/50 JK/1 PP), “*Membranaceae*” (figs. 14B y 32B, <50 BP,JK/0.56 PP), “*Fulgentes*” (figs. 14B y 32B, 88 BP/94 JK/1 PP) y “*Sigmoideae*” (figs. 14D y 32B, 78 BP/77 JK/1 PP). En cuanto a las secciones, las que se recuperaron como monofiléticas son: *Corrugatae* (figs. 14A y 32A, <50 BP/55 JK/0.84 PP), *Erythrostachys* (figs. 14A y 32A, 61 BP/70 JK/1 PP), *Hastatae* (figs. 14A y 32A, 69 BP/79 JK/1 PP), *Microsphace* (figs. 14A y 32A, 77 BP/81 JK/1 PP), *Sigmoideae* (fig. 14D y 32B, 84 BP/81 JK/1 PP), *Skeptostachys* (figs. 14C y 32C, 57 BP/75 JK/1 PP) y *Lavanduloideae* (figs. 14D y 32C, <50 BP,JK/0.76 PP).



Fig. 14B

Figura 14. Árbol de consenso estricto del análisis de parsimonia. A) Sección *Audibertia*, Clados *Hastatae* y *Uliginosae*. (Valor de Bootstrap y Jackknife cuando son iguales/ Valor de Jackknife / Probabilidad posterior), "*" valores menores a 50.

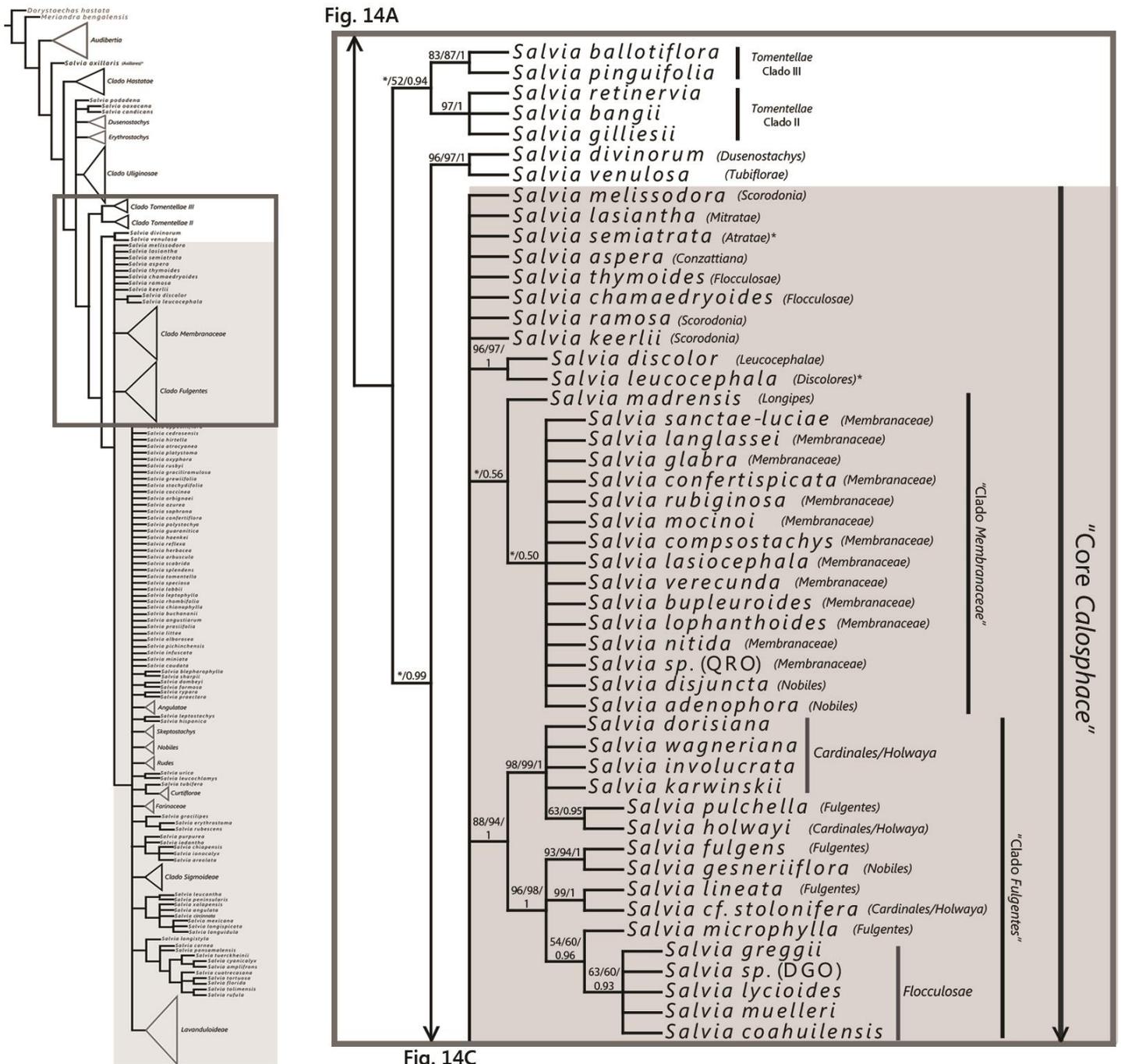


Figura 14. Árbol de consenso estricto del análisis de parsimonia. B) "Core Calosphace" Parte 1. (Valor de Bootstrap y Jackknife cuando son iguales/ Valor de Jackknife / Probabilidad posterior), "*" valores menores a 50.

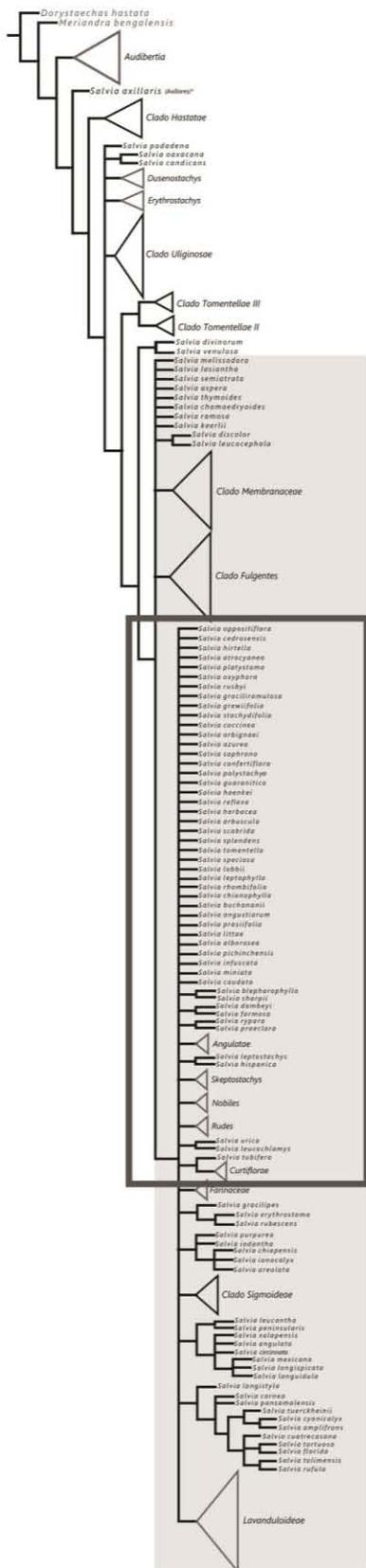


Fig. 14B

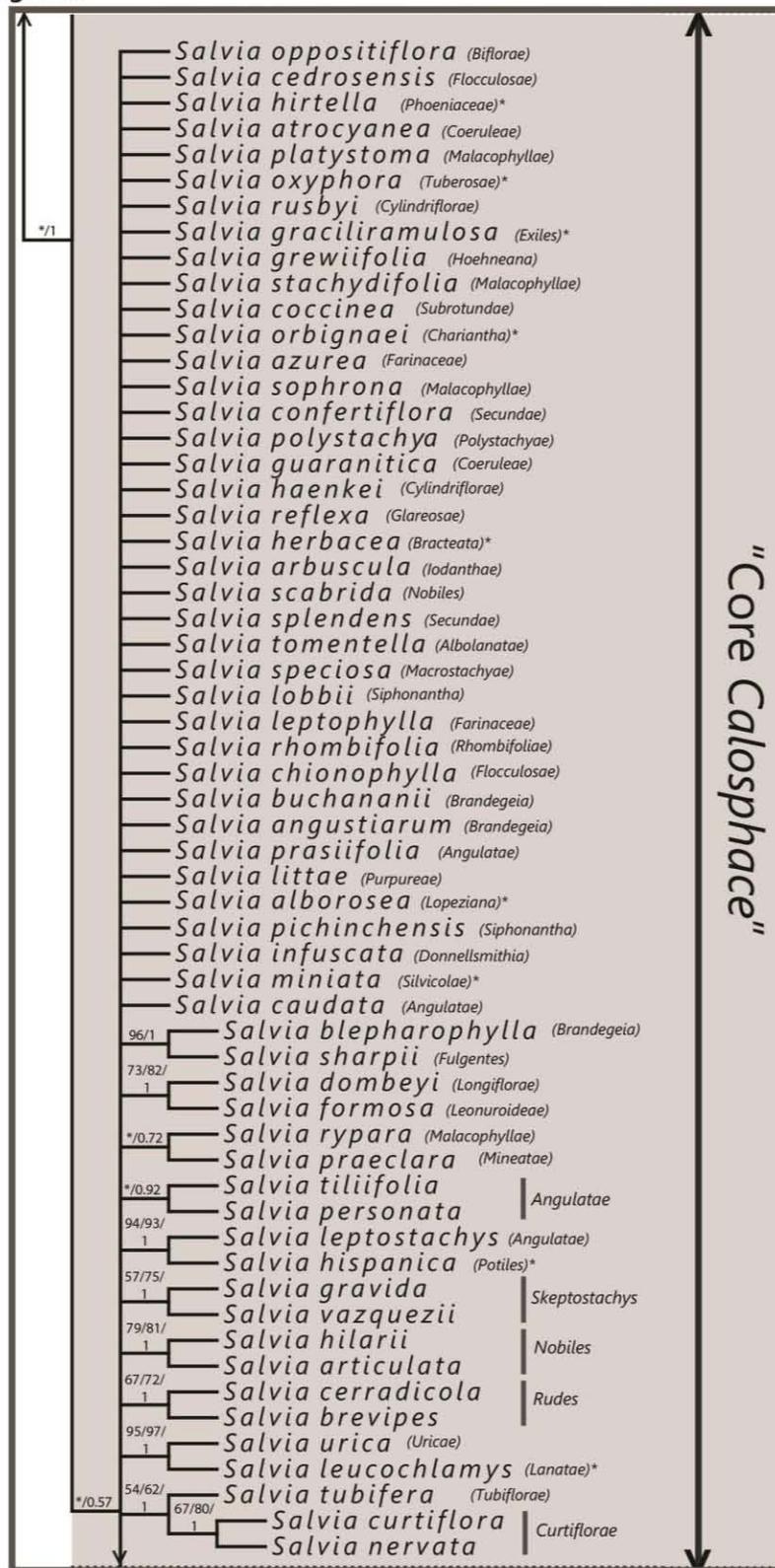


Fig. 14D

Figura 14. Árbol de consenso estricto del análisis de parsimonia. C) "Core Calosphace" Parte 2. (Valor de Bootstrap y Jackknife cuando son iguales/ Valor de Jackknife / Probabilidad posterior), "*" valores menores a 50.

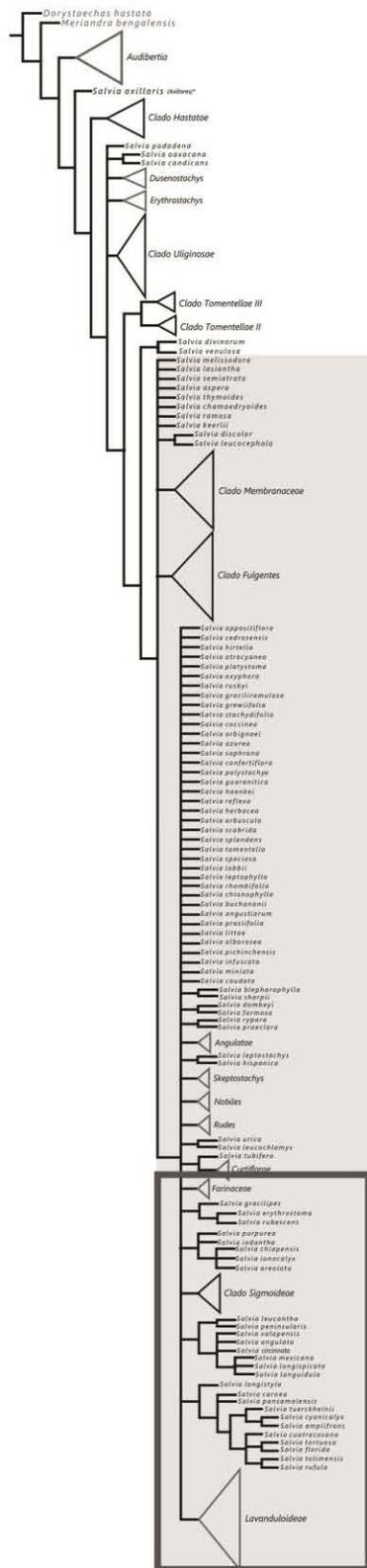
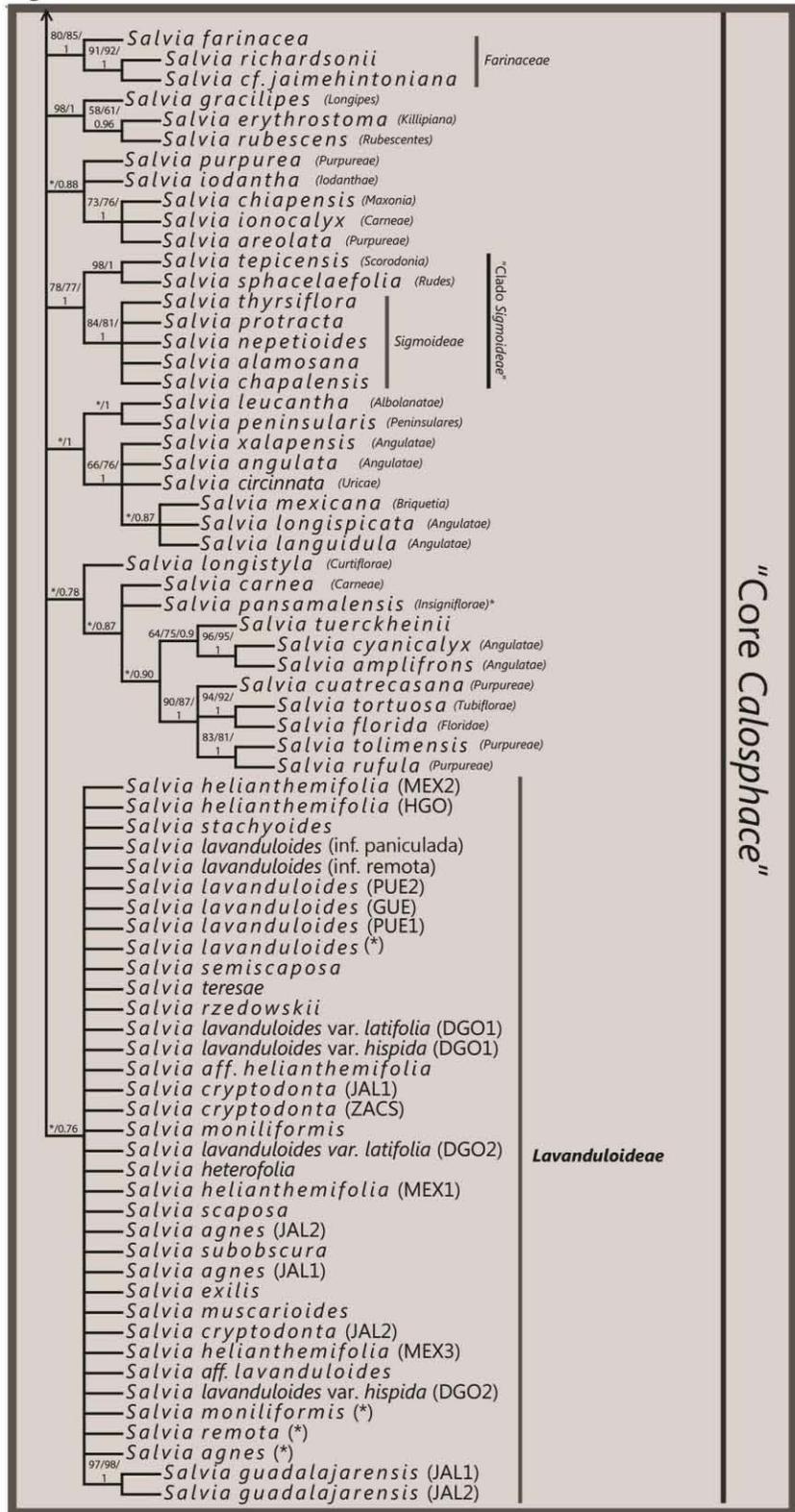


Fig. 14C



"Core Calosphace"

Figura 14. Árbol de consenso estricto del análisis de parsimonia. D) "Core Calosphace" Parte 3 (Sección *Lavanduloideae*). (Valor de Bootstrap y Jackknife cuando son iguales/ Valor de Jackknife / Probabilidad posterior), "*" valores menores a 50. Para las especies de *Lavanduloideae*, entre paréntesis están las abreviaturas de los estados donde se colectaron los ejemplares, el "*" marca las secuencias de Walker y Systma (2007) y Jenks *et al.* (2012).

1.2. Filogenia molecular de *Salvia* sección *Lavanduloideae*

El análisis de caracteres moleculares se llevó a cabo con 22 terminales: tres pertenecientes al grupo externo y 19 a la sección *Lavanduloideae*. Las características de la matriz y los caracteres se encuentran en el cuadro 19.

Cuadro 19. Longitud y características de las matrices de caracteres moleculares para la sección *Lavanduloideae*

Región	Longitud	Caracteres		
		Constantes	Variables (total)	Informativos (% del total)
ITS	626 pb.	507	119	31 (4.95%)
<i>trnL-trnF</i>	743 pb.	743	13	6 (0.80%)
Concatenada	1382 pb.	1251	132	37 (2.67%)

En el análisis de parsimonia se obtuvieron 21 AMPs, con L= 193, IC= 0.76 e IR= 0.65; el árbol de consenso estricto se muestra en la figura 15. Es posible que debido a la escasez de caracteres variables informativos en ambos marcadores moleculares para este grupo de taxa (Cuadro 19), a diferencia del análisis del subgénero *Calosphace*, donde el muestreo de especies es mayor al igual que la proporción de caracteres informativos, la resolución del árbol sea pobre y la sección *Lavanduloideae* no se recupere como grupo monofilético. No obstante, algunos clados formados por especies de la sección, se recuperan con valores de soporte mayores a 60 o 0.6 (Fig. 15).

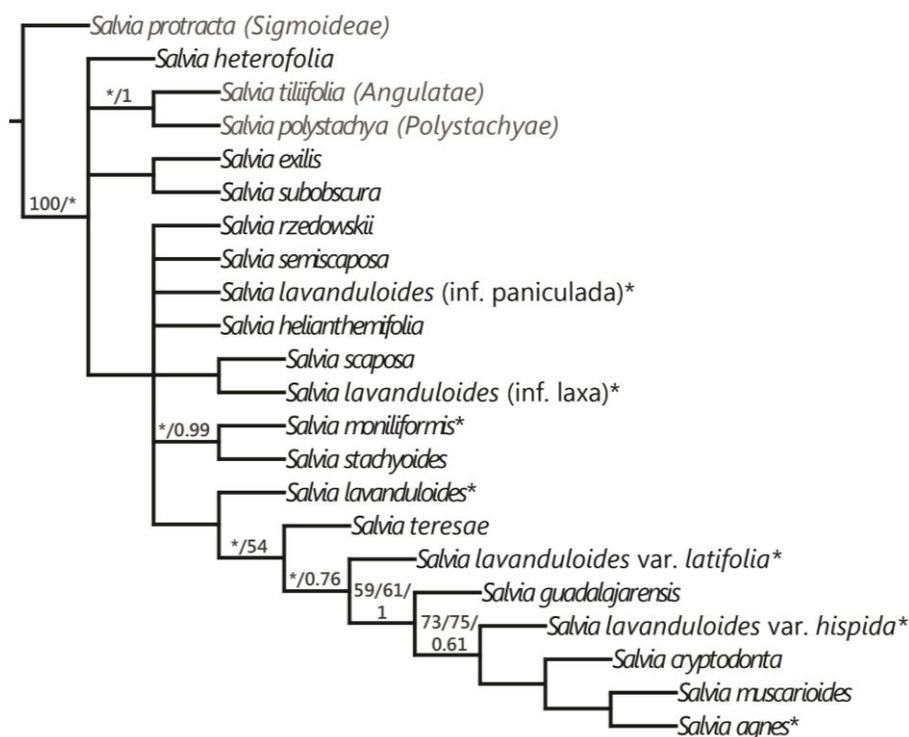


Figura 15. Árbol de consenso estricto del análisis de parsimonia de las regiones ITS y *trnL-trnF* para la sección *Lavanduloideae*. Los valores sobre las ramas corresponden al valor de Bootstrap y Jackknife cuando son iguales/ Valor de Jackknife / Probabilidad posterior, "*" valores menores a 50. Letras en gris= especies del grupo externo; *Complejo *S. lavanduloides*.

En el análisis bayesiano de 22 taxa, la monofilia de la sección tampoco se recupera pero presenta apoyo en clados que en el análisis de parsimonia estaban colapsados. Todas las especies de *Lavanduloideae*, con excepción de *S. heterofolia*, se agrupan en dos clados (Fig. 16). El primer clado (con Probabilidad posterior= 0.93) destaca por contener especies con distribución predominantemente en la Faja Volcánica Transmexicana y a *Salvia lavanduloides* (especie de amplia distribución). El segundo clado (PP= 0.52) contiene especies del noroeste de México, que se distribuyen en la Sierra Madre Occidental.

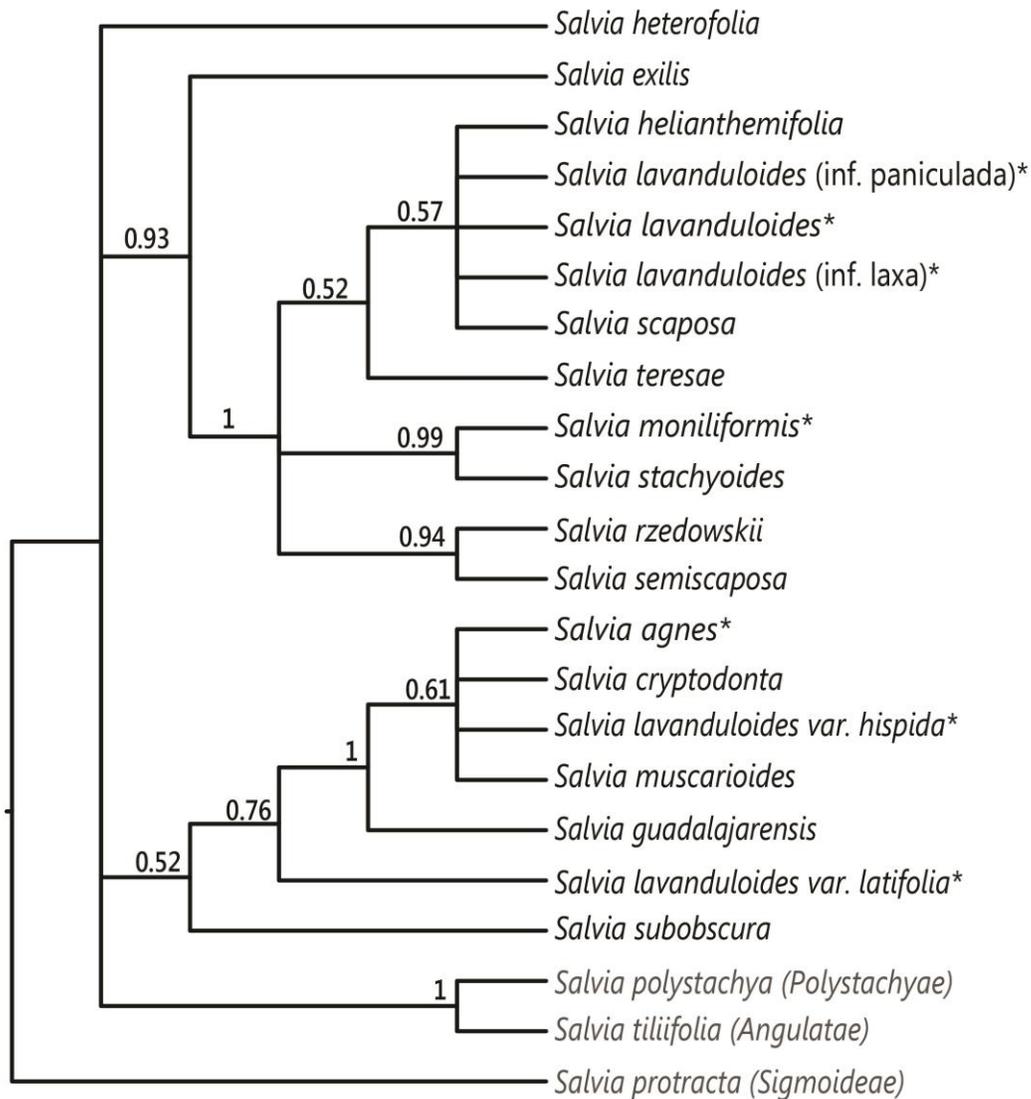


Figura 16. Árbol de consenso del análisis bayesiano de las regiones ITS y *trnL-trnF* para la sección *Lavanduloideae* (Los valores sobre las ramas corresponden a la probabilidad posterior. Letras en gris= especies del grupo externo; *Complejo *S. lavanduloides*).

2. Análisis filogenético de evidencia morfológica

En el análisis filogenético de caracteres morfológicos el mejor árbol tuvo las siguientes características: L= 188.8602, IC= 0.483 e IR= 0.551. *Lavanduloideae* se recupera como grupo monofilético, pero con valores bajos de soporte, y el complejo *S. lavanduloides* resulta parafilético (fig. 17). Solamente el clado formado por dos especies del grupo externo tiene los valores de soporte más altos (67 BP/ 83 JK).

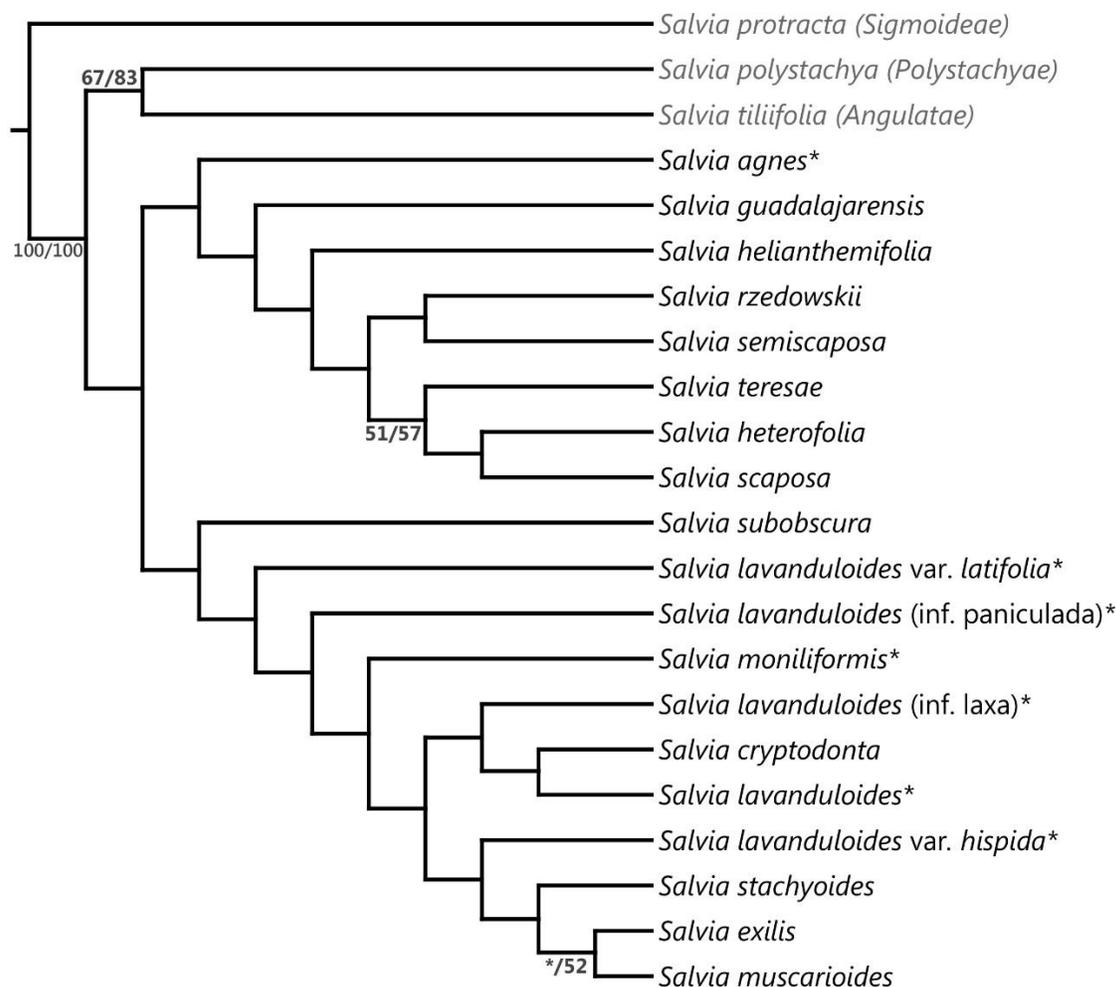


Figura 17. Mejor árbol derivado del análisis de datos morfológicos (L= 188.8602; IC= 0.483; IR= 0.551). Números bajo los nodos= Valor de bootstrap/ valor de jackknife. Letras grises= grupo externo; *= complejo *S. lavanduloides*.

3. Análisis filogenético de evidencia total

En el análisis combinado se obtuvo un solo árbol con L= 434.8745, IC=0.570 e IR= 0.485 (fig. 18). La sección *Lavanduloideae* es monofilética (50> BP/ 55 JK), con valores de soporte bajos al interior; con la evidencia recabada, el complejo *Salvia lavanduloides* resulta parafilético. Las

sinapomorfías que soportan a la sección son: Longitud del pecíolo (hojas casi subsésiles), presencia de tubérculo caulinar, forma espatulada del lóbulo inferior del estilo, proporción de los lóbulos superior-inferior del estilo 3:1 y un *indel* en la región ITS.

En la topología, *Lavanduloideae* está dividida en dos clados, ninguno de ellos con valores de soporte altos:

- **Clado I** (fig. 18): Está conformado por especies endémicas de México y con distribución relativamente restringida (1-3 estados), a lo largo de la Sierra Madre Occidental, dichos taxa presentan tres sustituciones sinapomórficas en los transcritos internos del ribosoma; este clado se divide en dos. El **clado IA** compuesto por *S. subobscura* y *S. lavanduloides* var. *latifolia*, quienes comparten valores de PCs de cáliz y corola, pedúnculos de 3 cm de longitud (en promedio), pedicelos de 1.8-1.9 mm de largo y una sustitución en ITS. El **clado IB** está soportado por tres sustituciones moleculares de ITS y la especie más tempranamente divergente es *S. guadalajarensis*; el resto de las especies comparten tamaños semejantes de longitud de pedúnculos y entrenudos, y una sustitución en ITS. En el clado I hay tres taxa del complejo *S. lavanduloides*, todos ellos fueron descritos como variedades o bien, segregados de una variedad de *S. lavanduloides*, especie que no figura dentro del clado.
- **Clado II** (fig. 18): contiene una mayor diversidad de especies y está soportado por valores de PCs de bráctea y hoja, longitud similar de pedúnculo y tres sustituciones sinapomórficas en el espaciador intergénico *trnL-trnF*. Las especies del **Clado IIA** son endémicas de México, distribuyéndose a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana y comparten valores semejantes de medidas de cáliz (representadas por los PC1 y PC2), la especie más tempranamente divergente de este grupo es *S. helianthemifolia* y es hermana de un clado donde se concentran las especies de *Lavanduloideae* de apariencia escaposa; esta agrupación también se recupera en el análisis de evidencia morfológica (fig. 17). El **clado IIA1** contiene taxa del Estado de México y Guerrero, los cuales comparten valores similares de PCs de corola y hoja, pecíolo y entrenudo, así como tres sustituciones en la región ITS. En el **clado IIA2** se encuentran especies de distribución restringida (1-2 estados), los caracteres que distinguen a este grupo son valores de PC1 de hoja y un reducido número de flores por verticilastro (menor a 6), otro carácter, aunque no exclusivo de estas especies, es la presencia de tallos rastreros en la base. Dentro del **clado IIB** están concentradas la mayor parte de los taxa del complejo *S. lavanduloides*, las especies de este clado comparten valores de PC1 de corola, bráctea y hoja. De acuerdo a la topología, la especie más tempranamente

divergente de este grupo es *S. lavanduloides* (morfotipo de inflorescencia paniculada), que es hermana de un clado soportado por valores semejantes de longitud de pedúnculo y pedicelo. *Salvia exilis* y *S. moniliformis* (**Clado IIB1**) comparten tres eventos de inserción-delección y tres sustituciones en el espaciador ITS. Valores del PC1 de cáliz y bráctea, así como la longitud del pecíolo son las sinapomorfias del **clado IIB2**, que contiene a *S. stachyoides* y a dos morfotipos de *S. lavanduloides*. Los morfotipos típico y de inflorescencia laxa de *S. lavanduloides* constituyen una agrupación monofilética; los caracteres compartidos por estos dos taxa son valores del PC1 de corola, longitudes semejantes de entrenudo, altura de hasta 2 m, forma de la hoja y de los dientes del cáliz, así como dos sustituciones en el espaciador ITS.

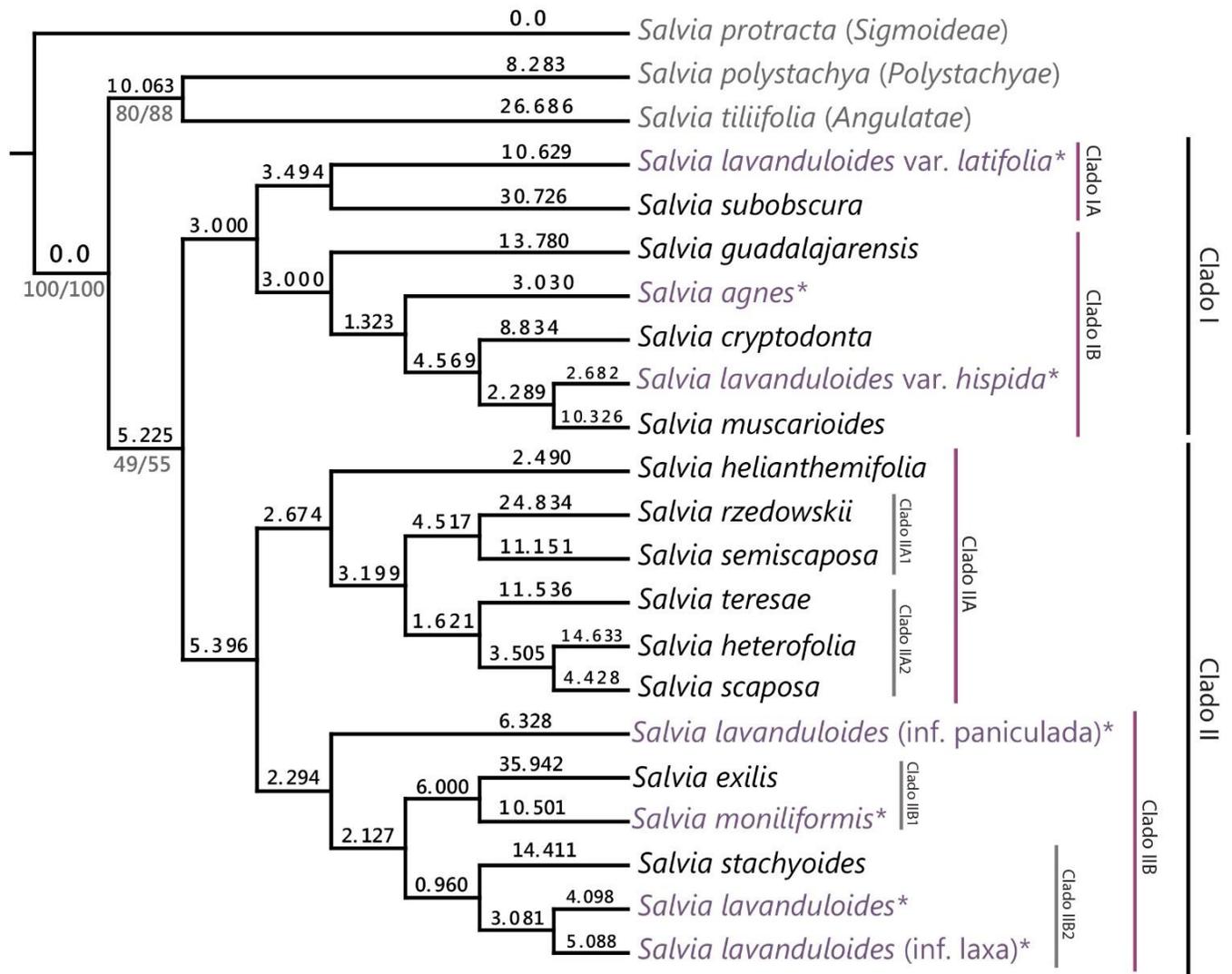


Figura 18. Mejor árbol derivado del análisis de evidencia total (L= 434.87; IC= 0.570; IR= 0.485). Números sobre las ramas = longitud de las ramas; números bajo los nodos= Valor de bootstrap/ valor de jackknife. Letras grises= grupo externo; letras moradas con asterisco= complejo *S. lavanduloides*.

VI. Discusión

1. Relaciones filogenéticas en *Calosphace* y posición de la sección *Lavanduloideae*

En el análisis de parsimonia se recuperan muchos de los clados propuestos por Walker *et al.* (2006) y Jenks *et al.* (2012), de los cuales se conservan los nombres. De manera general, la topología y clados obtenidos difieren poco de los trabajos antes mencionados, a pesar de que Walker *et al.* (2006) incorporaron además el espaciador intergénico *trnH-psbA* y Jenks *et al.* (2012) utilizaron también ese espaciador en lugar de *trnL-trnF*. Las principales diferencias se encuentran en los valores de soporte (Cuadro 20). Adicionalmente a los clados propuestos por Jenks *et al.* (2012), se recupera un clado, que se denominó “Clado *Membranaceae*” (BP <50%/ 0.56 PP).

El subgénero *Calosphace* es monofilético y dependiendo de la circunscripción que se acepte los valores de soporte cambian: *Calosphace sensu* Epling (1938, 1939) incluye a *Audibertia* como sección, aquí se recupera con valores de 80% BP/ 87% JK/ 1 PP; mientras que *Calosphace sensu* Harley *et al.* (2004) y Walker y Systma (2006) donde *Audibertia* se considera un subgénero hermano está soportado por valores de 51% BP/ 57% JK/ 1 PP. El trabajo de Jenks *et al.* (2012), es el más reciente sobre filogenia de *Calosphace*; en él incluyeron 171 secuencias, que representan a 73 (74%) de las 99 secciones y el 37.5% de las especies consideradas por el autor. En el cuadro 20, se presenta una comparación entre el trabajo de Jenks *et al.* (2012) y el presente sobre la representación de las secciones y su monofilia. En algunos casos, se recuperaron valores de probabilidad posterior para algunas secciones que no muestran resolución en el cladograma consenso de parsimonia (figs. 14A-D), los valores se reportan en el cuadro 20 y el cladograma bayesiano de consenso se encuentra en el apéndice VI (figs. 32 A-C).

A continuación se discuten los principales clados y secciones de *Calosphace*:

- **Sección *Audibertia*:** Este grupo es considerado por Epling (1938) como una sección dentro del subgénero *Calosphace*, mientras que otros la ubican como un subgénero hermano (Harley *et al.*, 2004; Walker y Systma, 2006; Jenks *et al.*, 2012) como originalmente fue descrito por Bentham (1833). *Audibertia* es un grupo monofilético que se ha separado de *Calosphace*, porque presenta características particulares de metabolitos secundarios, hábito y morfología del androceo (Epling, 1938; Neisess, 1983). Los caracteres moleculares también apoyan estas

propuestas, en el análisis bayesiano, *Audibertia* es monofilética con 1 PP (fig. 32A, apéndice VI), pero en el cladograma consenso del análisis de parsimonia, esta relación no se recupera (fig. 14A). Jenks *et al.* (2012) incluyeron sólo a tres especies y recuperaron un clado con soporte menor a 50%.

- ***Salvia axillaris*** (fig. 14A y 32A): Como ha sido reportado por Walker *et al.* (2006) y Jenks *et al.* (2012), esta especie, que es la única representante de la sección *Axillares*, es el grupo hermano del resto de *Calosphace*, relación que es congruente con características del androceo de esta especie (Walker y Systma, 2007). Tanto en el análisis de parsimonia como en el bayesiano (figs. 14A y 32A), esta relación se recupera (50%> BP y JK, 0.69).
- **“Clado *Hastatae*”** (fig. 14A y 32A, 99% BP/ 100 JK/ 1 PP): Este clado que contiene especies de la sección *Blakea*, *Hastatae* y *Standleyana*, se ha reportado anteriormente por Walker *et al.* (2006) y Jenks *et al.* (2012) con valores de soporte semejantes (97% BP/ 1 PP).
- **“Clado *Uliginosae*”** (fig. 14A y 32A, 50%> BP/50 JK/1 PP): Contiene especies de nueve secciones (algunas de ellas monotípicas), de las cuales, con el muestreo actual de especies, dos son monofiléticas en ambos análisis: *Corrugatae* (50%> BP/ 50% JK/ 1 PP) y *Microsphace* (77% BP/ 81% JK/ 1 PP). A diferencia del trabajo de Jenks *et al.* (2012), donde la sección *Incarnatae* resulta monofilética (78% BP/ 1PP), en el presente sólo se recupera en el análisis bayesiano (0.97 PP, fig. 32A, apéndice VI). La mayoría de las especies en este clado pertenecen a la sección *Uliginosae*, que no es monofilética; no obstante, se debe considerar que el muestreo de esta sección con distribución disyunta es pobre (29%), con respecto a la diversidad de la misma. Por otro lado, el clado *Uliginosae* recuperado en los análisis de datos moleculares, contiene especies con una gran diversidad morfológica: con brácteas caducas (sección *Uliginosae*) a persistentes (secc. *Cucullatae*); flores azules y violetas (secc *Uliginosae*), blancas con tintes azules (*S. albocaerulea* Linden) a rojas (*S. cinnabarina* M. Martens et Galeotti); con estambres insertos (secc. *Uliginosae*) a exsertos (secc. *Incarnatae*) y con tubos de corola desde unos cuantos milímetros (4-5.5 mm en secc. *Microsphace*) hasta casi 2 cm en *S. albocaerulea*; estas características indican la presencia de al menos dos tipos de síndromes de polinización dentro del clado: melitofilia y ornitofilia (Wester y Claßen-Bockhoff, 2011), por lo que resulta difícil determinar alguna sinapomorfía morfológica para este grupo; sin embargo, presenta un indel sinapomórfico en el espaciador *psbA-trnH* (Jenks *et al.*, 2012). Es necesario ampliar el muestreo de especies de este clado para poder mejorar la resolución de las relaciones.

Cuadro 20. Comparación entre el muestreo de secciones y su monofilia entre Jenks *et al.* (2012) y el presente trabajo (Modificado de Jenks *et al.* (2012)).

Sección (*monotípica)	Especies muestreadas/ Especies en la sección		Monofilia apoyada	
	Jenks <i>et al.</i> (2012)	Presente trabajo	Jenks <i>et al.</i> (2012)	Presente trabajo
<i>Albolanatae</i>	2/2	2/2	No	No
<i>Angulatae</i>	9/48	11/48	No	No
<i>Atratae*</i>	1/1	1/1	-	-
<i>Audibertia</i>	3 especies como grupo externo	15/18	-	Sólo bayesiano (1 PP)
<i>Axillares*</i>	1/1	1/1	-	-
<i>Biflorae</i>	2*/4 secuencia difícil de alinear	1/4	No	-
<i>Blakea</i>	2/5	2/5	No	Politomía (<50% BT y JK/ 1 PP)
<i>Bracteata*</i>	1/1	1/1	-	-
<i>Brandegeia</i>	2/3	2/3	No	No
<i>Briquetia</i>	1/6	1/6	No (variedades)	-
<i>Caducae</i>		1/3	-	-
<i>Cardinales</i>	6/10	6/10	No	No
<i>Carneae</i>	2/3	2/3	No	No
<i>Chariantha*</i>		1/1	-	-
<i>Coeruleae</i>	2/3	2/3	No	No
<i>Conzattiana</i>	2/3	2/3	No	No
<i>Corrugatae</i>	2/5	2/5	Sí (66% BP/ 0.95 PP)	Sí (50%> BP/ 50% JK/1 PP)
<i>Cucullatae*</i>	1/1	1/1	-	-
<i>Curtiflorae</i>	3/8	3/8	No	No
<i>Cylindriflorae</i>	2/14	2/14	No	No
<i>Discolores*</i>	1/1	1/1	-	-
<i>Donnellsmithia</i>	1/3	1/3	-	-
<i>Dusenostachys</i>	4/6	4/6	No	No
<i>Erythrostachys</i>	4/5	4/5	Sí (<50% BP/ 0.90 PP)	Sí (61% BP/ 70% JK/1 PP)
<i>Exiles*</i>	1/1	1/1	-	-
<i>Farinaceae</i>	3/5	6/5	No	No
<i>Fernaldia*</i>	1/1	1/1	-	-
<i>Flocculosae</i>	9/23	8/23	No	No
<i>Floridae</i>	1/2	1/2	-	-
<i>Fulgentes</i>	5/7	5/7	No	No
<i>Glareosae</i>	1/4	1/4	-	-
<i>Hastatae</i>	3/8	3/8	Sí (77% BP/ 1 PP)	Sí (69% BP/ 79% JK/1 PP)
<i>Hoehneana</i>	1/2	1/2	-	-
<i>Incarnatae</i>	2/2	2/2	Sí (78% BP/ 1 PP)	Sólo bayesiano (0.97 PP)
<i>Insigniflorae*</i>	1/1	1/1	-	-
<i>Iodanthae</i>	2/3	2/3	No (politomía)	No
<i>Killipiana</i>	1/2	1/2	-	-
<i>Lanatae*</i>	1/1	1/1	-	-
<i>Lavanduloideae</i>	3/14	15/15 (3 var.)	No	Sí (<50% BT y JK/ 0.76 PP)
<i>Leonuroideae</i>	1/2	1/2	-	-
<i>Leucocephalae</i>	1/2	1/2	-	-
<i>Longiflorae</i>	1/6	1/6	-	-
<i>Longipes</i>	3/4	2/4	No	No
<i>Lopeziana*</i>	1/1	1/1	-	-

<i>Macrostachyae</i>	1/6	1/6	-	-
<i>Malacophyllae</i>	4/8	4/8	No	No
<i>Maxonia</i>	2/9	1/9	No	-
Membranaceae	1*/14 mal identificada	14/15	-	Sólo bayesiano (0.57 PP)
<i>Micranthae</i>	0/10	1/10	-	-
<i>Microspheae</i>	2/5	2/5	Sí (100% BP/ 1 PP)	Sí (77% BP/ 81% JK/1 PP)
<i>Mineatae</i>	1/2	1/2	-	-
<i>Mitratae</i>	1/2	1/2	-	-
<i>Nobiles</i>	6/15	6/15	No	No
<i>Pavonia</i>	1*/3 No disponible	0/3	-	-
<i>Peninsulares*</i>	1/1	1/1	-	-
<i>Phoeniaceae*</i>	1/1	1/1	-	-
<i>Polystachyae</i>	1/12	1/12	-	-
<i>Potiles*</i>	0/1	1/1	-	-
<i>Purpureae</i>	4/14	6/14	No	No
<i>Rhombifoliae</i>	1/3	1/3	-	-
<i>Rubescentes</i>	1/10	1/10	-	-
<i>Rudes</i>	3/16	4/16	No	No
<i>Scorodonia</i>	6/19 Distinta circunscripción	4/17	No	No
<i>Secundae</i>	2/11	2/11	No	No
<i>Sigmoideae</i>	3/11	5/11	Sí (95% BP/ 1 PP)	Sí (84% BP/ 81% JK/1 PP)
<i>Silvicolae*</i>	1/1	1/1	-	-
<i>Siphonantha</i>	2/5	2/5	No	No
<i>Skeptostachys</i>	2/3	2/3	Sí (66% BP/ 0.82 PP)	Sí (57% BP/ 75% JK/1 PP)
<i>Standleyana*</i>	1/1	1/1	-	-
<i>Subrotundae</i>	1/2	1/2	-	-
<i>Tomentellae</i>	8/24	8/24	No	No
<i>Tuberosae*</i>	1/1	1/1	-	-
<i>Tubiflorae</i>	3/12	3/12	No	No
<i>Uliginosae</i>	9/31	10/31	No	No
<i>Uricae</i>	0/3 Distinta circunscripción	2/3	-	No

"Core Calosphace"

Es un grupo originalmente designado por Walker *et al.* (2006), contiene a la mayor parte de las especies del subgénero que han sido muestreadas. Se ha recuperado con valores altos de apoyo de ramas, en este caso con 1 PP (fig. 14C, fig. 32B), el grupo hermano de Core *Calosphace* es un clado formado por *S. divinorum* Epling et Játiva y *S. venulosa* Greene. El grupo corona de *Calosphace* no es un grupo fácil de caracterizar, pues contiene a una gran cantidad de especies muy diversas morfológicamente; no obstante, a nivel molecular se distingue por presentar una delección homóloga de nueve pares de bases en el espaciador *psbA-trnH* (Jenks *et al.*, 2012) y otra de 5 pb en la región *trnL-trnF*; en el presente análisis, el grupo está soportado por sustituciones homólogas, seis en ITS y tres en *trnL-trnF*. Walker *et al.* (2006) sugieren que este

grupo puede ser producto de una gran radiación, debido a las ramas cortas en los nodos internos de la filogenia. A continuación se discuten los grupos con mayor soporte:

- **“Clado *Membranaceae*”** (fig. 14B y 32B, 0.56 PP): A diferencia de los trabajos de Walker *et al.* (2006) y Jenks *et al.* (2012), la sección se ubica dentro de “Core *Calosphace*”, esto se debe a que el ejemplar de *S. mocinoi* Benth. secuenciado para representar a la sección, corresponde a un ejemplar mal identificado de *S. setulosa* Fernald (*Uliginosae*) (Jenks, com. pers; J. González, com. pers). La sección *Membranaceae* en el análisis bayesiano se recupera como un grupo monofilético (Cuadro 20 y fig. 32B, 57 PP) que morfológicamente se distingue por presentar brácteas persistentes, reniformes y coloridas (Epling, 1939), así como caracteres micromorfológicos foliares homogéneos (Fragoso-Martínez, 2011). Además de la sección *Membranaceae*, el clado, aquí recuperado, contiene a *S. madrensis* Seem. (*Longipes*) y a dos especies mexicanas de la sección *Nobiles* (fig. 32B, 1 PP), *S. disjuncta* Fernald y *S. adenophora* Fernald, las tres especies son recuperadas en el “Clado *Fulgentes*” por Jenks *et al.* (2012). A pesar de encontrarse en un clado distinto, las relaciones aquí presentadas son congruentes con la remoción de las especies mexicanas de la sección brasileña *Nobiles* propuesta por Santos (1991). Al igual que en el Clado *Uliginosae*, la diversidad morfológica de las especies de este grupo dificulta la propuesta de sinapomorfías; no obstante, el clado *Membranaceae* presenta una duplicación sinapomórfica de seis pares de bases en la región *trnL-trnF*. En este grupo se encuentran especies con gran diversidad de color de corola; desde las especies melitófilas de la sección *Membranaceae* con corolas azules y violetas, a las especies ornitófilas de corola roja (*S. adenophora* y *S. disjuncta*) y una de las pocas especies con corola amarilla, *S. madrensis* (Wester y Claßen-Bockhoff, 2011). Según Reisfield (1987), el paso del color azul a rojo en la corola no es raro en *Salvia* y se debe a la presencia de un “factor rojo” recesivo en homocigotos, que se presenta generalmente en especies con flores azules que ocasionalmente tienen individuos con flores violeta; bioquímicamente, los pigmentos azules son más complejos en estructura que los rojos, por lo que este cambio está dado por la incapacidad de los homocigotos de hidroxilar una antocianidina, pasando de una flor que normalmente sería azul a una roja.
- **“Clado *Fulgentes*”** (fig. 14B y 32B, 88% BP/ 94% JK/ 1 PP): Es un grupo conformado por especies ornitófilas de corola roja que se distribuyen en México y Centroamérica (Jenks *et al.*, 2012). En este clado se encuentran integrantes de las secciones aparentemente artificiales: *Fulgentes*, *Cardinales* o *Holwaya sensu* Ramamoorthy (1984b), *Flocculosae* y *Nobiles sensu* Epling (1939). Esos resultados han sido reportados por (Jenks *et al.*, 2012), pero a diferencia

de la filogenia antes mencionada; en este caso las especies *S. madrensis* (*Longipes*), *S. adenophora* y *S. disjuncta* (*Nobiles*), no se recuperaron en este clado lo cual puede indicar la falta de muestreo que aún existe en *Calosphace*, ya que al agregar nuevos taxa (en este caso la sección *Membranaceae*) la topología es susceptible a alterarse.

- **Sección *Skeptostachys*** (fig. 14C y 32C, 57% BP/ 75% JK/ 1 PP): Es una sección con tres especies, dos de ellas mexicanas y una brasileña, *S. regnelliana* Briq. (Epling, 1939, 1940); las únicas especies que han sido muestreadas son las mexicanas, las cuales forman un grupo monofilético, esta asociación es consistente con la morfología, pues se trata de plantas con inflorescencias péndulas grandes y flores resupinadas polinizadas por colibríes. Iltis *et al.* (2012) consideran que las especies mexicanas de *Skeptostachys*, que a diferencia de *S. regnelliana* presentan una disposición particular de la inflorescencia y flores, tienen mayor afinidad con la sección *Nobiles*, otra sección de distribución disyunta. No obstante, tanto la evidencia morfológica (Santos, 1991) como molecular (Jenks *et al.*, 2012), sugieren que dicha sección no constituye un grupo monofilético y apoyan la segregación de las especies mexicanas. Es necesario obtener secuencias de *S. regnelliana* y ampliar el muestreo dentro de *Nobiles* para establecer con claridad las relaciones entre estas especies.

- **“Clado *Sigmoideae*”** (fig. 14C y 32B, 78% BP/ 77% JK/ 1 PP): El muestreo de *Sigmoideae* en este trabajo es del 63% de las especies; esta sección mexicana es monofilética (84% BP/ 81% JK/ 1 PP), lo cual es consistente con características morfológicas, siendo la más importante la presencia de un estilo con el lóbulo posterior sigmoide (Walker *et al.*, 2006). Dentro del clado también se encuentran *S. tepicensis* Fernald (*Scorodonia*) y *S. sphacelifolia* Epling (*Rudes*) como especies hermanas de *Sigmoideae*. La segunda especie fue segregada de la sección brasileña *Rudes* por Santos (1996), quien sugirió una posible relación entre ésta y *S. tepicensis*, misma que es confirmada por el análisis de Jenks *et al.* (2012). Lo anterior concuerda con la relación que se ha planteado entre *Scorodonia* y *Sigmoideae* por Espejo y Ramamoorthy (1993). Aunque hay más especies de la sección *Scorodonia* muestreadas, *S. tepicensis* es la única que se recupera en este clado, lo cual puede sugerir que esta sección no constituye un grupo natural (Jenks *et al.*, 2012).

- **Sección *Lavanduloideae*** (fig. 14D y 32C, 0.76 PP): Al ser el principal enfoque de este trabajo, se muestrearon todas las especies de esta sección, excepto *S. remota* (no se pudo comprobar la identificación de Jenks *et al.* (2012) para esta especie, por lo que se incluyó pero no se consideró en análisis posteriores). *Lavanduloideae* es monofilética, pero con valores de

soporte bajos y poca resolución, lo cual es atribuible a la baja variación interespecífica encontrada en los marcadores moleculares utilizados. En el árbol de consenso estricto del análisis de parsimonia (fig. 14D) la sección no está resuelta, mientras que en el análisis bayesiano (apéndice VI, fig. 32D), la resolución es mayor y la sección se divide en dos grandes clados, uno donde predominan especies con distribución hacia el noroeste del país como *Salvia guadalajarensis*, *S. cryptodonta*, *S. muscarioides* y *S. subobscura* entre otras, y otro formado por especies del centro del país (*S. rzedowskii*, *S. scaposa*, *S. stachyoides*, etc.) y el morfotipo típico de *S. lavanduloides*. Dicho arreglo sugiere que las relaciones de *Lavanduloideae* siguen un patrón geográfico, donde las especies con distribuciones similares se encuentran más estrechamente emparentadas que las de distribución más distante. Es importante señalar que dentro del análisis bayesiano, el complejo *S. lavanduloides* no es un grupo monofilético pues las variedades de ésta se encuentran en un clado distinto al del morfotipo típico. Cabe mencionar que Jenks y colaboradores (2012) reportan a la sección como parafilética al recuperar un clado formado por *Salvia agnes* y *S. longystila* (*Curtiflorae*); sin embargo, en este trabajo se utilizaron las secuencias empleadas por estos investigadores (Apéndice III) y no se recuperó dicha relación, misma que es improbable por la morfología contrastante de estas especies.

Por último, especies de algunas secciones con distribución disyunta (*Albolanatae*, *Angulatae*, *Nobiles*, *Purpureae*, *Rudes* y *Tomentellae*) se encuentran en clados separados, lo cual denota la existencia de numerosos paralelismos morfológicos surgidos entre las radiaciones Centro y Sudamericanas del género (Jenks *et al.*, 2012).

2. Los caracteres moleculares en la reconstrucción filogenética del subgénero *Calosphace*

Los marcadores moleculares empleados en este trabajo fueron elegidos con base en los trabajos de Walker *et al.* (2006) y Jenks *et al.* (2011), donde empleaban las regiones ITS y *trnL-trnF*. Posteriormente, Jenks *et al.* (2012) cambiaron la región *trnL-trnF* por *trnH-psbA*, ya que argumentan que este espaciador parece aportar un mayor número de caracteres informativos. No obstante, las secuencias de ITS y *trnL-trnF* para el presente trabajo ya se tenían y existía un mayor número de secuencias para *Calosphace* en GenBank de estos dos marcadores moleculares, por lo que no se secuenció el espaciador intergénico *trnH-psbA*. En un trabajo futuro resultaría conveniente secuenciarlo junto con algún otro marcador nuclear como ETS.

2.1. Utilidad de los caracteres moleculares a nivel de secciones

Como se observa en el cuadro 18, el marcador molecular con un mayor número de caracteres informativos fue ITS (42.87%), mientras que la región *trnL-trnF* aportó la menor cantidad con respecto a su longitud (6.92%). La resolución del árbol consenso de *Calosphaece* (figs. 14A-D) es pobre y menor a la de Jenks y colaboradores (2012), lo cual se puede deber a que ese autor empleó el espaciador *trnH-psbA* en lugar de *trnL-trnF*. No obstante, los clados más importantes se mantienen, aunque con soporte menor, y secciones como *Lavanduloideae*, *Skeptostachys*, *Membranaceae*, *Sigmoideae*, entre otras, son recuperadas como grupos monofiléticos, lo cual indica que la variación de los marcadores utilizados permite definir relaciones a nivel de secciones. En el caso de *Lavanduloideae*, los marcadores moleculares permiten recuperar a la sección como un grupo monofilético con soporte bajo (fig. 14D); sin embargo, al interior de la sección la variación que presentan no es suficiente para darle resolución al clado.

Un efecto que se observó al agregar especies a los datos de Jenks *et al.* (2012) fueron cambios en las relaciones entre especies y secciones, tal es de la sección *Lavanduloideae*, que había sido reportada como parafilética, pues *S. agnes* se asociaba con *S. longystila* (*Curtiflorae*); sin embargo, en el presente trabajo se incluyeron esas secuencias junto con las demás especies de la sección y el patrón antes reportado no se recuperó. Lo anterior parece indicar la falta de muestreo que aún existe para el subgénero y secciones; debe considerarse que para proponer el muestreo de especies en este trabajo, la base fueron las hipótesis de relación de Jenks (2009) y que algunos de los clados obtenidos por él fueron alterados con la introducción de más terminales.

2.2. Utilidad de los caracteres moleculares al interior de la sección *Lavanduloideae*

Cuando el número de terminales disminuye, la cantidad de caracteres informativos que aportan los marcadores decrece dramáticamente (cuadro 19) y la monofilia de la sección no se recupera (fig. 15), aun cuando se implementa un modelo de sustitución molecular para cada marcador en un análisis bayesiano (fig. 16). En este último caso, el uso de los modelos incrementó la resolución y apoyo de las ramas al interior de la sección. En un análisis posterior sería recomendable incrementar el número de marcadores o utilizar marcadores moleculares más sensibles a este nivel taxonómico como los AFLPs (Després *et al.*, 2003).

Sobre la topología obtenida en el análisis de evidencia total, un mapeo de caracteres indicó que para los marcadores moleculares seleccionados no existen sinapomorfías para *Lavanduloideae*

(fig. 19). No obstante, ambos marcadores aportan información para la definición de los dos grandes clados de la sección, el Clado I comparte tres sustituciones sinapomórficas en la región ITS, mientras que en el Clado II las sustituciones sinapomórficas son en la región *trnL-trnF* (fig. 19). Por otro lado, existe un evento de inserción-delección sinapomórfico para *Lavanduloideae* en la región ITS.

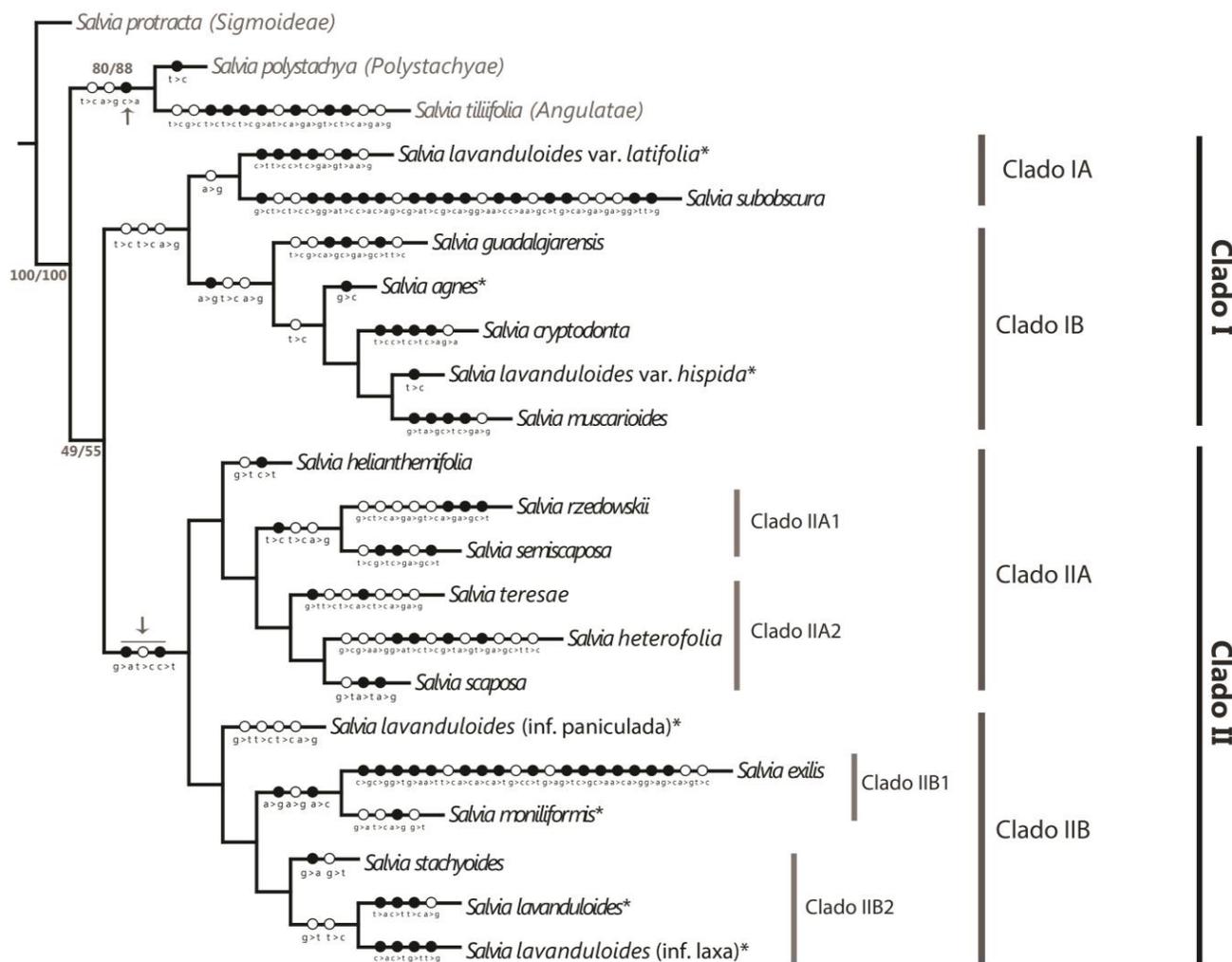


Figura 19. Mapeo de caracteres moleculares en el mejor árbol derivado del análisis de parsimonia de evidencia total (L= 434.87; CI= 0.570; RI= 0.485). Los círculos negros indican apomorfias (sinapomorfias y autpomorfias) y los círculos vacíos indican caracteres homoplásicos. Las flechas grises indican los caracteres derivados de la región *trnL-trnF* que ayudan a definir grandes clados. Letras grises= Grupo externo; *Complejo *S. lavanduloides*; valores en los nodos: Bootstrap/ Jackknife.

3. Los caracteres morfológicos en la reconstrucción filogenética de la sección *Lavanduloideae*

Estos caracteres demostraron tener señal estadística en los análisis; no obstante, la señal estadística no siempre coincide con la filogenética. En el análisis filogenético se mapearon las sinapomorfias, para identificar la importancia de estos caracteres.

3.1. Utilidad de los caracteres de morfometría de distancias

En los caracteres univariados se detectaron diferencias entre las especies (figs. 8-9). Para la sección *Lavanduloideae* una sinapomorfía es el tamaño de pecíolo, los cuales son más cortos que los de las especies del grupo externo. Dentro de la sección existen algunas diferencias dentro del rango establecido, *S. heterofolia* presenta hojas subsésiles y *S. exilis*, *S. stachyoides* y *S. lavanduloides* var. *hispida* son los únicos taxa con pecíolos largos (fig. 8B); al interior de la sección todos los caracteres univariados constituyen sinapomorfías para diferentes clados; por ejemplo, la longitud del pedúnculo es una sinapomorfía del clado II, mientras que la mayor distancia entre verticilastros es una característica compartida del clado I (fig. 17).

Debido a que la mayoría de las medidas de los módulos multivariados estaban altamente correlacionadas y uno de los supuestos para elegir caracteres para análisis filogenéticos es la independencia entre los mismos (De Luna y Mishler, 1996); se decidió emplear los valores del primer componente principal (bráctea) o los dos primeros PCs (cáliz, corola y hoja), ya que el análisis de componentes principales genera ejes independientes. El grupo externo forma un clado, donde las dos especies tienen como sinapomorfías: el PC1 de cáliz (al que contribuyen en mayor parte las medidas de largo de los dientes superior e inferior y largo del tubo), el PC2 de corola (que corresponde a las distancias de largo total de la corola y largo del labio inferior) y ambos PCs de hoja; en el caso de *Lavanduloideae*, ninguno de los caracteres multivariados constituyen una sinapomorfía para la sección, pero dentro de ella algunos representan caracteres compartidos en distintos grupos. Por ejemplo, para el clado II el PC1 de bráctea y el PC2 de hoja son sinapomórficos, mientras que para el clado IIB lo son los PC1 de bráctea y hoja, junto con el PC2 de cáliz.

En el análisis filogenético, el bloque de distancias tiene índices relativamente bajos (IC promedio= 0.382 y el IR promedio= 0.319); no obstante, una prueba excluyéndolo da como resultado una topología con menor resolución, aunque con mayor valor de jackknife (70 vs 55). Dentro de los caracteres con índices de consistencia más altos destacan: longitud del pedúnculo (IC= 0.517; IR= 0.675), PC1 de cáliz (IC= 0.484; IR= 0.501), PC2 de corola (IC= 0.450; IR= 0.196) y PC1 de bráctea (IC= 0.408; IR= 0.233).

Los caracteres de morfometría de distancias obtenidos para *Lavanduloideae* se sobrelapan, lo cual fue reportado también por Chew (2001) y de Nova (2001), esto se debe a la gran similitud morfológica de la mayoría de las especies. Dentro del complejo *S. lavanduloides* dicha similitud

se acentúa, pero los caracteres que permiten la distinción de especies son: 1) Longitud del pecíolo, que separa a *S. lavanduloides* var. *hispida* del resto del complejo. 2) Longitud del pedúnculo, permite distinguir a la especie con los pedúnculos más cortos (*S. lavanduloides* var. *latifolia*) de las demás. 3) La distancia entre los verticilastos es una diferencia significativa entre *S. moniliformis* y todas las demás especies del complejo.

En el caso de los caracteres multivariados, el PC2 del cáliz (en el que dominan los tamaños de los dientes del cáliz) separa a *S. moniliformis* de las demás especies; el PC2 de hoja (donde el ancho de la lámina contribuye más) distingue al morfotipo con inflorescencia paniculada de *S. lavanduloides*, que tiene hojas elíptico-lanceoladas y por lo tanto angostas, del resto de los taxa complejo.

3.2. Utilidad de los caracteres de morfometría geométrica

Este trabajo constituye un esfuerzo por incorporar datos de morfometría geométrica como nuevas fuentes de información a los análisis estadísticos y filogenéticos del género *Salvia*, por lo que se propusieron tres caracteres y se exploró su utilidad tanto en la separación de especies como en la reconstrucción filogenética.

-Cáliz: Contrario a lo que se podría asumir debido a la relativa homogeneidad morfológica dentro de *Lavanduloideae*, hay una diversidad de formas de dientes del cáliz importante; destacan *Salvia rzedowskii*, *S. exilis*, *S. teresae*, *S. moniliformis* y *S. guadalajarensis*, como las especies que no se agruparon en clusters en el análisis de UPGMA (fig. 11D) y que presentan las formas de los dientes del cáliz más distintas con respecto al resto de las especies de la sección. Para el complejo *S. lavanduloides* las diferencias en la forma de los dientes del cáliz son muy pequeñas y todos los taxa se encuentran formando un cluster, con excepción de *Salvia moniliformis*. Esta especie tiene los dientes del cáliz agudos, mientras que el resto de los taxa del complejo tienen dientes obtuso-apiculados (fig. 20), esto podría estar relacionado con los datos de morfometría de distancias, donde el PC2 de cáliz dominado por los tamaños de los dientes permite también la identificación de esta especie. En el árbol filogenético con optimización de las coordenadas que describen la forma de cáliz (fig. 22), en el clado IIB, se observa como el cáliz de *S. moniliformis* es distinto a la reconstrucción de la forma ancestral del clado, pues muestra vectores de deformación en los ápices de los dientes.

En el análisis clasificatorio para la forma de dientes del cáliz (cuadro 11, fig. 21), *S. lavanduloides* resulta la especie más plástica, pues varios de los ejemplares muestreados son más similares a especies del complejo u otras especies de la sección (*Salvia helianthemifolia* y *S. heterofolia*), mismas que se encuentran en un clado distinto en el análisis filogenético (fig. 22). Las especies cuyos dientes del cáliz no son similares a *S. lavanduloides*, son *S. guadalajarensis* (GUA) y *S. teresae* (TER).

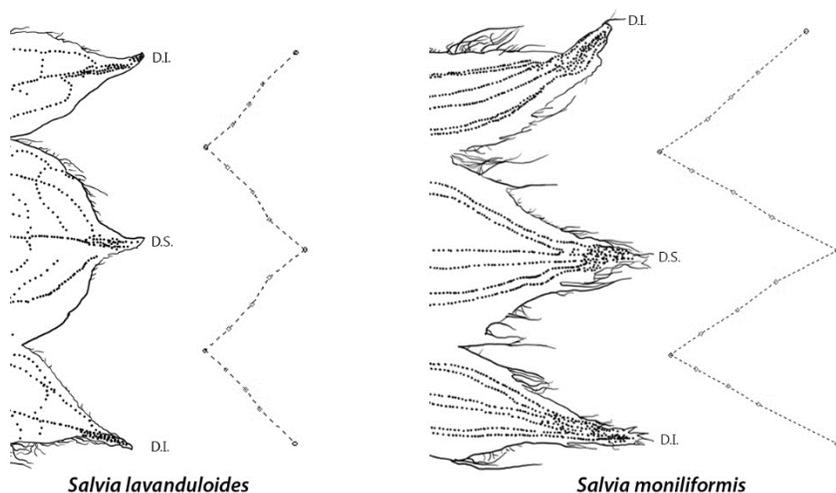


Figura 20. Ilustraciones y forma promedio de los dientes del cáliz de *Salvia lavanduloides* y *S. moniliformis*. D.S.= diente superior; D.I.= diente inferior.

Salvia helianthemifolia y *S. heterofolia*), mismas que se encuentran en un clado distinto en el análisis filogenético (fig. 22). Las especies cuyos dientes del cáliz no son similares a *S. lavanduloides*, son *S. guadalajarensis* (GUA) y *S. teresae* (TER).

En la figura 22 se muestra la optimización de las coordenadas que describen la forma del cáliz en el mejor árbol del análisis de evidencia total. El estado de carácter ancestral reconstruido para la *Lavanduloideae* es un cáliz con el diente superior ligeramente agudo con el ápice mucronado y de un tamaño semejante a los dientes inferiores. Al interior de la sección tanto las proporciones de los dientes como las formas presentan una gran variación, pero para los dos morfotipos de *S. lavanduloides* dentro del Clado IIB2 (fig. 22), la forma de los dientes del cáliz es una sinapomorfía.

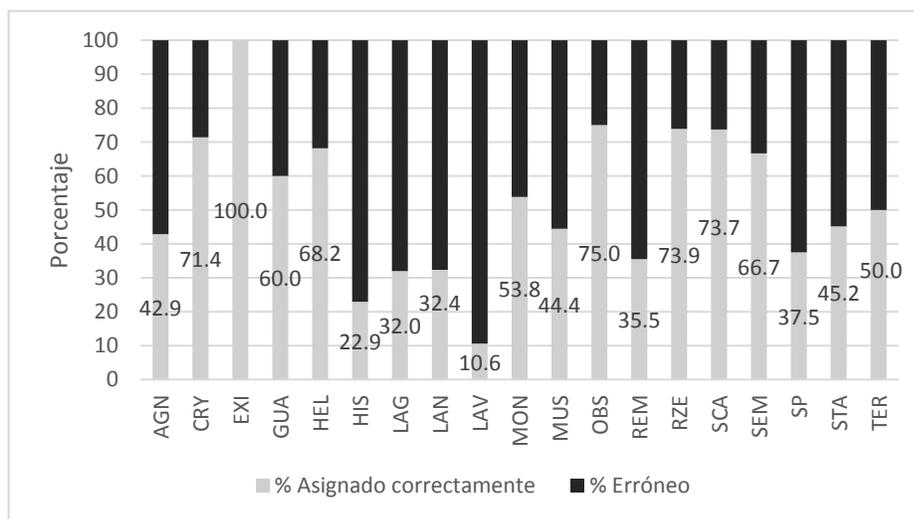


Figura 21. Análisis clasificatorio de variables canónicas para la forma del cáliz.

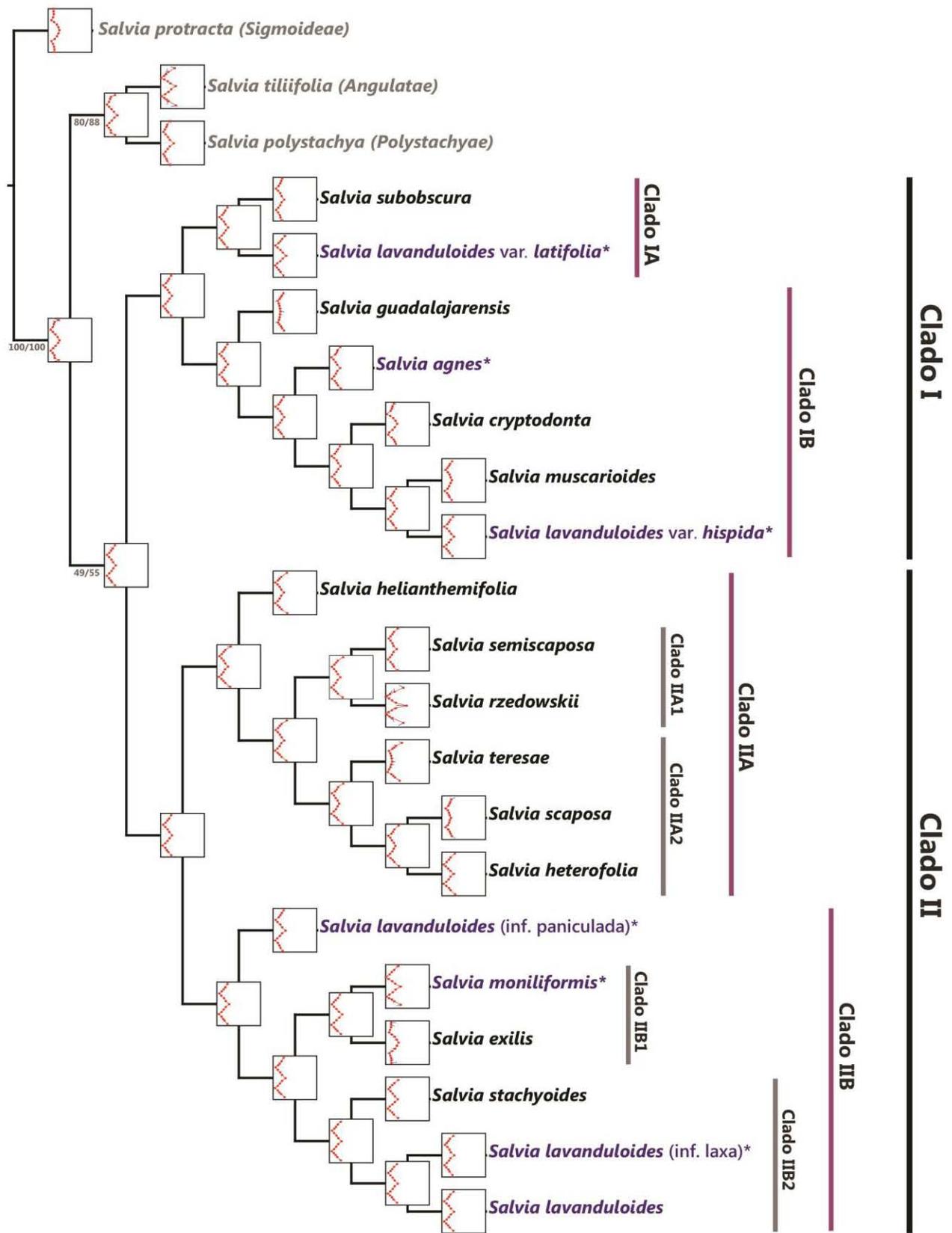


Figura 22. Mejor árbol del análisis de evidencia total (L= 434.87; CI= 0.570; RI= 0.485) con optimización de las coordenadas x, y de la configuración de los dientes del cáliz. Letras en gris= especies del grupo externo; letras en morado con asterisco= complejo *Salvia lavanduloides*. Valores en los nodos: Bootstrap/ Jackknife.

-Bráctea: La forma de la bráctea fue el carácter de morfometría geométrica que menos información brindó, pues presenta una gran variación dentro de las especies. Como se observa en el cuadro 14, el porcentaje de ejemplares correctamente clasificadas en grupos *a priori* es muy bajo, incluso los ejemplares de *S. subobscura* (OBS), *S. teresae* (TER), *S. muscarioides* (MUS), *S. lavanduloides* morfotipo con inflorescencia laxa (REM), fueron clasificados en su totalidad dentro de otros grupos; en el caso de las dos primeras especies, esto puede deberse al tamaño de muestra.

Salvia agnes, especie del complejo, fue la única cuyos ejemplares se asignaron correctamente por el análisis clasificatorio (cuadro 14, fig. 24), aunque el tamaño de muestra también es reducido. La principal diferencia entre la forma de esta especie y *S. lavanduloides* está en el ápice; en la primera es abruptamente acuminado y en la segunda gradualmente acuminado (fig. 23). Estas diferencias son consistentes con el análisis de cluster (fig. 12D), donde *S. agnes* es una de las especies que no se agrupan con el resto. Lo cual es congruente con el análisis filogenético donde esta especie se ubica fuera del complejo.

Para el análisis filogenético, se hicieron pruebas para determinar el papel que desempeñaba este carácter; la remoción del mismo en el análisis de evidencia total alteró la topología aumentando la resolución del árbol, los índices de retención (0.485 vs 0.476) y consistencia (0.570 vs 0.566), también disminuyó la longitud del árbol (L= 434.87 vs L= 438.57); en cuanto a los valores de soporte, incrementó el valor de bootstrap (49 vs 46 en *Lavanduloideae*); pero

no alteró el valor de jackknife para la sección (55 vs 55) y grupo externo (88 vs 88). Debido a lo anterior y a la gran variación de este carácter al interior de las especies, se optó por excluirlo en los análisis de evidencia morfológica y total. Es posible que este carácter adquiriera mayor señal estadística y filogenética en grupos con brácteas persistentes utilizadas para atraer polinizadores, como es el caso de la sección *Membranaceae*.

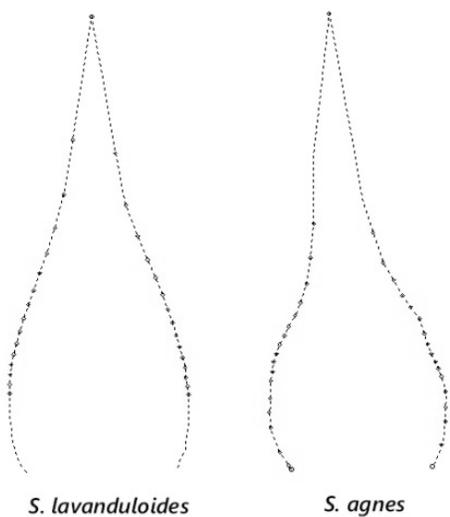


Figura 23. Forma promedio de las brácteas de *Salvia lavanduloides* y *S. agnes*.

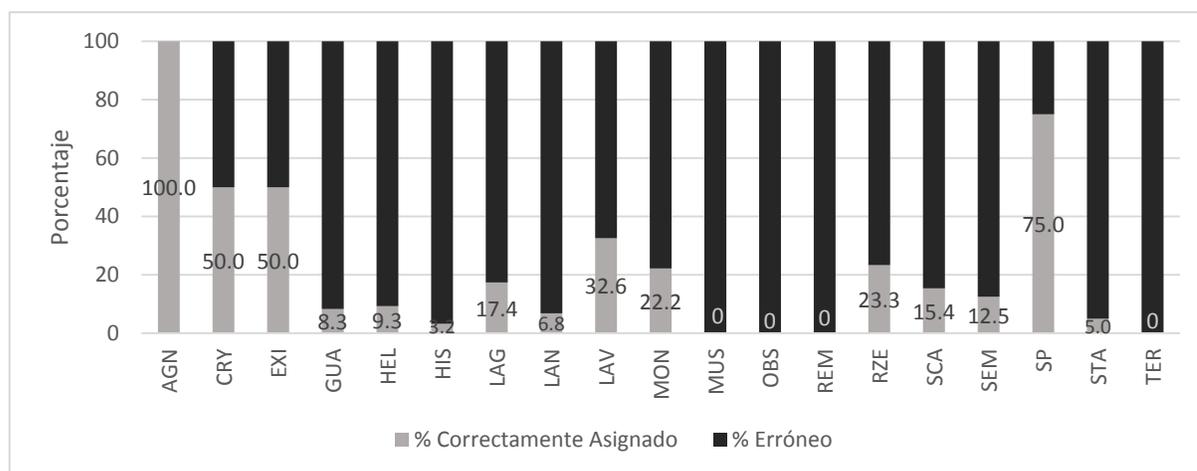


Figura 24. Análisis clasificatorio de variables canónicas para la forma de la bráctea.

-Hoja: La mayoría de las especies de *Lavanduloideae* presentan variaciones de láminas foliares elípticas. En el análisis de clasificación, las especies del complejo resultaron tener el menor porcentaje de asignación correcta (cuadro 16, fig. 26); no obstante, en el análisis de agrupamiento (fig. 13D), dichas especies están en tres clusters distintos: 1) El primero, conformado por el morfotipo de inflorescencia paniculada de *S. lavanduloides* y dos especies de hojas elíptico-lanceoladas, *S. muscarioides* y *S. heterofolia* (fig. 13D). 2) Grupo conformado por taxa de hojas oblongas o elípticas como *S. scaposa*, *S. moniliformis*, *S. rzedowskii*, *S. cryptodonta*, *S. lavanduloides* (fig. 13D), *S. lavanduloides* var. *latifolia* y *S. lavanduloides*

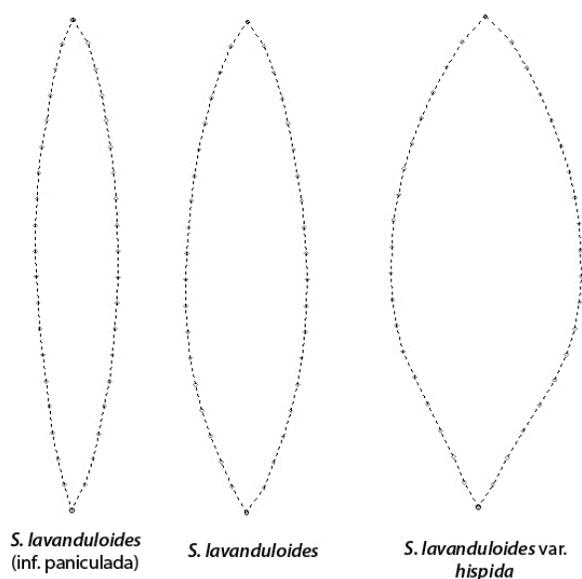


Figura 25. Formas promedio de la hoja de *Salvia lavanduloides* (inf. paniculada), *Salvia lavanduloides* y *S. lavanduloides* var. *hispida*.

(inflorescencia laxa). 3) Especies con hojas oblongo-ovadas como *S. helianthemifolia*, *S. stachyoides*, *S. agnes* y *S. lavanduloides* var. *hispida* (fig. 13D). De lo anterior, se puede decir que en el complejo hay al menos tres formas básicas de hoja o estados de carácter, esto permite distinguir a *S. agnes*, *S. lavanduloides* var. *hispida* y al morfotipo de inflorescencia paniculada del resto de las especies (fig. 25). En la figura 25 se observa que la principal diferencia entre las hojas está dada por el ancho de las mismas, este carácter fue incluido en el análisis dentro del PC2 de lámina foliar.

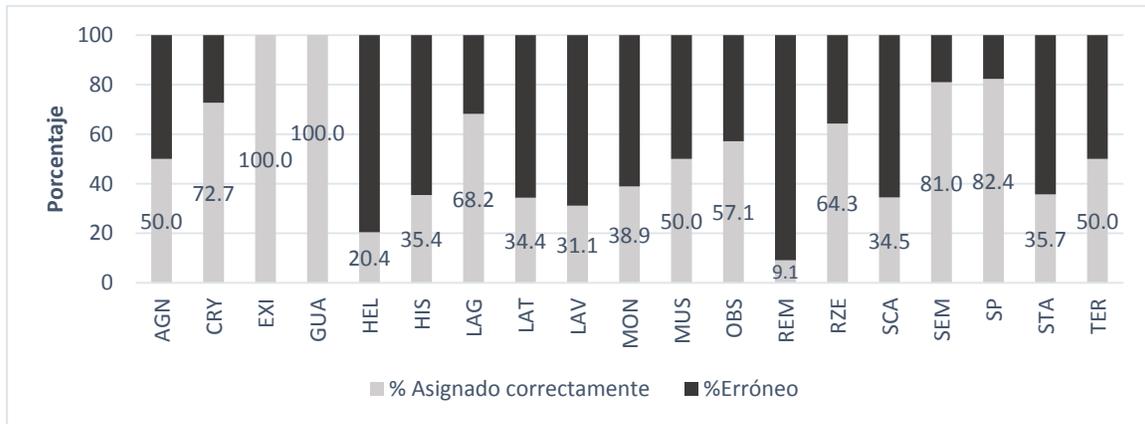


Figura 26. Análisis clasificatorio de variables canónicas para la forma de la hoja.

En la figura 27 se optimizaron las coordenadas que describen la forma de la lámina foliar en el mejor árbol del análisis de evidencia total. Las especies del grupo externo se distinguen por presentar láminas foliares ovadas con base redondeada y ápice agudo. Para *Lavanduloideae*, la reconstrucción del nodo ancestral muestra una lámina elíptica; dicho estado se conserva en varias especies con ligeras variaciones en el ancho de la lámina, ápice o base.

3.3 Utilidad de los caracteres cualitativos

Este tipo de caracteres tuvieron en promedio un IC= 0.732 e IR= 0.716 y presentaron un mayor número de sinapomorfías a nivel de secciones; en el caso de *Lavanduloideae*, las sinapomorfías son: la presencia de un tubérculo caulinar, la forma espatulada del lóbulo inferior del estilo y la proporción de los lóbulos superior-inferior del estilo 3:1.

Dentro de la sección, el clado IIA, donde se concentran las especies de apariencia escaposa, algunos caracteres parecen estar relacionados: el número de flores por verticilastro (fig. 28A), la inclinación de la base del tallo (fig. 28B) y en cierta medida, la orientación de los cálices (fig. 28D). El hábito herbáceo rastrero con inflorescencias escaposas y número reducido de flores por verticilastos, son un grupo de características derivadas que podrían haber surgido en conjunto para este clado. A pesar de ser especies de aspecto escaposo, la ausencia de hojas distales desarrolladas (fig. 28C) es un carácter que parece haber aparecido más de una vez en la historia evolutiva de la sección.

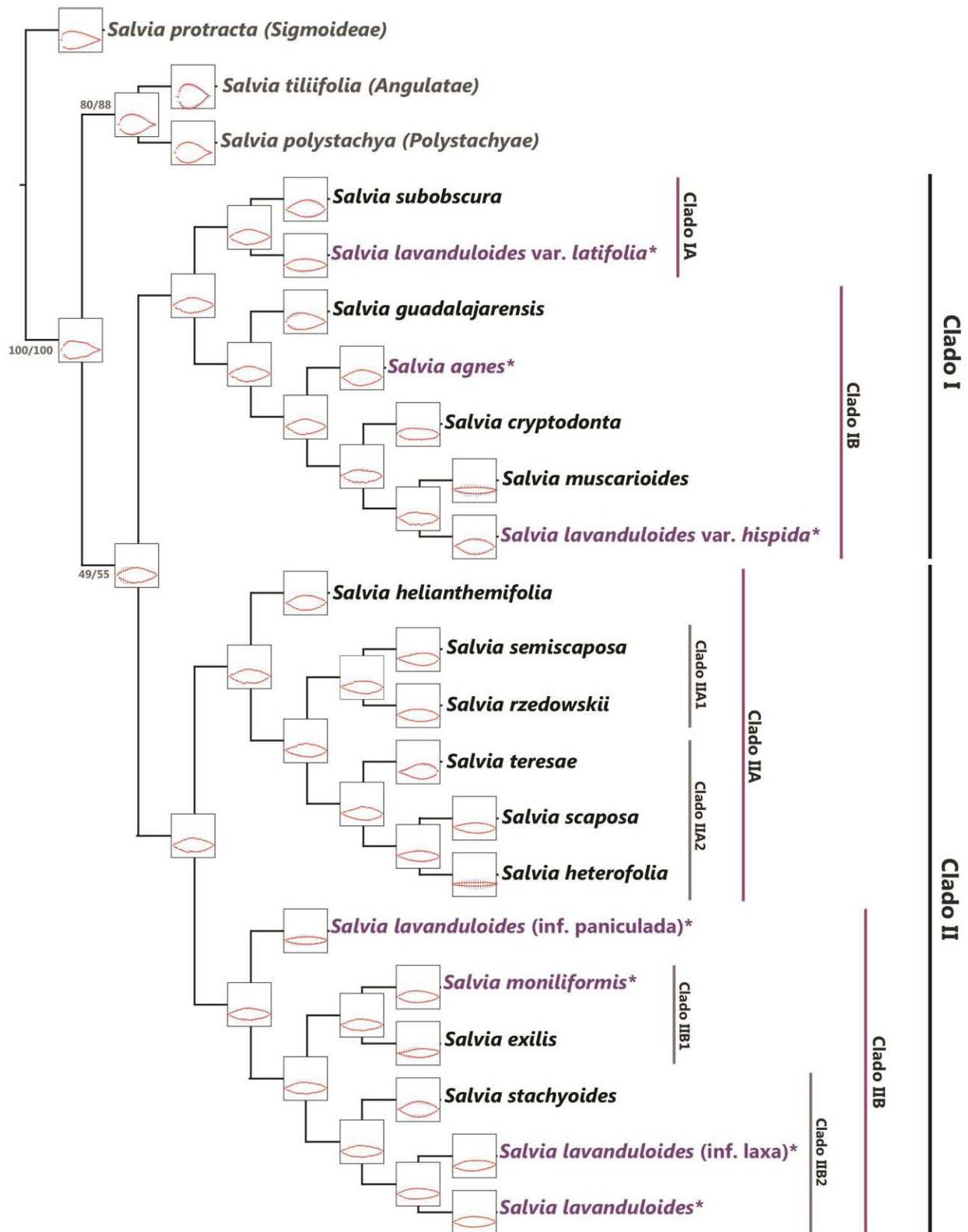


Figura 27. Mejor árbol del análisis de evidencia total (L= 434.87; CI= 0.570; RI= 0.485) con optimización de coordenadas x, y de la configuración de la forma de hoja. Letras en gris= especies del grupo externo; letras en morado con asterisco= complejo *Salvia lavanduloides*. Valores en los nodos: Bootstrap/ Jackknife.

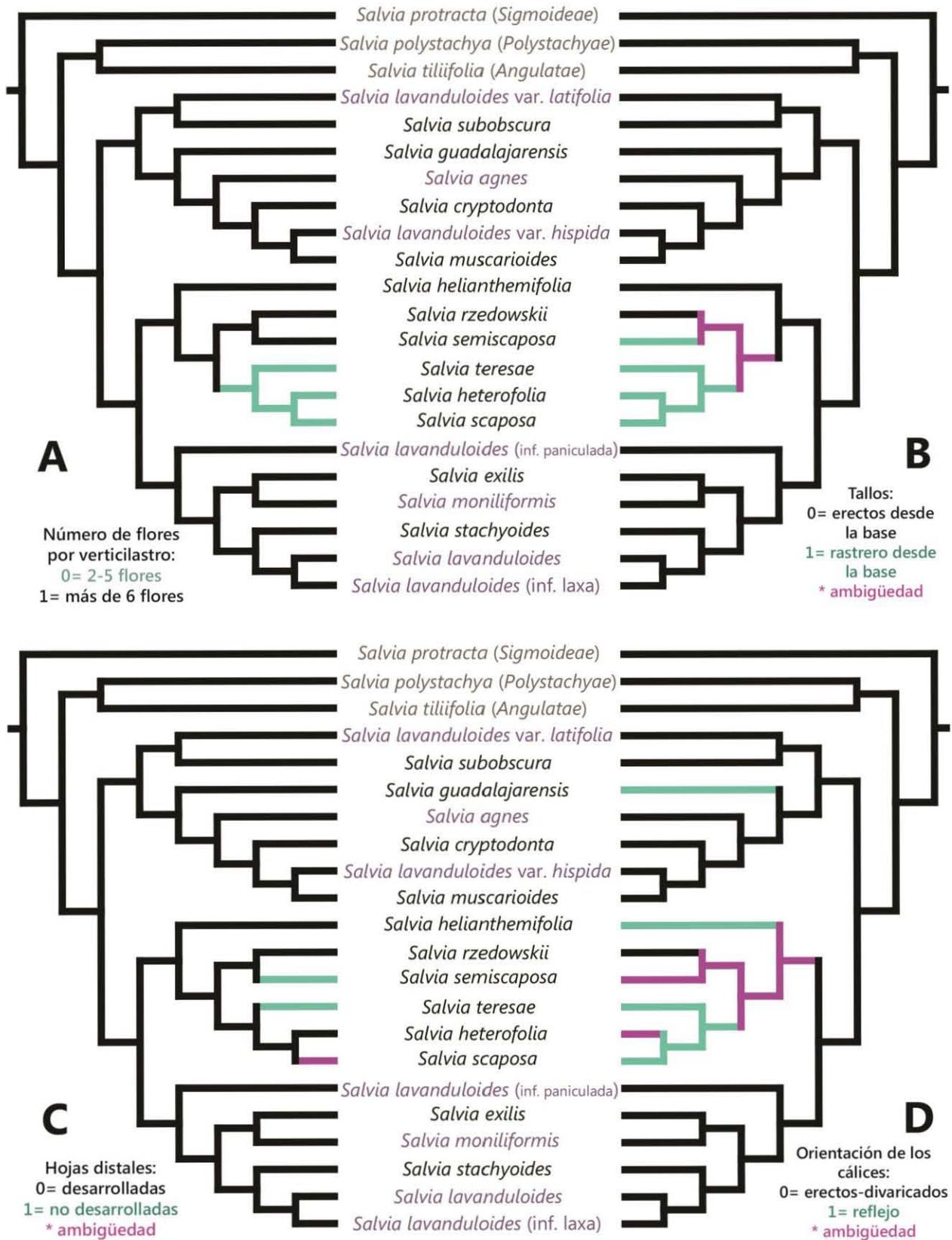


Figura 28. Optimización cuatro caracteres morfológicos en el mejor árbol del análisis de evidencia total. A) Número de flores por verticilastro. B) Tipo de tallo según su ramificación en la base. C) Desarrollo de las hojas distales. D) Orientación de los cálices.

4. Información aportada por las filogenias derivadas de evidencia molecular y morfológica

Los árboles de consenso estricto basado en caracteres moleculares (fig. 15) y el mejor árbol derivado de evidencia morfológica (fig. 17) no son comparables pues el primero proviene del consenso de 21 hipótesis de relaciones con el mismo número de pasos (L= 193); mientras que el segundo es el mejor árbol obtenido al comparar las diez mejores hipótesis de filogenia provenientes de cada una de las corridas del análisis; debido a que este análisis incorpora datos continuos, la longitud de estos árboles se expresa con valores continuos con cuatro cifras decimales, por lo que las diferencias en ocasiones se dan en estas cifras. No obstante, en el árbol consenso de los caracteres moleculares las especies del grupo externo aparecen formando un clado dentro de la sección *Lavanduloideae* (50%> BP y JK/ 1 PP); en el árbol de evidencia morfológica las especies del grupo externo forman un clado con soporte (67 BP/ 83 JK) aparte de *Lavanduloideae*. Esto es consecuencia de la ausencia de sinapomorfías para la sección en los marcadores moleculares utilizados (fig. 19) y la presencia de cuatro sinapomorfías morfológicas en *Lavanduloideae*; sin embargo, los datos moleculares resultan valiosos al interior de la sección para definir algunos clados en el análisis de evidencia total.

5. Análisis de evidencia total y relaciones del complejo *Salvia lavanduloides*

De acuerdo a la evidencia recabada, la sección *Lavanduloideae* es monofilética y debido a su posición en el cladograma con respecto a las demás secciones de *Calosphace* (fig. 14D), se puede considerar uno de los grupos más jóvenes del subgénero; lo cual había sido planteado por Ramamoorthy y Elliot (1998). *Lavanduloideae* incluye a *Salvia rzedowskii* y *S. heterofolia*; la primera especie no fue asignada a ninguna sección al ser descrita (Ramamoorthy, 1984a), sin embargo, guarda semejanza morfológica con la sección, lo cual llevó a Chew (2001) y de Nova (2001) a considerarla dentro de sus análisis. Por otro lado, *S. heterofolia* fue descrita como parte de la sección *Angulatae* por Epling y Mathias (1957), pero debido a la gran similitud en la forma del estilo y sus lóbulos, fue incluida en el análisis. Tanto los análisis de datos morfométricos de distancias como los geométricos evidenciaron que *S. rzedowskii* es una de las especies más disímiles de la sección, lo que coincide con los resultados de Chew (2001), pero, contrario a lo recuperado por esta autora y de Nova (2001), la especie se encuentra dentro de *Lavanduloideae*.

En cuanto a los taxa del complejo como se circunscribió en un principio, las dos variedades de *Salvia lavanduloides* y *S. agnes* (especie segregada de una de las variedades de *S.*

lavanduloides) se encuentran en el Clado I sin formar un grupo monofilético (Fig. 18); el resto de las especies del complejo se ubican en el Clado IIB, siendo los morfotipos de inflorescencia laxa y típico de *S. lavanduloides* los únicos que están agrupados.

5.1. Patrones de distribución

Los clados de la sección *Lavanduloideae* siguen un patrón de distribución geográfico (fig. 29). El clado IB es recuperado tanto por los análisis de evidencia molecular de parsimonia (fig. 14), de inferencia bayesiana (figs. 16, 32D), como por el análisis de evidencia total (fig. 18) y está constituido por especies de la región norte de la Sierra Madre Occidental, dos de las cuales estaban consideradas como parte del complejo *Salvia lavanduloides*. El clado II podría ser el de más reciente aparición debido a su posible asociación a los procesos orogénicos que dieron origen al eje Neovolcánico Transversal, durante el Pleistoceno tardío-Holoceno (Lugo-Hubp, 1990), una radiación derivada de este proceso ha sido planteada por varios autores (Ramamoorthy, 1984b, Palomino *et al.*, 1986; Ramamoorthy y Elliot, 1998). Este clado fue recuperado únicamente por el análisis de evidencia total (fig. 18) y parcialmente (con excepción de *S. heterofolia*) por el análisis bayesiano (fig. 16); la poca resolución de los marcadores moleculares en este clado está dada por la escasez de variación entre especies, que podría deberse a su reciente origen. Dentro del clado IIA el hábito herbáceo con tallo rastrero parece haber surgido dos veces, uno en el clado IIA2 y otra en el IIA1 con *S. semiscaposa*, o bien pudo haber aparecido una sola vez para el ancestro común de estos clados y ser un carácter que *S. rzedowskii* perdió (fig. 28B). La mayoría de los taxa del complejo *S. lavanduloides*, incluyendo a la forma típica de esta especie, están en clado IIB; que pudiera ser el de más reciente surgimiento, ya que se ha postulado que dicha especie es una de las más jóvenes del subgénero (Palomino *et al.*, 1986; Ramamoorthy y Elliot, 1998).

Las relaciones recuperadas en este estudio coinciden en los esfuerzos previos solamente en la asociación de *S. lavanduloides* y *S. moniliformis* en un mismo cluster (Chew, 2001) o en un mismo clado junto con *S. stachyoides* (de Nova, 2001); sin embargo, los resultados del análisis de evidencia total no soportan la relación de las especies antes mencionadas con *S. lavanduloides* var. *hispida* como en los estudios antes mencionados.

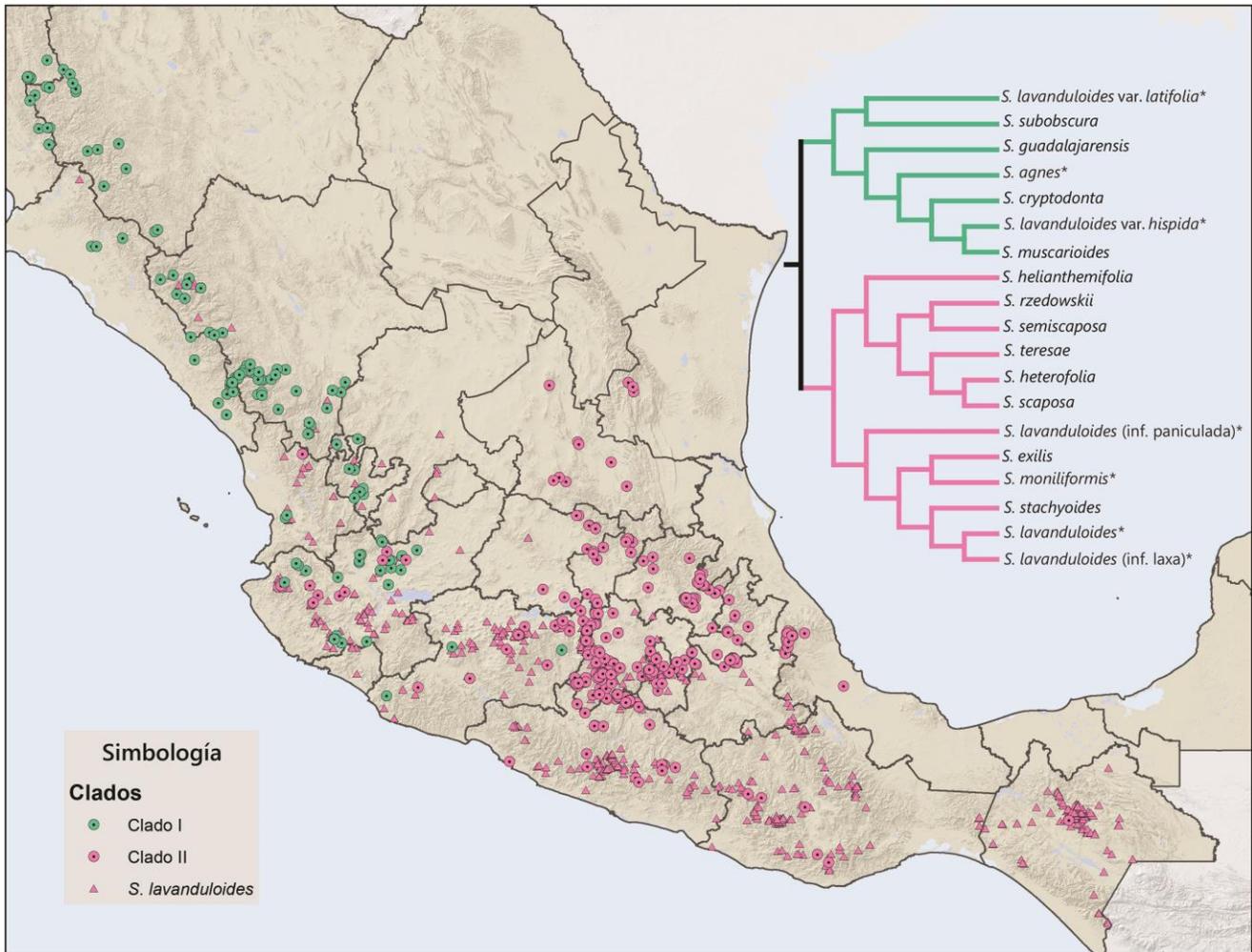


Figura 29. Distribución de las especies de *Lavanduloideae* dentro de los dos principales clados obtenidos en el análisis de evidencia total. *Especies del complejo *Salvia lavanduloides*.

5.2. Implicaciones taxonómicas y cambios nomenclaturales

De acuerdo con los resultados obtenidos, los únicos taxa del complejo (como originalmente se planteó) que forman un grupo son la forma típica y la de inflorescencia laxa de *S. lavanduloides* (clado IIB2, fig. 18); mismas que presentan las siguientes sinapomorfías: dos sustituciones en la región ITS (fig. 19), la forma de los dientes del cáliz (fig. 30A) y de la lámina foliar (fig. 30B), los valores del PC1 de corola (conformado en su mayoría por las medidas del largo de la base a los dos lóbulos), el tamaño de los entrenudos y la altura de la planta. Estos taxa difieren morfológicamente en la distancia entre los verticilastros (figs. 2A-B y 9A) y la longitud de los pedicelos (fig. 9B), lo cual da a las inflorescencias la apariencia compacta (*S. lavanduloides* típica) o laxa; no obstante, estas características pueden estar influenciadas por factores ambientales (Santos, 1995), razón por la cual en el presente trabajo se decide tomar

un criterio conservador y se propone ampliar la circunscripción de *S. lavanduloides* para incluir ambos morfotipos. Lo anterior, da como consecuencia que el complejo *S. lavanduloides* como se planteó originalmente no constituya un grupo monofilético. No obstante, se trata de un conjunto de taxa cuyas semejanzas morfológicas son tan grandes que se pensaba que formaban un grupo natural y han causado confusión en la identificación de las mismas. Con base en los resultados del análisis filogenético de evidencia total y los datos morfológicos recabados, se elaboró una clave dicotómica para la identificación de las especies del complejo y de la sección *Lavanduloideae*, reconocidas en este trabajo (apéndice VII).

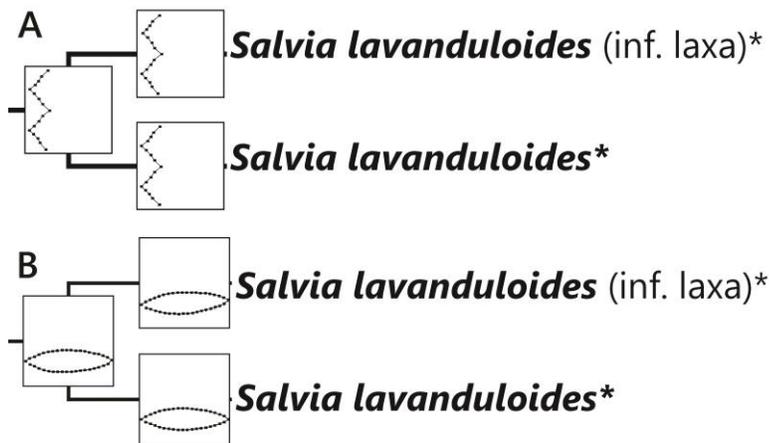


Figura 30. Clado de *Salvia lavanduloides* con la optimización de coordenadas x, y. A) Para la forma del cáliz. B) Para forma de lámina foliar. La ausencia de vectores de deformación indica que la forma del cáliz de estos taxa presenta gran similitud.

Considerando la evidencia obtenida en el presente estudio, a continuación se discuten los cambios nomenclaturales y segregaciones que se proponen para las especies del complejo morfológico de *Salvia lavanduloides*:

-*Salvia agnes* (fig. 42): Esta especie debe mantener su identidad como tal y no ser considerada un sinónimo de *S. lavanduloides* como lo han hecho algunos autores (Govaerts y García-Peña, 2012; Klitgaard, 2012). Los caracteres morfológicos que la distinguen del complejo *S. lavanduloides* son la forma de la hoja (ovado-elíptica vs elíptico-lanceolada), la pubescencia del haz (glabrado vs peloso) y la forma del ápice de la bráctea (abruptamente acuminado vs gradualmente acuminado, fig. 23).

-*Salvia lavanduloides* var. *hispida* (fig. 44): Variedad de *S. lavanduloides* segregada por Bentham (1848), de la cual solo se conoce la descripción, pero es un taxón distinguible de esta, además de tener una distribución solamente al noroeste del país. En este caso, el análisis filogenético sugiere que esta especie está más cercanamente emparentada con *S. muscarioides* que con *S. lavanduloides*, por lo que debe ser segregada (*Salvia* sp. 1 en el apéndice VII). Las

características distintivas de esta especie son la longitud de los pecíolos (mayores a 1.5 cm vs menores a 1.2 cm), la forma de la hoja (ovado-elíptica vs elíptico-lanceolada, fig. 25) y el haz hispido (vs pubescente).

-*Salvia lavanduloides* var. *latifolia* (fig. 45): Esta taxón fue descrito originalmente por Bentham (1848) como una variedad de *S. lavanduloides*; posteriormente, Epling (1939) la segregó como una especie nueva (*S. agnes*); no obstante, el autor utilizó como tipo a un taxón diferente, que corresponde a lo que en este trabajo se considera como *Salvia agnes*. El análisis de evidencia total indica que estas entidades, aunque están en el mismo clado (fig. 18), se encuentran más cercanamente relacionadas con otras especies que entre ellas, por lo que sería necesario segregarla (*Salvia* sp. 2 en el apéndice VII). Las características morfológicas que distinguen a esta especie son: la presencia de inflorescencias axilares (vs terminales), con pedúnculos cortos (ca. 3 cm vs más de 8 cm de largo) e indumento tomentuloso.

-*Salvia moniliformis* (fig. 49): Aunque a simple vista esta especie puede parecer semejante a *S. lavanduloides*, difiere de esta en la forma de los dientes del cáliz (agudos vs obtusos apiculados, fig. 20), la superficie del cáliz (pubescente vs peloso), y la distancias entre los verticilastos mayores (hasta 4 cm de largo vs menos de 2 cm de largo), dando lugar a inflorescencias interrumpidas (vs compacta o laxa en *S. lavanduloides*). En cuanto a distribución, esta especie solamente se encuentra hacia el sur del Eje Neovolcánico, en los estados de México, Morelos, Puebla y Oaxaca. Epling (manuscrito no publicado) propuso a *S. caesiospicata* Epling como una nueva especie, sin embargo, la evidencia morfológica indica que es un sinónimo de *S. moniliformis*. Por otro lado, existe otra especie (*S. remota* Benth.) cuya breve descripción coincide con la de *S. moniliformis*, pero el ejemplar tipo no ha podido ser verificado pues se desconoce su ubicación. En caso de que coincidiera con el de *S. moniliformis*, de acuerdo al principio de prioridad, el nombre correcto de la especie sería *Salvia remota* Benth.

-*Salvia lavanduloides* "morfotipo de inflorescencia paniculada" (Fig. 47): difiere de *S. lavanduloides* por presentar hojas elíptico-lanceoladas con el envés tomentuloso e inflorescencias paniculiformes muy ramificadas (autopomorfías que no se codificaron). Este último estado de carácter es considerado por Santos (1995) como plesiomórfico con respecto a las inflorescencias simples, como las del resto de las especies del clado IIB. Debido a estas diferencias morfológicas, en este trabajo se decidió segregarla como una entidad distinta (*Salvia* sp. 3 en el apéndice VII).

6. Hibridación y reproducción clonal en *Lavanduloideae*

Dentro del subgénero *Calosphace sensu* Epling, se considera que la especiación por hibridación ha jugado un papel importante en su diversificación (Emboden, 1971; Huck, 1992; Ramamoorthy y Elliot, 1998), lo cual se relaciona con las diferencias en los números cromosómicos entre las especies (Palomino *et al.*, 1986; Harley y Heywood, 1992; Ramamoorthy y Elliot, 1998), la mayoría de las especies polipliodes son de la región Centro y Sudamericana, donde se piensa que la evolución del grupo sigue muy activa (Harley y Heywood, 1992). *Salvia lavanduloides* es la única especie de la sección *Lavanduloideae* cuyo número cromosómico se conoce ($2n=66$) y es una especie hexaploide (Palomino *et al.*, 1986), lo cual sugiere un origen híbrido de la especie o incluso de la sección. El hecho de que esta especie tenga una distribución amplia (18 estados en México y Guatemala, Nicaragua y Honduras) y sea poliploide, puede indicar que dicha característica representa una ventaja en la adaptación a distintas condiciones ambientales regionales; sin embargo, para poder aproximarse mejor a la historia evolutiva del grupo, es necesario conocer los niveles de ploidia del resto de las especies de la sección, así como de secciones relacionadas.

Observaciones hechas en campo, junto con reportes previos (Epling, manuscrito no publicado) confirman la simpatria de dos o hasta tres especies de la sección *Lavanduloideae* (en anthesis) en una misma localidad, generalmente, en la mayoría de los casos una de las especies es *Salvia lavanduloides*. El criterio de coexistencia de las especies en las diferentes localidades fue utilizado por Epling (manuscrito no publicado) para validar la integridad de las mismas; sin embargo, no descartó la posibilidad de hibridación dentro de la sección. Ramamoorthy y Elliot (1998) sostienen que las diferencias genéticas entre las especies de salvias que habitan una misma localidad se mantienen gracias a las distintas longitudes funcionales del estambre entre especies; no obstante, si estas medidas son muy semejantes entre sí (lo que ocurre con las especies de *Lavanduloideae*), el color de la corola es el mismo (violeta) y los polinizadores también, la probabilidad de hibridación puede ser alta. Durante el presente estudio se encontraron ejemplares con características intermedias tanto en las colecciones de herbario como en las localidades del Estado de México y Guerrero visitadas (estas entidades están reportadas en el apéndice IV como ejemplares no identificados). En los análisis clasificatorios con datos de morfometría geométrica de cáliz y hoja, dichos ejemplares presentaron gran variación y se encontraron distribuidos irregularmente en los espacios

morfométricos (Cuadros 11 y 16). Para el caso de cáliz, las especies con las que dichos individuos no se confunden morfológicamente son: *S. cryptodonta*, *S. exilis*, *S. guadalajarensis*, *S. muscarioides*, *S. subobscura* y *S. lavanduloides* (inf. paniculada). Mientras que para hoja, estos individuos no se clasifican dentro de los espacios morfométricos de: *S. cryptodonta*, *S. exilis*, *S. guadalajarensis*, *S. lavanduloides* var. *hispida*, *S. lavanduloides* var. *latifolia*, *S. subobscura* y *S. heterofolia*.

Los híbridos putativos son: *S. lavanduloides* × *S. helianthemifolia*, *S. lavanduloides* × *S. scaposa* (fig. 31B), *S. lavanduloides* × *S. stachyoides*, *S. lavanduloides* × *S. guadalajarensis* y *S. lavanduloides* × *S. semiscaposa*. Como *S. lavanduloides* es la especie de más amplia distribución se consideró que es la más propensa a generar híbridos con otras especies de la sección, pero no se descarta que el resto de las especies puedan generar combinaciones distintas que no la incluyan; como tampoco se descarta la capacidad de producción de híbridos interseccionales, los cuales ya han sido reportados para salvias colombianas (Fernández-Alonso, 2008). Se requieren más estudios sobre hibridación en el subgénero *Calosphace* y particularmente en la sección *Lavanduloideae* para confirmar estas hipótesis.

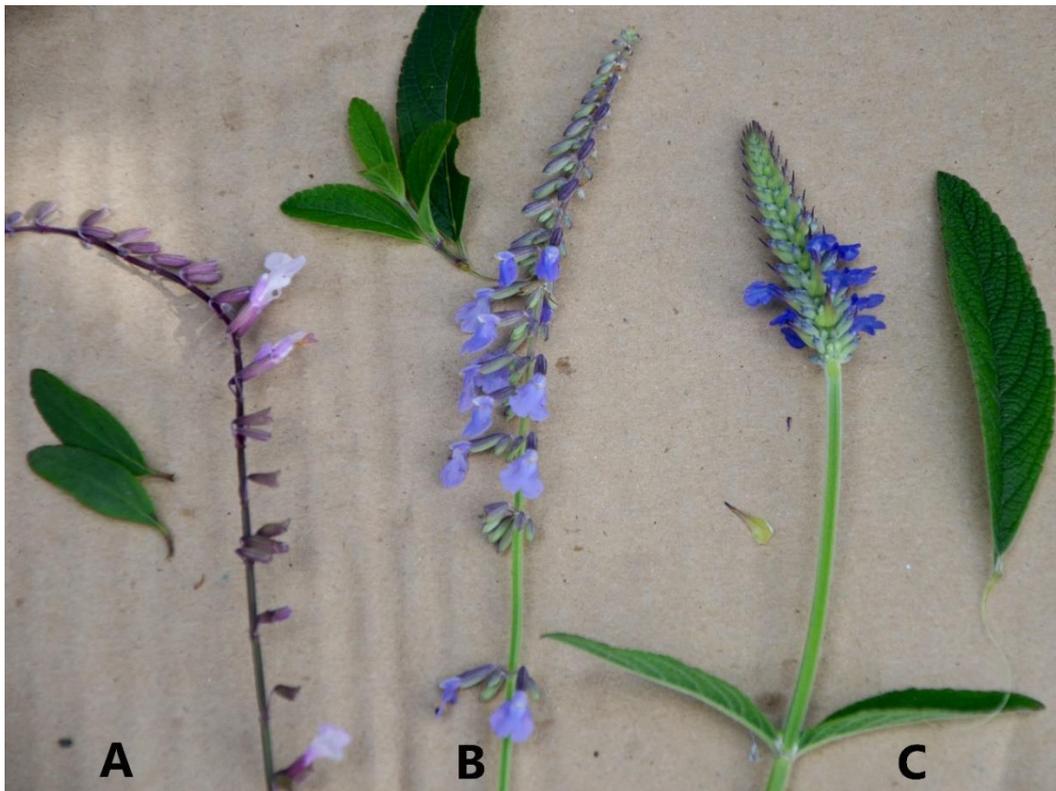


Figura 31. Taxa simpátricos de la sección *Lavanduloideae* de Taxco, Guerrero. A) *Salvia scaposa*. B) Híbrido putativo de *S. scaposa* y *S. lavanduloides*. C) *Salvia lavanduloides*. Fotografía de M. Martínez.

Observaciones hechas en campo de un híbrido putativo de *S. lavanduloides* × *S. scaposa* (fig. 31B) indican que dichos individuos son escasos pero producen semillas; sin embargo, su viabilidad no ha sido comprobada. Otro aspecto de la reproducción de las especies de la sección es la presencia de tubérculos caulinarios que generan estolones, a partir de los cuales se desarrollan nuevos rametos, la reproducción clonal también se ha observado a partir de tallos. En campo, estas estructuras se han visto en *S. lavanduloides*, *S. scaposa* y *S. rzedowskii*. Esta estrategia podría favorecer a los híbridos en el caso de que la fertilización cruzada con algún parental u otro individuo híbrido, no fuera exitosa o la producción de semillas viables fuera escasa o nula.

Por otro lado, una estrategia desarrollada por algunas de las especies con tiempos de floración cortos para evitar la hibridación es el desfase fenológico, esto se observó en una localidad donde coexistían *S. helianthemifolia* y *S. stachyoides*, en este caso la primera presentaba flores de noviembre a febrero, mientras que la segunda de julio a octubre.

VII. Conclusiones y perspectivas

- De acuerdo con la evidencia morfológica y molecular recabada en el presente estudio, la sección *Lavanduloideae* es monofilética; a diferencia del complejo *Salvia lavanduloides*, que es un grupo parafilético. Lo anterior se debe a que las especies de la circunscripción original, a pesar de compartir grandes semejanzas morfológicas, no están cercanamente relacionadas con *S. lavanduloides*.
- Los caracteres más importantes para la distinción de las especies fueron de tipo morfológico. Los caracteres de morfometría geométrica que más información aportaron fueron la forma de los dientes del cáliz y la hoja. En morfometría de distancias, los caracteres más relevantes en la distinción de especies fueron la longitud del pedúnculo, de verticilastos y pedicelo.
- La variación de los marcadores moleculares empleados (ITS y el intrón *trnL* junto con el espaciador entre los genes *trnL* y *trnF*) no es suficiente para dar resolución al interior de la sección; sin embargo, resultan buenos indicadores a nivel de secciones; por ello, es necesario aumentar el número de marcadores moleculares o explorar marcadores como AFLPs o RAPDs, así como ampliar el muestreo de terminales.
- La sección *Lavanduloideae* está compuesta por 18 especies (17 endémicas de México), cuatro de ellas no descritas. Se sugiere ampliar la circunscripción de la misma para que contemple a *S. heterofolia* y *S. rzedowskii*. Así mismo, es necesario ampliar la circunscripción de *S. lavanduloides* para incluir a los morfotipos típico y de inflorescencia laxa, pues el principal carácter que separa a estos taxa está sujeto a cambios dependientes de variables ecológicas.
- Los clados de la sección *Lavanduloideae* siguen un patrón geográfico. La mayor diversidad de especies está localizada sobre la Faja Volcánica Transmexicana, que se considera una formación joven, lo cual sugiere un origen reciente del grupo.
- Para corroborar la hipótesis de relación dentro de la sección *Lavanduloideae* y el complejo, es necesario explorar fuentes adicionales de evidencia (e.g. polen, anatomía, embriología, etc.). También, se requieren estudios de hibridación y números cromosómicos entre las especies de *Lavanduloideae*, para ampliar el conocimiento sobre la historia del grupo.

VIII. Literatura citada

- Álvarez, I. y J.F. Wendel. 2003. Ribosomal ITS sequences and plant phylogenetic inference. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 29: 417-434.
- Baldwin, B.G., M.J. Sanderson, J.M. Porter, M.F. Wojciechowski, C.S. Campbell y M.J. Donogue. 1995. The ITS region of nuclear ribosomal DNA: A valuable source of evidence on angiosperm phylogeny. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 82: 247-277.
- Bentham, G. 1832-36. Labiatarum Genera et Species. James Richway and Sons. Londres, Reino Unido. 783 pp.
- . 1848. Labiatae. in De Candolle, A. *Prodromus systematics naturalis regni vegetabilis*. 12: 303-304.
- . 1876. Labiatae. in Bentham, G. y J.D. Hooker (eds.) *Genera plantarum* 2. Reeve & Co. Londres, Reino Unido. 1279 pp.
- Briquet, J. 1897. Labiatae. En: Engler, A y K. Prantl. *Die natürllichen Pflanzenfamilien nebst ihrer Gattungen und wichtigeren Arten*. IV: 183-287. Leipzig; W. Engelmann.
- Catalano, S. 2011. Script Landcombsch.run. Consultado: 04/04/2013. Disponible en Internet: <http://tnt.insectmuseum.org/index.php/Scripts/Landcombsch.run>
- Catalano, S., P.A. Goloboff y N.P. Giannini. 2010. Phylogenetic morphometrics (I): the use of landmark data in a phylogenetic framework. *Cladistics* 26: 539-549.
- Catalano, S. y P. Goloboff. 2012. Simultaneously mapping and superimposing landmark configurations with parsimony as optimality criterion. *Systematic Biology* 61(3):392-400.
- Chew, T. 2001. Análisis fenético de la sección *Lavanduloideae* del género *Salvia* (Lamiaceae). Informe de servicio social. Universidad Autónoma Metropolitana, México. 21 pp.
- Claßen-Bockhoff, R., P. Wester y E. Tweraser. 2003. The Staminal Lever Mechanism in *Salvia* L. (Lamiaceae) a Review. *Plant biology* 5: 33-41.
- De Luna, E. y B.D. Mishler. 1996. El concepto de homología filogenética y la selección de los caracteres taxonómicos. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 59: 131-146.
- de Nova, A. 2001. Reconocimiento de los caracteres y los estados de carácter útiles para el análisis cladístico de la sección *Lavanduloideae* del género *Salvia* (Lamiaceae). Informe de servicio social. Universidad Autónoma Metropolitana, México. 36 pp.
- Després, L., L. Gielly, B. Redoutet y P. Taberlet. 2003. Using AFLP to resolve phylogenetic relationships in a morphologically diversified plant species complex when nuclear and chloroplast sequences fail to reveal variability. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 27: 185-196.
- Doyle, J.J. y J.L. Doyle. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin* 19:11-15.
- Edgar, R.C. 2004. MUSCLE: multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput. *Nucleic Acids Research* 32(5):1792-1797.
- Emboden, W.A. 1971. The role of introgressive hybridization in the development of *Salvia*: section *Audibertia* (Labiatae). *Contributions in Science* 208: 1-15.
- Epling, C. 1938. The Californian *Salvias*. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 25: 95-188.
- . 1939. A Revision of *Salvia* subgenus *Calosphace*. En: *Beihefte Feddes Repertorium Specierum novarum regni vegetabilis* 110. pp 34-42.
- . 1940. Supplementary notes on American Labiatae. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 67(6): 509-534.
- . 1941. Supplementary notes on American Labiatae-II. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 68(8): 552-568.
- . 1947. Supplementary notes on American Labiatae-IV. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 74(6): 512-518.
- . 1951. Supplementary Notes on American Labiatae-V. *Brittonia* 7(3): 129-142.
- . (manuscrito sin terminar, no publicado). *Revision of the genus Salvia subgenus Calosphace*. Manuscrito original depositado en Royal Botanical Garden, Kew. Reino Unido.
- Epling, C. y C. Jativa. 1966. Supplementary Notes on American Labiatae-IX. *Brittonia* 18(3): 255-265.
- Epling, C. y M.E. Mathias. 1957. Supplementary Notes on American Labiatae-VI. *Brittonia* 8(4): 294-313.
- Espejo, A. y T.P. Ramamoorthy. 1993. Revisión taxonómica de *Salvia* sección *Sigmoideae* (Lamiaceae). *Acta Botánica Mexicana* 23: 65-102.

- Fernald, M.L. 1900. A synopsis of the Mexican and Central American species of *Salvia*. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences* 35(25): 496-499.
- . 1910. New and little know Mexican plants, chiefly Labiatae. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences* (45): 417.
- Fernández-Alonso, J.L. 2008. Estudios en Labiatae VI. Hibridación en el género *Salvia* en Colombia y su interés horticultural. *Caldasia* 30(1): 21-48.
- Fragoso-Martínez, I. 2011. Revisión taxonómica de la sección *Membranaceae* del género *Salvia* en México. Tesis de Licenciatura (Biología), Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México. 168 pp.
- Gielly, L. y P. Taberlet. 1994. The use of chloroplast DNA to resolve plant phylogenies: non-coding versus *rbcL* sequences. *Molecular Biology and Evolution* 11:769-777.
- Goloboff, P.A. 1999a. NONA (NO NAME) ver. 2 Publicado por el autor, Tucumán, Argentina.
- . 1999b. Analyzing large data sets in reasonable times: solutions for composite optima. *Cladistics* 15: 415-428.
- Goloboff, P.A., C.I. Mattoni y A.S. Quinteros. 2006. Continuous characters analyzed as such. *Cladistics* 22: 589-601.
- Goloboff, P.A., J.S. Farris y K.C. Nixon. 2008. TNT, a free program for phylogenetic analysis. *Cladistics* 24: 774-786.
- Goloboff, P.A. y S.A. Catalano. 2011. Phylogenetic morphometrics (II): algorithms for landmark optimization. *Cladistics* 27: 42-51.
- Govaerts, R. y M. García-Peña. 2012. World Checklist of Lamiaceae. Facilitado por the Royal Botanic Gardens, Kew. Disponible en Internet: <http://apps.kew.org/wcsp/>. Consultado: 11/09/2012.
- Harley, R.M., C.A. Heywood. 1992. Chromosome numbers in tropical American Labiatae. . En: *Advances in Labiatae Sciencie*. Harley, R. y T. Reynolds (eds.) Kew: Royal Botanic Gardens. pp 211-246.
- Harley, R.M., S. Atkins, A.L. Budanstev, P.D. Cantino, B.J. Conn, R. Grayer, M.M. Harley, R. de Kok, T. Krestovskaja, R. Morales, A.J. Paton, O. Ryding y T. Upson. 2004. Labiatae. En: Kadereit, J.W. (ed.) *The Families and Genera of Vascular Plants*. 7: 167-275.
- Huck, R.B. 1992. Overview of pollination biology in the Lamiaceae. En: *Advances in Labiatae Sciencie*. Harley, R. y T. Reynolds (eds.) Kew: Royal Botanic Gardens. pp 167-181.
- Iltis, H., J.G. González-Gallegos, T.S. Cochrane y J.A. Vázquez-García. 2012. A new species and a new subspecies of *Salvia* (Lamiaceae) from Jalisco and Michoacán, Mexico. *Brittonia* 64(4): 343-352.
- Jenks, A.A. 2009. Systematics and Ethnobotany of *Salvia* Subgenus *Calosphace* and Origins of the Hallucinogenic Sage, *Salvia divinorum*. Tesis de Doctorado en Filosofía (Biología vegetal), Universidad de California, Riverside. California, E.U.A. 184 pp.
- Jenks, A.A., J.B. Walker y S. Kim. 2011. Evolution and origins of the Mazatec hallucinogenic sage, *Salvia divinorum* (Lamiaceae): a molecular phylogenetic approach. *Journal of Plant Research* 124: 593-600.
- Jenks, A.A. J.B. Walker y S. Kim. 2012. Phylogeny of New World *Salvia* subgenus *Calosphace* (Lamiaceae) based on cpDNA (*psbA-trnH*) and nrDNA (ITS) sequence data. *Journal of Plant Research*. Publicado en línea: 2012 Dic 23 [<http://dx.doi.org/10.1007/s10265-012-0543-1>].
- Jenks, A.A. y S. Kim. 2013. Medicinal Plant Complexes of *Salvia* subgenus *Calosphace*: An ethnobotanical study of New World sages. *Journal of Ethnopharmacology* 146 (1): 214-224.
- JMP, Version 8. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2012.
- Klitgaard, B.B. 2012. *Salvia*. pp. En: G. Davidse, M. Sousa Sánchez, S. Knapp y F. Chiang Cabrera (eds.), *Flora Mesoamericana* 4(2): Rubiaceae a Verbenaceae. Universidad Nacional Autónoma de México, Natural History Museum, Londres, y Missouri Botanical Garden, Ciudad de México, Londres, San Luis.
- Kluge, A.G. y A.J. Wolf. 1993. Cladistics: what's in a word? *Cladistics* 9: 183-199.
- Lugo-Hubp, J. 1990. El relieve de la República Mexicana. *Revista del Instituto de Geología, UNAM* 9(1): 82-111.
- Maddison, W.P. y D.R. Maddison. 2011. Mesquite: a modular system for evolutionary analysis. Version 2.75. <http://mesquiteproject.org>
- Martínez-Gordillo, M., I. Fragoso-Martínez, M. R. García-Peña y O. Montiel. 2013. Géneros de Lamiaceae de México, diversidad y endemismo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:30-86.
- Neisess, K.R. 1983. Evolution, systematics and terpene relationships of *Salvia* section *Audibertia*. Tesis de Doctorado en Filosofía (Biología vegetal), Universidad de California, Riverside. California, E.U.A. 327 pp.

- Nixon, K.C. 1999. The parsimony Ratchet, a new method for rapid parsimony analysis. *Cladistics* 15: 407-414.
- . 2002. WinClada ver. 1.00.18 Publicado por el autor, Ithaca, NY.
- Nixon, K.C. y J.M. Carpenter. 1996. On simultaneous analysis. *Cladistics* 12: 221-241.
- Palomino, G., P. Mercado y T.P. Ramamoorthy. 1986. Chromosomes of *Salvia* subgenus *Calosphace* (Lamiaceae), a preliminary report. *Cytologia* 51: 381-386.
- Posada, D. y K.A. Crandall. 1998. Modeltest: testing the model of DNA substitution. *Bioinformatics* 14 (9): 817-818. Consultado: 15/06/2011. Disponible en Internet: <http://www.molrev.org/software/phylogenetics/modeltest>
- Prather, A.L., A.K. Monfils, A.L. Posto y R.A. Williams. 2002. Monophyly and phylogeny of *Monarda* (Lamiaceae): Evidence of internal transcribed spacer (ITS) region of nuclear ribosomal DNA. *Systematic Botany* 27(1): 127-137.
- Ramamoorthy, T.P. 1984a. Notes on *Salvia* (Labiatae) in Mexico, with three new species. *Journal of the Arnold Arboretum* 65:135-143.
- . 1984b. Typifications in *Salvia* (Lamiaceae). *Taxon* 33(2): 322-324.
- Ramamoorthy, T. P. y M. Elliot. 1998. Lamiaceae de México: diversidad, distribución, endemismo y evolución. En: Ramamoorthy, T.P. y R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.). *Diversidad biológica de México: orígenes y su distribución*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. pp 129-145.
- Reisfield, A.S. 1987. Systematic studies in *Salvia* L. (Lamiaceae) with special emphasis on subgenus *Calosphace* (Benth.) Benth. section *Dusenostachys* Epling. Tesis de Maestría en Ciencias (Botánica), Universidad de Wisconsin-Madison. Wisconsin, E.U.A. 423 pp.
- Rohlf, J.F. 1986-1998. NTSYSpc: Numerical Taxonomy System, ver. 2.20i. Exeter Publishing, Ltd.: Setauket, NY.
- . 2003. tpsSmall. Versión 1.20. Department of Ecology and Evolution, State university of New York at stony Brook, Nueva York, EUA.
- . 2010. tpsDig. Versión 2.16. Department of Ecology and Evolution, State university of New York at stony Brook, Nueva York, EUA.
- Ronquist, F., J.P. Huelsenbeck y P. van der Mark. 2011. Mr. Bayes 3.2 manual draft 15/11/2011. Program documentation and manual. Sitio web: Consultado: 25/05/2012. Disponible en Internet: <http://mrbayes.sourceforge.net/index.php>
- Rosselló, J.A., R. Cosín, M. Buscaiu, O. Vicente, I. Martínez y P. Soriano. 2006. Intragenomic diversity and phylogenetic systematics of wild rosemaries (*Rosmarinus officinalis* L. s.l., Lamiaceae) assessed by nuclear ribosomal DNA sequences (ITS). *Plant Systematics and Evolution* 262:1-12.
- Salazar, G.A., M.W. Chase, M.A. Soto Arenas y M. Ingrouille. 2003. Phylogenetics of Cranichideae with emphasis on Spiranthinae (Orchidaceae, Orchidoideae): evidence from plastid and nuclear DNA sequences. *American Journal of Botany* 90: 777-795.
- Santos, E.P. 1991. Genre *Salvia* L. sous-genre *Calosphace* (Benth.) Benth. Section *Nobiles* (Benth) Epl. (Labiatae). *Bradea* 5: 436-454.
- . 1995. Estudo das inflorescências no gênero *Salvia* L. subgénero *Calosphace* (Benth.) Benth. (Lamiaceae). *Bradea* 6(43): 372-380.
- . 1996. Revision de la section *Rudes* (Benth.) Epling du genre *Salvia* L., sous-genre *Calosphace* (Benth.) Benth. (Labiatae). *Candollea* 51:19-57.
- Schuh, R.T. 2000. Biological systematics: Principles and applications. Cornell University Press, Ithaca, E.U.A. 236 pp.
- Sequencher® version 5.2 sequence analysis software, Gene Codes Corporation, Ann Arbor, MI USA <http://www.genecodes.com>
- Shaw, J., E.B. Lickey, J.T. Beck, S.B. Farmer, W. Liu, J. Miller, K.C. Siripun, C.T. Winder, E.E. Schilling y R.L. Small. 2005. The tortoise and the hare II: relative utility of 21 noncoding chloroplast DNA sequences for phylogenetic analysis. *American Journal of Botany* 92(1): 142-166.
- Sheets, H.D. 2004a. IMP: Integrated Morphometrics Package. Canisius College, Nueva York, EUA. Consultado: 25/03/2012. Disponible en Internet: <http://www3.canisius.edu/~sheets/morphsoft.html>
- . 2004b. Big Fix Manual. Canisius College, Nueva York, EUA. Consultado: 25/03/2012. Disponible en Internet: <http://www3.canisius.edu/~sheets/morphsoft.html>
- Shinozaki, K., M. Ohme, M. Tanaka, T. Wakasugi, N. Hayashida, T. Matsubayashi, N. Zaita, J. Chunwongse, J. Obokata, K. Yamaguchi-Shinozaki, C. Ohto, K. Torazawa, B.Y. Meng, M. Sugita, H. Deno, T. Kamogashira, K. Yamada, J. Kusuda, F. Takaiwa, A. Kato, N. Tohdoh, H. Shimada y

- M. Sugiura. 1986. The complete nucleotide sequence of the tobacco chloroplast genome: its gene organization and expression. *The EMBO Journal* 5(9): 2043-2049.
- Simmons, M.P. y H. Ochoterena. 2000. Gaps as characters in sequence-based phylogenetic analyses. *Systematic Biology* 49(2): 369-381.
- Soltis, D.E. y P.S. Soltis. 1998. Choosing an approach and an appropriate gene for phylogenetic analysis. En: Soltis, D.E., P.S. Soltis y J.J. Doyle (eds.). *Molecular systematics of plants II: DNA Sequencing*. Kluwer Academic Press. Massachusetts, E.U.A. pp 1-42.
- Standley, P.C. y L.O. Williams. 1973. Labiatae. En: Standley, P.C. y L.O. Williams (eds.). *Flora of Guatemala, part IX*. Fieldiana Botany 24(3): 237-317.
- Statsoft, Inc., 2007. STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com.
- Strauss, R.E. 2010. Discriminating groups of organisms. In: Elewa, A.M.T. (ed). *Morphometrics for Nonmorphometricians*. Lecture Notes in Earth Sciences 124. Springer-Verlag. pp 73-91.
- Taylor, R.M. y T.J. Ayers. 2006. Systematics of *Salvia pachyphilla* (Lamiaceae). *Madroño* 53(1): 11-24.
- Thorke, B.M. 2000. A revision of *Salvia* sect. *Ekmania* (Lamiaceae). *Brittonia* 5(3): 265-302.
- Trusty, J.L., R.G. Olmstead, D.J. Bogler, A. Santos-Guerra, J. Francisco-Ortega. 2004. Using molecular data to test a biogeographic connection of the Macaronesian genus *Bystropogon* (Lamiaceae) to the New World: A case of conflicting phylogenies. *Systematic Botany* 29(3): 702-715.
- Vandamme, A. 2009. Basic concepts of molecular evolution. In: Lemey, P., M. Salemi y A. Vandamme (eds.). *The phylogenetic handbook: A practical approach to phylogenetic analysis and hypothesis testing*. Cambridge University Press. Nueva York, E.U.A. pp 3-30.
- Villaseñor, J.L. 2004. Los géneros de las plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 105-135.
- Walker, J.B., K.J. Sytsma, J. Treutlein y M. Wink. 2004. *Salvia* (Lamiaceae) is not monophyletic: implications for the systematics, radiation, and ecological specializations of *Salvia* and tribe Mentheae. *American Journal of Botany* 91 (7): 1115-1125.
- Walker, J.B., E. Pereira dos Santos, V. Savolainen, A. Paton y K.J. Systma. 2006. A preliminary molecular phylogenetic analysis of *Salvia* subgenus *Calosphace*. En: Walker, J.B. 2006. Systematics of the genus *Salvia* (Lamiaceae). Tesis de Doctorado en Filosofía (Botánica), Universidad de Wisconsin-Madison. Wisconsin, E.U.A. 194 pp.
- Walker, J.B., y K.J. Sytsma. 2006. A molecular phylogenetic analysis of *Salvia* subgenus *Audibertia*. En: Walker, J.B. 2006. Systematics of the genus *Salvia* (Lamiaceae). Tesis de Doctorado en Filosofía (Botánica), Universidad de Wisconsin-Madison. Wisconsin, E.U.A. 194 pp.
- Walker, J.B., y K.J. Sytsma. 2007. Staminal evolution in the genus *Salvia* (Lamiaceae): molecular phylogenetic evidence for multiple origins of the staminal lever. *Annals of Botany* 100: 375-391.
- Wester, P. y R. Claßen-Bockhoff. 2007. Floral diversity and pollen transfer mechanisms in bird-pollinated *Salvia* species. *Annals of Botany* 100: 401-421.
- Wester, P. y R. Claßen-Bockhoff. 2011. Pollination syndromes of New World *Salvia* species with special reference to bird pollination. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 98(1):101-155.
- Westerkamp, C. y R. Claßen-Bockhoff. 2007. Bilabiate flowers: The ultimate response to bees? *Annals of Botany* (Oxford) 100: 361-374.

Recursos electrónicos

- Georeferencing Software for Natural History Collections (GEOLocate v. 4). University of Tulane. Consultada en 27-09-2011. Disponible en: <http://www.museum.tulane.edu/geolocate/javaclient/default.html>
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Consultada en 01-09-2011. Disponible en: <http://www.gbif.org/>
- Global Gazetteer Version 2.2. Consultada en 27-06-2010. Disponible en: <http://www.fallingrain.com/world/index.html>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Archivo histórico de Localidades. Consultada en: 02-11-2011. Disponible en: <http://geoweb.inegi.org.mx/AHL/>

Listado preliminar de las especies de la sección *Lavanduloideae* y sus sinónimos

Salvia agnes Epling, *Repert. Spec. Nov. Regni Veg. Beih.* 110: 41. 1938.

Salvia cryptodonta Fernald, *Proc. Amer. Acad. Arts* 35: 507.1900.

Salvia exilis Epling, *Bull. Torrey Bot. Club* 67: 514.1940.

Salvia guadalajarensis Briq., *Annuaire Conserv. Jard. Bot. Genève* 2: 132. 1898.

Salvia helianthemifolia Benth., *Labiata. Gen. Spec.*: 254. 1833.

Salvia helianthemifolia var. β Benth., *Labiata. Gen. Spec.*: 254. 1833.

Salvia heterofolia Epling & Mathias, *Brittonia* 8: 310. 1957.

Salvia lavanduloides Kunth, *Nov. Gen. Sp.* 2: 287. 1818.

Salvia humboldtiana Schult., *Mant.* 1: 183. 1822. non F. Dietr. 1821.

Salvia lavandulifolia Spreng. *Syst.* 1: 58. 1825. non Vahl. 1804.

Salvia purpurina La Llave, *Naturaleza (Madrid)* 7(App.): 82. 1885.

Salvia fratrum Standl., *Publ. Field Mus. Nat. Hist., Bot. Ser.* 18: 1028. 1938.

Salvia moniliformis Fernald, *Proc. Amer. Acad. Arts* 45: 418. 1910.

Salvia muscarioides Fernald, *Proc. Amer. Acad. Arts* 35: 506. 1900.

Salvia rzedowskii Ramamoorthy, *J. Arnold Arbor.* 65: 139. 1984.

Salvia scaposa Epling, *Repert. Spec. Nov. Regni Veg. Beih.* 110: 35. 1938.

Salvia stachyoides Kunth, *Nov. Gen. Sp.* 2: 287. 1818.

Salvia longifolia Willd., *Sp. Pl.* 1: 141. 1797.

Salvia elongata Kunth, *Nov. Gen. Sp.* 2: 287. 1818. non Salisb. 1796 nec Spreng. 1813 nec Torr. 1828 nec Martens et Galeotti, 1844.

Salvia betonica Schult., *Mant.* 1: 188. 1822.

Salvia simplex Spreng., *Syst. Veg.* 1: 58. 1824.

Salvia stricta Sessé & Moc., *Pl. Nov. Hisp.*, ed. 2: 8. 1893.

Salvia pycnostachys Epling nom. nud. 1936.

Salvia semiscaposa Epling, especie no publicada en manuscrito inédito, nom. nud. Incluida en el presente estudio.

Salvia subobscura Epling, *Bull. Torrey Bot. Club* 67: 514. 1940.

Salvia teresae Fernald, *Proc. Amer. Acad. Arts* 35: 506. 1900.

***Especies excluidas**

Salvia remota Benth. in A.P.de Candolle, *Prodr.* 12: 304. 1848. Sólo se conoce la descripción original; el tipo, aunque designado en el momento de la descripción, se desconoce su ubicación. Posiblemente la circunscripción es la misma que la de *Salvia moniliformis*.

***Nomina nuda**

Salvia caesiopicata Epling, especie no publicada en manuscrito inédito, nom. nud. Parece ser sinónimo de *S. moniliformis* Fernald.

Salvia pycnostachys Epling, ejemplar de *S. stachyoides* Kunth [*C. Pringle 4278*, (NY)] rotulado en herbario con este nombre, nom. nud. (1936).

Salvia subscaposa Epling, especie no publicada en manuscrito inédito, nom. nud. Parece ser un sinónimo de *S. teresae* Fernald.

Direcciones electrónicas de las imágenes de ejemplares tipo de
la sección *Lavanduloideae* (B.D.= base de datos; IMG= imagen)

***Salvia agnes* Epling**

Tipo: México, Jalisco, Real Alto, *Mexia 1582-a* (LA in UC).

Holotipo (B.D.): http://ucjeps.berkeley.edu/db/types/types_table.html (LA in UC).

Isotipo (IMG):

http://research.calacademy.org/redirect?url=http://researcharchive.calacademy.org/research/botany/coll_db/index.asp&xAction=getrec&close=true&CollectionObjectID=262706 (CAS).

***Salvia cryptodonta* Fernald**

Tipo: México, Durango, *Rose 2338* [Lectotipo GH (No. 00121449) (designado por Epling, 1939)]

Lectotipo (B.D.): <http://collections.mnh.si.edu/search/botany/?ti=5> (US).

Isolectotipo (IMG):

<http://apps.kew.org/herbcat/detailsQuery.do?imageId=146133&pageCode=1&presentPage=1&queryId=1&sessionId=9B99EA9970FC6391ED00E20A68221EC7&barcode=K000247893> (K, No. 247893).

***Salvia exilis* Epling**

Tipo: México, Guerrero, Reyes, Sierra Madre del Sur, Petlacala, *Mexia 9097* (LA in UC).

Holotipo (B.D.): http://ucjeps.berkeley.edu/db/types/types_table.html (LA in UC).

Isotipo (IMG):

http://research.calacademy.org/redirect?url=http://researcharchive.calacademy.org/research/botany/coll_db/index.asp&xAction=getrec&close=true&CollectionObjectID=94193 (CAS).

***Salvia guadalajarensis* Briq.**

Tipo: México, Jalisco, dry rocky hills near Guadalajara, *Pringle 4624* [Lectotipo BR (No. 5111077) (designado por Epling, 1939)]

Lectotipo (IMG):

<http://www.br.fgov.be/RESEARCH/COLLECTIONS/HERBARIUM/detail.php?ID=438460> (BR, No. 5111077).

Isolectotipos (IMG):

<http://www.br.fgov.be/RESEARCH/COLLECTIONS/HERBARIUM/detail.php?ID=436866> (BR, No. 5113507).

<http://www.br.fgov.be/RESEARCH/COLLECTIONS/HERBARIUM/detail.php?ID=436867> (BR, No. 5111404).

***Salvia helianthemifolia* Benth.**

Tipo: México, Michoacán, Tlalpujahuá, *Graham 90* [Lectotipo BM (No. BM000811698) (designado por Epling, 1939)]

Lectotipo (IMG): <http://plants.jstor.org/specimen/bm000811698?s=t> (BM, No. 811698).

***Salvia helianthemifolia* var. β Benth.**

Tipo: México, Michoacán, Tlalpujahuá, *Graham 99* [Lectotipo BM (No. BM000811651) (designado por Epling, 1939)]

Lectotipo (IMG): <http://plants.jstor.org/specimen/bm000811651?s=t> (BM, No. 811651).

***Salvia heterofolia* Epling & Mathias**

Tipo: México, Guerrero, Taxco, *O. Clark 8087* (NY).

Holotipo (IMG): <http://sweetgum.nybg.org/vh/specimen.php?irn=351068>

***Salvia lavanduloides* Kunth**

Tipo: México, Michoacán, Pátzcuaro *Humboldt & Bonpland s.n.* [Lectotipo P (No. 670146) (designado por Epling, 1939)]

Lectotipo (IMG): <http://coldb.mnhn.fr/CatalogNumber/MNHN/p/P00670146> (P, No. 670146).

Isolectotipo (IMG): <http://coldb.mnhn.fr/CatalogNumber/MNHN/p/P00136269> (P, No. 136269).

***Salvia fratrum* Standl.**

Tipo: Costa Rica, San José, Los Frailes, *Valerio 1370* (F).

Holotipo (IMG):

http://emuweb.fieldmuseum.org/botany/vtypeDisplay.php?irn=268086&QueryPage=%2Fbotany%2Fsearch_vtype.php (F).

***Salvia lavanduloides* var. *latifolia* Benth.**

Tipo: México, Jalisco, Bolaños, *Hartweg 171* [Lectotipo K (designado por Epling, 1939)]

Isolectotipo (IMG):

http://elmer.rbge.org.uk/bgbase/vherb/bgbasevherb.php?cfg=bgbase/vherb/fulldetails.cfg&specimens_specimen_num=271922&queryRow=7 (E).

***Salvia moniliformis* Fernald**

Tipo: México, Iztaccihuatl, *Purpus 1720* (GH).

Isotipo (IMG): <http://plants.jstor.org/specimen/ny00000159?s=t> (NY, No. 00159).

***Salvia muscarioides* Fernald**

Tipo: México, Chihuahua, base of Mt. Mohinora, 8 miles from Guadalupe y Calvo [Lectotipo GH (designado por Epling, 1939)]

Isolectotipo (IMG): <http://plants.jstor.org/specimen/k000247894?s=t> (K, No. 247894)

***Salvia rzedowskii* Ramamoorthy**

Tipo: México, Amatepec, 5 Km. al SW. de Sultepec, sobre el camino a Amatepec.

Holotipo (IMG): <http://plants.jstor.org/specimen/mexu00526044?s=t> (MEXU).

***Salvia scaposa* Epling**

Holotipo (B.D.): http://ucjeps.berkeley.edu/db/types/types_table.html (LA in UC).

Isotipo (IMG):

http://emuweb.fieldmuseum.org/botany/vtypeDisplay.php?irn=268277&QueryPage=%2Fbotany%2Fsearch_vtype.php (F).

***Salvia stachyoides* Kunth**

Tipo: México, Crescit in montibus frigidis Mexicanis prope Los Loares et Santa Rosa de la Sierra, *Humboldt & Bonpland 4267* [Lectotipo P (No. 670147) (designado por Epling, 1939)]

Lectotipo (IMG): <http://coldb.mnhn.fr/ScientificName/Salvia/stachyoides> (P, No. 670147).

***Salvia longifolia* Willd.**

Tipo: México, Crescit in montibus frigidis Mexicanis prope Los Loares et Santa Rosa de la Sierra, *Humboldt & Bonpland 4267* [Lectotipo P (No. 670147) (designado por Epling, 1939)]

Lectotipo (IMG): <http://dsiphoto.mnhn.fr/sonnera2/LAPI/scanH/H20121127/P00136266.jpg> (P, No. 136266).

***Salvia elongata* Kunth**

Lectotipo (IMG): <http://coldb.mnhn.fr/CatalogNumber/MNHN/p/P00670416> (P, No. 670416).

***Salvia betonica* Schult.**

Lectotipo (IMG): <http://coldb.mnhn.fr/CatalogNumber/MNHN/p/P00670416> (P, No. 670416).

***Salvia simplex* Spreng.**

Lectotipo (IMG): <http://coldb.mnhn.fr/CatalogNumber/MNHN/p/P00670416> (P, No. 670416).

***Salvia stricta* Sessé & Moc.**

Tipo: N. Hispania, *Sessé & Mociño s.n.* [Lectotipo P (No. 136268) (designado por Epling, 1939)]

Lectotipo (IMG): <http://coldb.mnhn.fr/CatalogNumber/MNHN/p/P00136268> (P, No. 136268).

***Salvia subobscura* Epling**

Tipo: México, Michoacán, Coalcoman, Villa Victoria, Hinton 12570 (LA in UC).

Holotipo (B.D.): http://ucjeps.berkeley.edu/db/types/types_table.html (LA in UC).

Isotipo (IMG):

http://emuweb.fieldmuseum.org/botany/vtypeDisplay.php?irn=268297&QueryPage=%2Fbotany%2Fsearch_vtype.php (F).

***Salvia teresae* Fernald**

Tipo: México, Nayarit, Villa de Santa Teresa, *Rose 2233* [Lectotipo GH (designado por Epling, 1939)]

Isolectotipo (IMG): <http://plants.jstor.org/specimen/k000247888?s=t> (K, No. 247888).

Apéndice III

Taxa incluidos en el análisis de datos moleculares, ejemplares de respaldo, número de acceso a GenBank y autor que los publicó

Sección	Taxón	Ejemplar voucher	ITS		trnL-trnF	
			No. de acceso	Autor	No. de acceso	Autor
Subgénero Calosphace						
1. <i>Albolanatae</i>	<i>Salvia leucantha</i> Cav.	<i>J. Walker 1205</i> (WIS)	HQ418875	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418977	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. tomentella</i> Pohl	RGB-K 15705 (K)	-	Walker <i>et al.</i> (2006) en Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. amplifrons</i> Briq.	<i>P. Wester 141</i> (MJG)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. caudata</i> Epling	-	-	Jenks <i>com. pers.</i>	-	-
	<i>S. cyanicalyx</i> Epling	<i>Schmidt-Lebuhn 578</i> (MJG)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
2. <i>Angulatae</i>	<i>S. angulata</i> Benth.	RGB-K 16707 (K)	-	Walker <i>et al.</i> (2006) en Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. languidula</i> Epling	<i>Sanders 10409</i> (UCR)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. leptostachys</i> Benth.	<i>E. Mendoza 8006</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. longispicata</i> M. Martens et Galeotti	<i>J. Walker 3034</i> (WIS)	HQ418876	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418978	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. personata</i> Epling	<i>P. Wester 17</i> (MJG)	DQ667269	Walker y Systma (2007)	DQ667455	Walker y Systma (2007)
	<i>S. prasiifolia</i> Benth.	cult. (<i>S. caudata</i> "El Cielo Blue"), WSN	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. tiliifolia</i> Vahl★	<i>P. Wester 32</i> (MJG)	HQ418892	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418994	Jenks <i>et al.</i> (2011)
3. <i>Atratae</i> *	<i>S. xalapensis</i> Benth.	Jenks & Tempchin 214 (UCR)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. semiatrata</i> Zucc.	<i>J. Walker 3041</i> (WIS)	DQ667295	Walker y Systma (2007)	DQ667481	Walker y Systma (2007)
4. <i>Audibertia</i>	<i>S. apiana</i> Jepson	<i>J. Walker 2509</i> (WIS)	DQ667214	Walker y Systma (2007)	DQ667425	Walker y Systma (2007)
	<i>S. californica</i> Brandegees	<i>J. Walker 2520</i> (WIS)	DQ667213	Walker y Systma (2007)	HQ418955	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. chionoeplica</i> Epling	<i>J. Walker 2545</i> (WIS)	DQ667227	Walker y Systma (2007)	AY570472	Walker <i>et al.</i> (2004)
	<i>S. clevelandii</i> (Gray) Greene	<i>J. Walker 2508</i> (WIS)	DQ667219	Walker y Systma (2007)	AY570473	Walker <i>et al.</i> (2004)
	<i>S. columbariae</i> Benth.	<i>J. Walker 1300</i> (WIS)	-	-	AY570475	Walker <i>et al.</i> (2004)
	<i>S. dorrii</i> (Kell.) Abrams	<i>J. Walker 2541</i> (WIS)	DQ667229	Walker y Systma (2007)	DQ667430	Walker y Systma (2007)

	<i>S. greatae</i> Brandegee	<i>J. Walker 2511 (WIS)</i>	HQ418869	Jenks <i>et al.</i> (2011)	AY570481	Walker <i>et al.</i> (2004)
	<i>S. leucophylla</i> Greene	<i>J. Walker s.n. (WIS)</i>	DQ667210	Walker y Systma (2007)	DQ667422	Walker y Systma (2007)
	<i>S. mellifera</i> Greene	<i>J. Walker 2550 (WIS)</i>	HQ418879	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418981	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. mohavensis</i> Greene	<i>R. Taylor 11A (ASC); J. Walker s.n. (WIS)</i>	AF538920	Taylor y Ayers (2006)	DQ667423	Walker y Systma (2007)
	<i>S. munzii</i> Epling	<i>J. Walker 2507 (WIS)</i>	DQ667224	Walker y Systma (2007)	DQ667428	Walker y Systma (2007)
	<i>S. pachyphylla</i> Epling ex Munz	<i>J. Walker 2535 (WIS)</i>	DQ667230	Walker y Systma (2007)	DQ667431	Walker y Systma (2007)
	<i>S. sonomensis</i> Greene	<i>J. Walker 2519 (WIS)</i>	DQ667218	Walker y Systma (2007)	DQ667426	Walker y Systma (2007)
	<i>S. spathacea</i> Greene	<i>J. Walker 2552 (WIS)</i>	-	-	AY570494	Walker <i>et al.</i> (2004)
	<i>S. vaseyi</i> (Porter) Parish	<i>J. Walker 2530 (WIS)</i>	DQ667226	Walker y Systma (2007)	DQ667429	Walker y Systma (2007)
5. Axillares*	<i>S. axillaris</i> Moc. et Sesse ex Benth.	<i>Breedlove 59702 (WIS)</i>	HQ418848	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418951	Jenks <i>et al.</i> (2011)
6. Biflorae	<i>S. oppositiflora</i> Ruiz & Pav.	<i>Riina 1477 (WIS)</i>	HQ418883	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418985	Jenks <i>et al.</i> (2011)
7. Blakea	<i>S. patens</i> Cav.	<i>1973-9197 (RBG)</i>	HQ418885	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418987	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. vitifolia</i> Benth.	<i>J. Walker 3032 (WIS)</i>	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
8. Bracteata*	<i>S. herbacea</i> Benth.	<i>E. Martínez et al. 32508 (MEXU)</i>	-	presente	-	presente
9. Brandegeia	<i>S. angustiarum</i> Epling	<i>Peterson 629 (WIS)</i>	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. blepharophylla</i> Brandegee	cult., (UCRBG)	HQ418850	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418953	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. buchananii</i> Hedge	-	-	Jenks <i>com. pers.</i>	-	-
10. Briquetia	<i>S. mexicana</i> L.	<i>M. Martínez 5599 (FCME)</i>	-	presente	-	presente
11. Caducae	<i>S. subincisa</i> Benth.	<i>J. Walker 2517 (WIS)</i>	-	-	AY570495	Walker <i>et al.</i> (2004)
12. Cardinales/ Holwaya	<i>S. dorisiana</i> Standley	<i>2000-1632A (WIS)</i>	HQ418863	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418966	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. holwayi</i> Blake	cult., (UCRBG)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. involuocrata</i> Cav.	cult., (UCRBG)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. karwinskii</i> Benth.	cult., (UCRBG)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. cf. stolonifera</i> Benth.	<i>J. Walker 3002 (WIS)</i>	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
13. Carneae	<i>S. wagneriana</i> Polak.	cult., UCRBG	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. carnea</i> Kunth	<i>Boeke 2366 (MO)</i>	HQ418854	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418957	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. ionocalyx</i> Epling	cult., (UCRBG)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
14. Chariantha*	<i>Salvia orbignaei</i> Benth.	<i>P. Wester 43 (MJG)</i>	DQ667279	Walker y Systma (2007)	DQ667464	Walker y Systma (2007)
15. Coeruleae	<i>S. atrocyanea</i> Epling	<i>P. Wester 3 (MJG)</i>	DQ667270	Walker y Systma (2007)	DQ667456	Walker y Systma (2007)
	<i>S. guaranitica</i> St.Hil. ex Benth.	cult., (UCRBG)	HQ418872	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418974	Jenks <i>et al.</i> (2011)

16. <i>Conzattiana</i>	<i>S. aspera</i> M. Martens et Galeotti	<i>J. Walker 3021</i> (WIS)	HQ418847	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418950	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. oaxacana</i> Fern.	<i>Salinas-T. F-2705</i> (UCR)	HQ418881	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418983	Jenks <i>et al.</i> (2011)
17. <i>Corrugatae</i>	<i>S. corrugata</i> Vahl	<i>Jenks 256</i> (UCR); <i>J. Walker 2531</i> (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	AY570476	Walker <i>et al.</i> (2004)
	<i>S. styphelus</i> Epling	<i>Schmidt-Lebuhn 495</i> (MJG)	HQ418891	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418993	Jenks <i>et al.</i> (2011)
18. <i>Cucullatae*</i>	<i>S. clinopodioides</i> Kunth	<i>Iltis 28770</i> (WIS)	HQ418857	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418960	Jenks <i>et al.</i> (2011)
19. <i>Curtiflorae</i>	<i>S. curtiflora</i> Epling	<i>P. Wester 294</i> (MJG)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. longistyla</i> Benth.	<i>J. Walker 3036</i> (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. nervata</i> M. Martens et Galeotti	<i>P. Wester 292</i> (MJG)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
20. <i>Cylindriflorae</i>	<i>S. haenkei</i> Benth.	<i>P. Wester 71</i> (MJG)	DQ667271	Walker y Systma (2007)	DQ667457	Walker y Systma (2007)
	<i>S. rusbyi</i> Britton ex Rusby	<i>P. Wester 31</i> (MJG)	DQ667278	Walker y Systma (2007)	DQ667463	Walker y Systma (2007)
21. <i>Discolores*</i>	<i>S. discolor</i> Kunth	<i>J. Walker 2546</i> (WIS)	HQ418860	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418963	Jenks <i>et al.</i> (2011)
22. <i>Donnellsmithia</i>	<i>S. infuscata</i> Epling	<i>Cowan 5011</i> (UCR)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. concolor</i> Lamb. ex Benth.	<i>Reisfield 1286</i> (WIS)	HQ418858	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418961	Jenks <i>et al.</i> (2011)
24. <i>Dusenostachys</i>	<i>S. divinatorum</i> Epling & Játiva	<i>J. Walker 3230</i> (WIS); <i>Jenks 237</i> (UCR)	DQ667249	Walker y Systma (2007)	HQ418964	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. flaccidifolia</i> Fernald	<i>Reisfield & Sundberg 1212</i> (MO)	HQ418865	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418968	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. recurva</i> Benth.	<i>Jenks & Tempchin 212</i> (UCR)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
25. <i>Erythrostachys</i>	<i>S. betulifolia</i> Epling	<i>Van Devender s/n</i> (UCR)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. pubescens</i> Benth.	<i>J. Walker 3043</i> (WIS)	HQ418887	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418990	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. regla</i> Cav.	cult., WSN; <i>J. Walker 3019</i> (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	DQ667503	Walker y Systma (2007)
	<i>S. sessei</i> Benth.	<i>Crone 15/9/00</i> (MJG)	HQ418889	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418991	Jenks <i>et al.</i> (2011)
26. <i>Exiles*</i>	<i>S. graciliramulosa</i> Epling & Játiva	<i>P. Wester 14</i> (MJG)	DQ667276	Walker y Systma (2007)	DQ667461	Walker y Systma (2007)
27. <i>Farinaceae</i>	<i>S. azurea</i> Michx. Ex Lam.	<i>J. Walker 3222</i> (WIS)	DQ667317	Walker y Systma (2007)	DQ667505	Walker y Systma (2007)
	<i>S. farinacea</i> Benth.	<i>J. Walker 2525</i> (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	AY570479	Walker <i>et al.</i> (2004)
	<i>S. leptophylla</i> Benth.	1978-1159A (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. cf. jaimehintoniana</i> Ramamoorthy ex B.L. Turner	-	-	Jenks <i>com. pers.</i>	-	-
	<i>S. reptans</i> Jacq.	1978-1159A (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. richardsonii</i> B.L. Turner	<i>P. Carrillo & Rojas 5644</i> (FCME)	-	presente	-	presente
28. <i>Fernaldia*</i>	<i>S. albo-caerulea</i> Lind.	RGB-K 18737 (K)	-	Walker <i>et al.</i> (2006) en Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
29. <i>Flocculosae</i>	<i>S. cedrosensis</i> Greene	<i>J. Walker 2539</i> (WIS)	DQ667228	Walker y Systma (2007)	AY570470	Walker <i>et al.</i> (2004)
	<i>S. chamaedryoides</i> Cav.	<i>J. Walker 2009</i> (WIS)	HQ418855	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418958	Jenks <i>et al.</i> (2011)

	<i>S. chionophylla</i> Fernald	cult., WSN	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. coahuilensis</i> Fernald	cult., UCRBG	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. greggii</i> Gray	cult., UCRBG	HQ418870	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418972	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. lycioides</i> Gray	cult., WSN ; J. Walker 2047 (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	AY570484	Walker <i>et al.</i> (2004)
	<i>S. muelleri</i> Epling	cult., WSN	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. thymoides</i> Benth.	Crone 10/8/00 (MJG)	DQ667273	Walker y Systma (2007)	DQ667458	Walker y Systma (2007)
30. Floridae	<i>S. florida</i> Benth.	Schmidt-Lebuhn 450 (MJG)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. fulgens</i> Cav.	1967-1496A (WIS)	DQ667251	Walker y Systma (2007)	HQ418970	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. lineata</i> Benth.	Crone 12/8/00 (MJG)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
31. Fulgentes	<i>S. microphylla</i> Kunth	Jenks & Tempchin 207 (UCR); J. Walker 1208 (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	AY570486	Walker <i>et al.</i> (2004)
	<i>S. pulchella</i> D.C.	cult., WSN	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. sharpii</i> Epling et Mathias	J. Walker s/n (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
32. Glareosae	<i>S. reflexa</i> Hornem.	H. Vibrans 6976 (MEXU)	-	presente	-	presente
	<i>S. macrophylla</i> Benth.	Riina 1472 (WIS)	HQ418877	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418979	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. sagittata</i> Ruiz & Pav.	Weigend & Dostert 97/s.n.	DQ667260	Walker y Systma (2007)	DQ667446	Walker y Systma (2007)
	<i>S. scutellaroides</i> Kunth	Schmidt-Lebuhn 469 (MJG)	DQ667327	Walker y Systma (2007)	DQ667516	Walker y Systma (2007)
34. Hoehneana	<i>S. grewiiifolia</i> S. Moore	P. Wester 15 (MJG)	HQ418871	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418973	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. cinnabarina</i> M. Martens et Galeotti	J. Walker 3030 (WIS)	HQ418856	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418959	Jenks <i>et al.</i> (2011)
35. Incarnatae	<i>S. elegans</i> Vahl	J. Walker 1204 (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
36. Insigniflorae*	<i>S. pansamalensis</i> J.D. Smith	A. Mendez Ton 7353 (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. arbuscula</i> Fernald	Tenorio 16911 (WIS)	HQ418846	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418949	Jenks <i>et al.</i> (2011)
37. Iodanthae	<i>S. iodantha</i> Fernald	V. Méndez s.n. (FCME)	-	presente	-	presente
38. Killipiana	<i>S. erythrostoma</i> Epling	Fernández & Castillo 12308 (MO)	HQ418864	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418967	Jenks <i>et al.</i> (2011)
39. Lanatae*	<i>S. leucochlamys</i> Epling	Cahill 2963 (UCR)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. agnes</i> Epling (JAL1) ★	M. Harker 2986 (IBUG)	-	presente	-	presente
	<i>S. agnes</i> Epling (JAL2)	J. González 811 (MEXU)	-	presente	-	presente
	<i>S. agnes</i> Epling	B. Carlson s/n (UCR)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. cryptodonta</i> Fernald (JAL1) ★	E. Domínguez 2 (MEXU)	-	presente	-	presente
40. Lavanduloideae	<i>S. cryptodonta</i> Fernald (JAL2)	F. Santana Michel <i>et al.</i> 1744 (MEXU)	-	presente	-	presente
	<i>S. cryptodonta</i> Fernald (ZACS)	A. Castro-Castro 1919 (IBUG)	-	presente	-	presente
	<i>S. exilis</i> Epling ★	G. Lozano 422 (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. guadalajarensis</i> Briq. (JAL1)	M. Iturribarria <i>et al.</i> 11-b 376 (IBUG)	-	presente	-	presente
	<i>S. guadalajarensis</i> Briq. (JAL2) ★	J. González 1165 (MEXU)	-	presente	-	presente

	<i>S. helianthemifolia</i> Benth. (MEX1)	<i>M. Salinas et al. 938</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. helianthemifolia</i> Benth. (MEX2)	<i>A. Vega 111</i> (MEXU)	-	presente	-	presente
	<i>S. helianthemifolia</i> Benth. (MEX3)	<i>I. Fragoso 100</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. helianthemifolia</i> Benth. (HGO)★	<i>M. Martínez s.n.</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. heterofolia</i> Epling et Jativa	<i>I. Fragoso 79</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. cf. helianthemifolia</i> Benth. (JAL)	<i>J. González 169</i> (IBUG)	-	presente	-	presente
	<i>S. lavanduloides</i> Kunth. (GUE)★	<i>M. Martínez 5644</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. lavanduloides</i> Kunth. (PUE1)	<i>V. de Gantes 325</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. lavanduloides</i> Kunth. (PUE2)	<i>V. de Gante 642</i> (IBUG)	-	presente	-	presente
	<i>S. lavanduloides</i> Kunth.	<i>J. Walker 3044</i> (WIS)	DQ667297	Walker y Systma (2007)	DQ667483	Walker y Systma (2007)
	<i>S. lavanduloides</i> Kunth (inf. Laxa)★	<i>J. Calónico 13623</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. lavanduloides</i> Kunth (inf. paniculada)★	<i>M. Martínez 5091</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. lavanduloides</i> var. <i>hispida</i> (DGO1)★	<i>Sánchez 3</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. lavanduloides</i> var. <i>hispida</i> (DGO2)	<i>J. González 346</i> (MEXU)	-	-	-	presente
	<i>S. lavanduloides</i> var. <i>latifolia</i> (DGO1)	<i>S. González et al. 6761</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. lavanduloides</i> var. <i>latifolia</i> (DGO2)★	<i>S. González 7050</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. aff. lavanduloides</i> Kunth. (MEX)	<i>I. Fragoso 40</i> (FCME)	-	-	-	presente
	<i>S. moniliformis</i> Fernald	<i>Crone 15/9/00</i> (MJG)	-	Jenks et al. (2012)	-	-
	<i>S. moniliformis</i> Fernald ★	<i>M. Ustarroz s/n</i> (FCME)				
	<i>S. muscarioides</i> Fernald (SON)★	<i>Fishbein et al. 2594</i> (MEXU)	parcial	presente	-	presente
	<i>S. remota</i> Benth.	-	-	Jenks com. pers.	-	-
	<i>S. rzedowskii</i> Ramamoorthy ★	<i>B. Esquivel & M. Galicia s.n.</i> (MEXU)	-	presente	-	presente
	<i>S. scaposa</i> Epling (GRO)★	<i>M. Martínez 5540</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. semiscaposa</i> Epling ★	<i>I. Fragoso 26</i> (FCME)				
	<i>S. stachyoides</i> Kunth ★	<i>G. Flores 5372</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. subobscura</i> Epling ★	<i>G. Cornejo et al. 3329</i> (MEXU)				
	<i>S. teresae</i> Fernald ★	<i>A. Castro-Castro 2283</i> (MEXU)	-	presente	-	presente
41. Leonuroideae	<i>S. formosa</i> L'Hér.	<i>Gentry et al. 19240</i> (F)	-	Jenks et al. (2012)	-	-
42. Leucocephalae	<i>S. leucocephala</i> Kunth	RGB-K 18761 (K)	-	Walker et al. (2006) en Jenks et al. (2012)	-	-
43. Longiflorae	<i>S. dombeyi</i> Epling	1959-9269A (WIS)	HQ418862	Jenks et al. (2011)	HQ418965	Jenks et al. (2011)
	<i>S. gracilipes</i> Epling	Steyermark 55997 (F)	-	Jenks et al. (2012)	-	-
44. Longipes	<i>S. madreensis</i> Seem.	Peterson 738 (WIS)	HQ418878	Jenks et al. (2011)	HQ418980	Jenks et al. (2011)
45. Lopeziana*	<i>S. alborsea</i> Epling et Jativa-M.	Sagastegui et al. 15910 (F)	-	Jenks et al. (2012)	-	-
46. Macrostachyae	<i>S. speciosa</i> Presl. ex Benth.	Soriano 465 (F)	-	Jenks et al. (2012)	-	-
47. Malacophyllae	<i>S. platystoma</i> Epling	P. Wester 18 (MJG)	DQ667277	Walker y Systma (2007)	DQ667462	Walker y Systma (2007)

	<i>S. rypara</i> Briq.	<i>P. Wester 32</i> (MJG)	DQ667266	Walker y Systma (2007)	DQ667452	Walker y Systma (2007)
	<i>S. sophrona</i> Briq.	<i>P. Wester 34</i> (MJG)	DQ667268	Walker y Systma (2007)	DQ667454	Walker y Systma (2007)
	<i>S. stachydifolia</i> Benth.	<i>P. Wester 35</i> (MJG)	DQ667267	Walker y Systma (2007)	HQ418992	Jenks <i>et al.</i> (2011)
48. <i>Maxonia</i>	<i>S. chiapensis</i> Fernald	<i>H. Mejía & A. Luna 629</i> (MEXU)	-	presente	-	presente
	<i>S. bupleuroides</i> J. Presl. ex Benth.	<i>J. Rojas et al. 411</i> (FCME)	parcial		-	
	<i>S. compsostachys</i> Epling	<i>Hinton et al. 24799</i> (MEXU)	-	presente	-	presente
	<i>S. confertispicata</i> I. Fragoso et Mart. Gord.	<i>E. López 5744</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. glabra</i> M. Martens et Galeotti	<i>I. Trujillo 1871</i> (MEXU)	-	presente	-	presente
	<i>S. langlassei</i> Fernald	<i>M. 41561</i> (MEXU)	-	presente	-	presente
	<i>S. lasiocephala</i> Hook. et Arn.	<i>J.L. Contreras 9202</i> (FCME)	-	presente	-	presente
49. <i>Membranaceae</i>	<i>S. lophanthoides</i> Fernald	<i>A. Nava 2240</i> (MEXU)		presente	-	presente
	<i>S. mocinoi</i> Benth	<i>I. Fragoso 98</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. nitida</i> (M. Martens et Galeotti) Benth.	<i>E. Velázquez 2490</i> (FCME)		presente	-	presente
	<i>S. rubiginosa</i> Benth.	<i>M. Tlapa & H. Morales 337</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. sanctae-luciae</i> Seem.	<i>Calzada et al. 19240</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. verecunda</i> Epling ex M.E. Jones	<i>J. Laferriere 1035</i> (MEXU)	parcial	presente	-	presente
	<i>S. sp</i> (QRO)	<i>S. Cartujano et al. 400</i> (FCME)		presente	-	presente
50. <i>Micranthae</i>	<i>S. podadena</i> Briq.	<i>R. Torres 15270</i> (MEXU)	-	presente	-	presente
51. <i>Microsphace</i>	<i>S. misella</i> Kunth	<i>J. Walker 3025</i> (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. occidentalis</i> Swartz	<i>Walker 612</i> (WIS)	HQ418882	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418984	Jenks <i>et al.</i> (2011)
52. <i>Mineatae</i>	<i>S. praeclara</i> Epling	<i>P. Wester 32</i> (MJG)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
53. <i>Mitratae</i>	<i>S. lasiantha</i> Benth.	<i>J. Walker 3009</i> (WIS)	DQ667300	Walker y Systma (2007)	HQ418976	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. adenophora</i> Fernald	<i>Crone 7/8/00</i> (MJG)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. articulata</i> Epling	RGB-K 15640 (K)	-	Walker <i>et al.</i> (2006) en Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
54. <i>Nobiles</i>	<i>S. disjuncta</i> Fernald	<i>J. Walker 3018</i> (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. gesneriiflora</i> Lindl. & Paxton	cult., UCRBG	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. hilarii</i> Benth.	RGB-K 15639 (K)	-	Walker <i>et al.</i> (2006) en Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. scabrida</i> Pohl	<i>Pirani 5225</i> (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
55. <i>Peninsulares</i>	<i>S. peninsularis</i> Brandegee	<i>Moran 18786</i> (MO)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
56. <i>Phoeniaceae*</i>	<i>S. hirtella</i> Vahl	<i>Schmidt-Lebuhn 395</i> (WIS)	DQ667326	Walker y Systma (2007)	DQ667515	Walker y Systma (2007)
57. <i>Polystachyae</i>	<i>S. polystachya</i> Cav. ★	<i>J. Walker 3035</i> (WIS)	DQ667292	Walker y Systma (2007)	DQ667478	Walker y Systma (2007)
58. <i>Potiles*</i>	<i>S. hispanica</i> L.	<i>I. Fragoso 4</i> (FCME); mat. fresco	-	presente	-	presente
59. <i>Purpureae</i>	<i>S. areolata</i> Epling	<i>Cahill 2966</i> (UCR)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-

	<i>S. cuatrecasana</i> Epling	RGB-K 16712 (K)	-	Walker <i>et al.</i> (2006) en Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. littae</i> Vis.	cult., WSN	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. purpurea</i> Cav.	<i>M. Martínez 5109</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. rufula</i> Kunth.	RGB-K 16714 (K)	-	Walker <i>et al.</i> (2006) en Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. tolimensis</i> Kunth.	RGB-K 16713 (K)	-	Walker <i>et al.</i> (2006) en Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
60. <i>Rhombifoliae</i>	<i>S. rhombifolia</i> Ruiz & Pav.	<i>J. Wood 2002</i> (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
61. <i>Rubescentes</i>	<i>S. rubescens</i> Kunth	<i>P. Wester 442</i> (MJG)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. brevipes</i> Benth.	RGB-K 15629 (K)	-	Walker <i>et al.</i> (2006) en Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
62. <i>Rudes</i>	<i>S. cerradicola</i> Santos	RGB-K 15634 (K)	-	Walker <i>et al.</i> (2006) en Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. ovalifolia</i> St. Hil. ex Benth.	<i>Sytsma 7226</i> (WIS)	DQ667315	Walker y Systma (2007)	DQ667502	Walker y Systma (2007)
	<i>S. sphacelifolia</i> Epling	<i>Lubinsky 264</i> (UCR)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. keerlii</i> Benth.	cult., WSN	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
63. <i>Scorodonia</i>	<i>S. melissodora</i> Lag.	<i>M. Martínez 4926</i> (FCME)	-	presente	-	presente
	<i>S. ramosa</i> Brandegees	<i>J. Walker 3008</i> (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. tepicensis</i> Fernald	<i>Van Devender 95-470</i> (UCR)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
64. <i>Secundae</i>	<i>S. confertiflora</i> Pohl	<i>1959-9166A</i> (WIS)	HQ418859	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418962	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. splendens</i> Sellow ex Roem. et Schultes	cult., UCRBG	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. alamosana</i> Rose	<i>J. González 525</i> (MEXU)	-	presente	-	presente
	<i>S. chapalensis</i> Briq.	<i>J. Walker 3029</i> (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
65. <i>Sigmoideae</i>	<i>S. nepetoides</i> Kunth.	<i>A. Castro-Castro 2274</i> (MEXU)	-	presente	-	presente
	<i>S. protracta</i> Benth. ★	<i>J. Walker 3045</i> (WIS)	DQ667298	Walker y Systma (2007)	DQ667484	Walker y Systma (2007)
	<i>S. thyrsoiflora</i> Benth.	<i>R. Clemente 106</i> (FCME)	-	presente	-	presente
66. <i>Silvicolae</i> *	<i>S. miniata</i> Fernald	<i>Holst 5895</i> (MO)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
67. <i>Siphonantha</i>	<i>S. lobbii</i> Epling	<i>Schmidt-Lebuhn 475</i> (MJG)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. pichinchensis</i> Benth.	<i>Ollgaard & Balslev 9508</i> (F)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
68. <i>Skeptostachys</i>	<i>S. gravida</i> Epling	<i>Jenks 254</i> (UCR)	HQ418868	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418971	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. vazquezii</i> Iltis & Ramamoorthy	<i>P. Wester 196</i> (MJG)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
69. <i>Standleyana</i> *	<i>S. cacaliifolia</i> Benth.	<i>cult. RBG-Edinburgh; J.B. Walker 1203</i> (WIS)	DQ667259	Walker y Systma (2007)	HQ418954	Jenks <i>et al.</i> (2011)
70. <i>Subrotundae</i>	<i>S. coccinea</i> Juss. ex Murr.	<i>cult. FTG; J. Walker 2513</i> (WIS)	AY506651	Trusty <i>et al.</i> (2004)	AY570474	Walker <i>et al.</i> (2004)
	<i>S. ballotiflora</i> Benth.	<i>J.B. Walker 2547</i> (WIS)	HQ418849	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418952	Jenks <i>et al.</i> (2011)
71. <i>Tomentellae</i>	<i>S. bangii</i> Rusby	<i>P. Wester 10</i> (MJG)	DQ667263	Walker y Systma (2007)	DQ667449	Walker y Systma (2007)

	<i>S. candicans</i> M. Martens et Galeotti	<i>J. Walker 3001</i> (WIS)	DQ667299	Walker y Systma (2007)	HQ418956	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. fruticulosa</i> Benth.	<i>Crone 1/8/00</i> (MJG)	HQ418866	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418969	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. gilliesii</i> Benth.	<i>P. Wester 13</i> (MJG)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. parryii</i> Gray	cult., UCRBG	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. pinguifolia</i> (Fern.) Woot. & Standl.,	<i>P. Wester 372</i> (MJG)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. retinerva</i> Briq.	<i>Riina 1508a</i> (WIS)	HQ418888	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418990	Jenks <i>et al.</i> (2011)
72. <i>Tuberosae</i> *	<i>S. oxyphora</i> Briq.	<i>P. Wester 16</i> (MJG)	DQ667262	Walker y Systma (2007)	DQ667448	Walker y Systma (2007)
73. <i>Tubiflorae</i>	<i>S. tortuosa</i> Kunth	RGB-K 18775 (K)	HQ418893	Walker <i>et al.</i> (2006) en Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418995	Walker <i>et al.</i> (2006) en Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. tubifera</i> Cav.	<i>P. Wester 231</i> (MJG)	HQ418894	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418996	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. venulosa</i> Epling	<i>Wood 5381</i> (MO)	HQ418896	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418998	Jenks <i>et al.</i> (2011)
74. <i>Uliginosae</i>	<i>S. forreri</i> Greene	<i>J. Walker 2098</i> (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. glechomifolia</i> Kunth	cult., WSN	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. procurrens</i> Benth.	<i>Bonif 941</i> (WIS)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. prunelloides</i> Benth.	<i>Crone 15/9/00</i> (MJG)	DQ667275	Walker y Systma (2007)	DQ667460	Walker y Systma (2007)
	<i>S. pusilla</i> Fernald	-	-	Jenks <i>com. pers.</i>	-	-
	<i>S. setulosa</i> Fernald	<i>Crone 30/7/00</i> (MJG)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. sinaloensis</i> Fernald	cult., WSN	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. tricuspidata</i> M. Martens et Galeotti	<i>J. Walker 3037</i> (WIS)	DQ667293	Walker y Systma (2007)	DQ667479	Walker y Systma (2007)
75. <i>Uricae</i>	<i>S. uliginosa</i> Benth.	<i>1984-9105B</i> (WIS)	HQ418895	Jenks <i>et al.</i> (2011)	HQ418997	Jenks <i>et al.</i> (2011)
	<i>S. circinnata</i> Cav.	<i>Lott 3404</i> (UCR)	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
No asignada	<i>S. urica</i> Epling	cult., UCRBG	-	Jenks <i>et al.</i> (2012)	-	-
	<i>S. tuerckheimii</i> Urb.	-	-	Jenks <i>com. pers.</i>	-	-
	<i>S. sp</i>	<i>A. García 3916</i> (FCME)	-	presente	-	presente

Géneros relacionados

<i>Dorystaechas hastata</i> Boiss. & Heldr. ex Benth	Cult., (RBG-Edinburgh)	DQ667252	Walker y Systma (2007)	AY570454	Walker <i>et al.</i> (2004)
<i>Meriandra bengalensis</i> (Roxb.) Benth	2633828 (MO)	DQ667329	Walker y Systma (2007)	DQ667518	Walker y Systma (2007)

* secciones monotípicas

Las secuencias de Jenks *et al.* (2012), fueron pedidas al autor principal, no están disponibles en GenBank.

Las celdas sombreadas corresponden a las secuencias obtenidas en el presente trabajo; "★" secuencias utilizadas en el análisis de 22 taxa y de evidencia total.

Ejemplares fotografiados para análisis morfométricos

(Características fotografiadas: * =sólo vegetativas; • = sólo florales)

1. *Salvia agnes* Epling

Morfotipo 1 (Típico)

COLIMA: Colima, *V. Santiago 88* (MEXU)*. **JALISCO, Municipio Mascota:** 6-7 km al NE del poblado de Juanacatlán y 5-6 km al E de la laguna del mismo, *J. González et al. 811* (IBUG)*. **Sin municipio:** About 15 mi SE of Autlán; near summits of mountains below El Cuartón along trail from Chante about 4 hours with pack animals above Rancho Manantlán, *R. McVaugh 10303* (MEXU). On or below NW-SE crest of Sierra de Manantlán Occidental, on lumber road from Cerro La Cumbre 4 km NW toward Las Joyas, ca. 1 km E of Cerro El Almeal, 17 km SSW of El Chante, 23 km SSE of Autlán, *R. Kowal 2784* (MEXU).

2. Morfotipo 2 (equivalente a *S. lavanduloides* var. *latifolia* Benth.)

DURANGO, Municipio Canelas: 0.5 km de Canelas, rumbo a Cuevecillas, *O. Bravo 646* (MEXU). 750 m al S de Canelas, *M. Vizcarra 112* (ENCB). **Municipio Durango:** Ejido Ciénega de los Caballos, ca. 15 km al NW de Ciénega de los Caballos, *S. González et al. 6761* (FCME). **Municipio Mezquital:** El Zopilote, 10 km del anexo La Presa, región de Santa María de Ocotán, *I. Solís 722* (FCME, CIIDIR). **Municipio San Dimas:** Ejido el Maguey, cordón al SE del Paraje Ojo de Becerro, *S. González & J. Bacon 7050* (FCME, MEXU). **Municipio Tamazula:** La Cumbre 6 km al N de Guadalupe de los Reyes, *P. Tenorio et al. 8401* (MEXU). **Sin municipio:** 2 km al NE de Pueblo Nuevo, *R. Fernández 1968* (MEXU). Along Mexico Highway 40 NE to Durango, 0.6 miles northeast of Durango (Sinaloa) state line, 1.6 miles northeast of El Palmito; on southeast side of road in weedy area, *K. Peterson 579* (MEXU). Along Mexico Hwy 40, about 73.5 miles east of Mazatlán, 6.4 miles W of El Palmito and 2.8 miles east of El Carrizo, sierra Madre Occidental, *J. Reveal 3628* (MEXU). Highway 40 1 km NW of sinaloa/Durango border ca. 2.3 km NW of El Palmito, *G. Levin et al. 2004* (MEXU). **NAYARIT, Municipio Nayar:** 6.5-11.5 km al NE de la Mesa del Nayar, camino a la Cienega, *G. Flores et al. 1726* (MEXU). **Sin Municipio:** A 2.2 km al NE de la Mesa del Nayar, camino a Jesús María, *O. Téllez & G. Flores 11477* (MEXU)*. A 22.7 km al SW de Jesús María camino a la Mesa del Nayar, *O. Téllez & G. Flores 11412* (MEXU)*. **SINALOA, Municipio Concordia:** El Carrizo, *J. González 316* (MEXU). El Palmito en el parte aguas, aprox. 8 km al O del poblado, *R. Vega 1420* (MEXU, IEB). Concordia, 2 km antes del Palmito, Caseta del Guarda Bosques, *G. Guerrero et al. 66* (FCME). **Municipio Cosalá:** Guadalupe de los Reyes, límite entre Sinaloa y Durango, *J. Hernández & J. Gutierrez 1179* (MEXU). **Sin Municipio:** 2 miles before Potrerillos on road from Mazatlán to Durango, *Kimnach & Sánchez-Mejorada 1649* (MEXU). Along Hwy 40 about 8 miles west of Las Palmitas, *D. Norris et al. 20280* (MEXU). Road between El Salto and Concordia, *G. Webster & G. Breckon 15531* (MEXU). Sonora

3. *Salvia cryptodonta* Fernald

DURANGO, Municipio Mezquital: Rancho La Vinata, *I. Solís 117* (MEXU). **JALISCO, Municipio Mezquitic:** Entre Charca Azul y Pinos Altos, *F. Santana et al. 1810* (MEXU). **Municipio San Martín de Bolaños:** Cerro del Gallo, Predio "Las Berenjenas" a 20 km en LR al NW de Bolaños, *E. Domínguez 2* (MEXU)*. Estación de Microondas El Astillero o 4 km al S de la carr. Bolaños-Tuxpan de Bolaños, *J. Calónico & G. Flores 3247* (MEXU). Las Vidrieras, 10 km al NW de El Platanar, *J. Rzedowski 26154* (ENCB)*. **Sin municipio:** 14 km al NW de Bolaños, por la brecha a Asmoles, *F. Santana et al. 1744* (MEXU)*.

4. *Salvia exilis* Epling

GUERRERO, Municipio Atlixac: 9 km al SE de Atlixac, sobre la carr. Chilapa-Tlapa, *G. Lozano 422* (FCME). **Municipio Tlapa:** 6 km W de Tlatauki, *T. Ramamoorthy et al. 4490* (MEXU).

5. *Salvia guadalajarensis* Briq.

JALISCO, Municipio San Cristóbal de la Barranca: Arroyo Jaboncillo, Rancho Pericos, aproximadamente 3 km al N de Las Carboneras y 6.5 km al NE de La Lobera (en línea recta), *P. Carrillo-R. & D. Cabrera-T. 3438* (IBUG). La Mesa de los Caballos, 8 km al NO de San Cristóbal de la Barranca (en línea recta), *P. Carrillo-R. & D. Cabrera-T. 3381* (IBUG). **Municipio Zapopan:** Barranca del Río Santiago, predio la Ollita de los Ruvalcaba, *H. Iturribarría et al. 11b-376* (IBUG). Carretera a Saltillo, 30 m ca. de la hidroeléctrica y planta de tratamiento, inclinación de 67°, exposición 17°, *F. Ochoa et al. 10a-7* (IBUG). El Diente, al N de Zapopan y al E de San Esteban, *J. González et al. 1165* (IBUG)*. **Sin municipio:** Sierra de San Esteban, near Guadalajara, *C. Pringle 11689* (MEXU). Tequila, *E. Palmer 336* (MEXU)*.

6. *Salvia helianthemifolia* Benth.

DURANGO, Municipio San Dimas: Cerro Pelón, Ejido San Bartolo, G. Pérez 725 (ENCB)*. **GUANAJUATO, Municipio Tierra Blanca:** Cerro Zamorano, parte alta, J. Rzedowski 47803 (MEXU). **HIDALGO, Municipio Mineral del Chico:** Parque Nacional El Chico, M. Martínez s.n. (FCME). **Municipio Tenango de Doria:** "El Cirio", aproximadamente 1.2 km al W de San Nicolás, I. Luna et al. 1469 (FCME). **Sin municipio:** Cerro de las Ventanas, 7 km al N de Pachuca, J. Rzedowski 31572 (FCME). **JALISCO, Municipio Talpa de Allende:** 2 km al SW de El Cuale por la brecha hacia las Minas de Zimapán, J. González & D. Juárez 1154 (MEXU). El Cuale, alrededores del pueblo rumbo a el Arroyo El Salto, km 54 a partir de Talpa, rumbo a Puerto Vallarta, A. Castro-Castro & J. Villa-Vázquez 2014 (MEXU). Extremo NW del poblado de Cuale, J. González 467 (MEXU). **MÉXICO, Municipio Donato Guerra:** Cerro Pelón camino a la colonia, M. Salinas et al. 938 (FCME). Rumbo al llano de Los Tres Gobernadores, por San Juan Xoconusco, M. Cornejo et al. 1029 (FCME). **Municipio Ocuilan:** Cerro del Huilote, Parque Nacional Lagunas de Zempoala, C. Aguilar ZC-43 (FCME). **Municipio Temascaltepec:** Crucero-Agua Blanca, G. Hinton 8828 (MEXU). Parque Nevado de Toluca, Ejido El Varal, L. Villers 11 (MEXU). Parque Nevado de Toluca, 5 km al E de Mesón Viejo, por la carr. Toluca-Altamirano, rumbo a Toluca, I. Fragoso-Martínez 100 (FCME). **Municipio Toluca:** aprox. 14 km rumbo a Oxtotilpan carr. Toluca-Oxtotilpan I. Fragoso-Martínez 110 (FCME). **MICHOACÁN, Municipio Ciudad Hidalgo:** Cañada de San Pedro, aprox. A 3 km al NW de San Pedro Jácuaró, J. Almazán et al. 879 (FCME). **Municipio Zinapécuaro:** Cerro Prieto, aprox. A 5 km al SE de Huajúbaro, J. Almazán et al. 582 (FCME). Laguna Larga, Los Azufres, S. Zamudio 5087 (FCME). Llano Largo, aprox. A 1.5 km al NE de Los Azufres, J. Almazán et al. 641 (FCME).

7. *Salvia heterofolia* Epling & Mathias

MÉXICO, Municipio Luvianos: 1.7 km de Nanchititla, carr. Toluca-Altamirano, I. Fragoso-Martínez et al. 117 (FCME). 3 km antes de llegar al Salitre desde Nanchititla, I. Fragoso-Martínez et al. 126 (FCME). **Municipio San Simón de Guerrero:** Mina de Agua, Temascaltepec, G. Hinton 16075 (ENCB). **Municipio Tejupilco:** 10 km después de Tejupilco hacia Temascaltepec, I. Fragoso-Martínez et al. 118 (FCME). 8.5 km de Tejupilco, por la carr. Toluca-Altamirano, rumbo a Temascaltepec, I. Fragoso-Martínez 79 (FCME). Por la carr. Que va de Cañadas de Nanchititla a Villa Luvianos, ca. de 2 km al E de la desviación al parque, I. Fragoso-Martínez 29 (FCME). **Municipio Temascaltepec de González:** 10 km después de Tejupilco hacia Temascaltepec, I. Fragoso-Martínez et al. 122 (FCME). 18.5 km de Tejupilco, por la carr. Toluca-Altamirano, rumbo a Temascaltepec, I. Fragoso-Martínez 92 (FCME). **Sin municipio:** 3 km al SW de Temascaltepec, sobre la carretera a Tejupilco, J. Rzedowski 20765 (MEXU). 4 km al SW de Temascaltepec, T. Ramamoorthy s.n. (MEXU). Cañada de Nanchititla, E. Matuda et al. 30847 (MEXU).

8. *Salvia lavanduloides* Kunth (forma típica)

MÉXICO:

CHIAPAS, Municipio San Cristóbal de las Casas: entre San Cristóbal de las Casas y San Felipe, T. Ramamoorthy et al. 1289 (MEXU). Near Mitzi-ton, D. Breedlove 48882 (MEXU). **Municipio Zinacantán:** 3 km antes de Zinacantán, camino de Nachig, Y. López & F. Martínez 605 (FCME). **DISTRITO FEDERAL, Delegación Álvaro Obregón:** En la entrada del Parque Tarango por el sendero hacia la barranca norte, F. César et al. 234 (MEXU). **DURANGO, Municipio SÚCHIL:** Reserva de la Biósfera La Michilía, G. Flores 395 (FCME). **GUERRERO, Municipio Atlamajalcingo de Monte: Huehuetepec:** B. Carreto 5 (FCME). **Municipio Chichihualco:** 10 km al SW de Filo de Caballo (4 km delante de Corralitos, sobre el camino Filo de Caballos-Tlacotepec), M. Millán 13 (FCME). **Municipio Chilpancingo de los Bravo:** Camino al Alquitrán, J. Rojas et al. 476 (FCME). Chilpancingo, J. Rodríguez 1104 (FCME). 10° al N de la Cueva del Tigre, Plan de Potrerillo, M. Millán 555 (FCME). **Municipio Coyuca de Catalán:** Primer Campo, en la montaña al N del Aguacate, J. González et al. 440 (MEXU). **Municipio Heliodoro Castillo:** 0.99 km al N de Verde Rico, J. Calónico 18444 (FCME). 1.07 km al NE del Puerto de los Monos, J. Calónico 19893 (FCME). 2.51 km al NE del Puerto de los Monos, J. Calónico 20032 (FCME). 3.99 km al NW de Los Lavaderos, J. Calónico 20165 (FCME). Corralitos, 2.1 km al NW, camino a Tlacotepec, R. Cruz 5014 (FCME). Puerto de los Monos, 0.58 km al SE, R. Cruz 4327 (FCME). Verde Rico, 6.66 km al NE, J. Calónico 17030 (FCME). **Municipio Leonardo Bravo:** Los Morros, 500 m de Campo de Aviación, dirección Filo de Caballo, B. González 1493 (FCME). Yextla, 3 km de la desviación, rumbo a Tres Caminos, J. Calónico 5247 (FCME). **Municipio Malinaltepec:** Cerro Cuate, cerca de la cima (Tlapizahuac?), R. de Santiago et al. 1797 (FCME). Paraje Montero, S. Cristino 1861 (FCME). **Municipio Metlatónoc:** Ca. Entronque cam. Huehuetepec-Alacatlazala c/carr. Tlapa-Marquelia, R. de Santiago & N. Diego 1379 (FCME). km. 5 de Metlatonoc, sobre el camino de Metlatonoc-Huexuapa, G. Lozano 474 (FCME). **Municipio Taxco de Alarcón:** 13.5 km al NW de Taxco, camino a Tetipac, E. Castelo 508 (FCME). Cerro del Huixteco, N. Diego & M. Gispert 8437-A (FCME). El Tejocote, 7 km al E de Cruz Alta, J. Calónico 7156 (FCME). El Tejocote, entre Taxco y Puerto Oscuro, R. Cruz 2072 (FCME). Parque el Huixteco, M. Martínez 5609, 5644 (FCME). **Sin municipio:** Tres Cruces, 2 km al NW, J. Pacheco 61 (FCME). **JALISCO, Municipio Mascota:** 5.3 km al SE de San Pedro rumbo a Barandillas, por la brecha hacia San Andrés y el Cerro de El Cabro, J. González & D. Juárez 1145 (MEXU). Sierra de Juanacatlán, 13.8 km al NE de Mascota y 3.5 km al N de Juanacatlán, J. González-Gallegos & R. Guerrero 1099 (MEXU). **Municipio Mexquitic:** Pinos Altos, F. Santana et al. 1819 (MEXU). **Municipio Tequila:** Near the Microwave towers atop Volcan Tequila S Tequila, 13 mi S of Mexico Hwy 15 and 11 mi S of the railroad in Tequila, J. Reveal & R. Harley 4103 (MEXU). **Sin municipio:** Reserva

de Manantlán, El Belloteadero, *V. Méndez s.n.* (FCME). Cerro de la Cruz, cerca de Tapalapa, *L. Villareal de Puga 2431* (ENCB). **MÉXICO, Municipio Tejupilco:** ca. 8.7 km al E de la desviación al Parque Sierra de Nanchitla, por la carretera a Villa Luvianos, *I. Fragoso-Martínez 42,49* (FCME). **Sin municipio:** Villa de Allende, *E. Matuda et al. 26820* (MEXU). **MICHOACÁN, Municipio Morelia:** El Laurelito, ejido de Tumbisca, *E. Sánchez & J. Martínez-Cruz 610* (MEXU). **Municipio Ocampo:** Santuario el Rosario, Reserva de la Biósfera de la Mariposa Monarca, *M. Salinas & K. Oseguera 732* (FCME). **Municipio Zitácuaro:** San Miguel Chichimequillas, Volcán el Molcajete, *C. Ledesma-Corral & A. Torres 51* (MEXU). **Sin municipio:** Cerro El Estribo, cerca de Pátzcuaro, *J. Rzedowski 22050* (ENCB). Salida poniente de Pamatácuaro, *M. Motte 15* (MEXU). **MORELOS, Municipio Tepoztlán:** 4.4 km al NE de Tepoztlán, sobre la carr. De cuota a México-Cuernavaca, *E. Cabrera & H. de Cabrera 12277* (MEXU). **NAYARIT, Municipio Huajicori:** Los Sauces, 2 km del rancho, *I. Solís 555* (FCME, CIIDIR). **OAXACA, Municipio San Mateo Río Hondo:** 1.4 km antes de Zapotiltán, *R. Redonda-Martínez et al. 435* (MEXU). **Municipio Santa Cruz Itundija:** La Nopalera, Guerrero, a 10 km en LR de Santa Cruz Itundija, *K. Velasco et al. 2246* (FCME). Línea eléctrica Zaragoza-Victoria, *K. Velasco et al. 1314* (FCME). **Municipio Santiago Textitlán:** Paraje Río Tigre, *M. Jacob 601* (SERO). **Municipio Tepeuxila:** 17 km de la desviación a Buenavista, camino a Teponaxtla, *A. Flores 1555* (ENCB). **Municipio Tlaxiaco:** a 7 km al NW de Tlaxiaco, *J. Reyes & A. García 2510* (MEXU). **Sin municipio:** 0.5 km al W del entronque, de la desviación a San Pedro Chayuco con el camino a Putla, carretera San Agustín Atenango-Putla, Distrito Juxtlahuaca, *R. Torres & R. Cedillo 571* (MEXU). **PUEBLA, Municipio Coyomeapan:** 2 km antes de Ahuatepec, *V. de Gante 376* (FCME). Cuitzala, *V. de Gante 325* (FCME). **Municipio Zoquiátlán:** Acatitla sección I, *V. de Gante 642* (FCME). **ZACATECAS, Sin municipio:** aprox. 38 km al W de Jalpa, sobre la carr. A Tlaltenango; 30 km del entronque con la carr. Jalpa-Juchipila, *J. Rzedowski & McVaugh 966* (ENCB).

GUATEMALA:

Departamento San Marcos: En el camino Talquián-cima del Volcán Tacaná por la Vereda de Los Trigales, *E. Martínez S. 14077* (MEXU).

HONDURAS:

Departamento Francisco Morazán: El Hatillo, cerca de la academia de los Pinares, *R. Calderón 179* (ENCB). San Juan del Rancho, NE of mountain of Uyuca, *A. Molina 18782* (ENCB).

9. *Salvia lavanduloides* Kunth (morfotipo de Guerrero con inflorescencias fasciculadas)

GUERRERO, Municipio Atlixac: 23 km E de Chilapa, *T. Ramamoorthy et al. 4485* (MEXU). 24 Km al E de Chilapa por la carr a Tlapa, *S. Koch et al. 79164* (MEXU). Aprox. 3.5 km al NW de Hueycaltenango, por el camino Atzacoloya-Hueycaltenango, *F. Lorea 2690* (FCME). Puerto Lagunillas, 19 km al E de Chilapa, carr. A Tlapa, *J. Contreras 2672* (FCME). **Municipio Chilapa de Álvarez:** Chilapa, *H. Abarca 12695* (FCME). 71 km al W de Chilapa, *M. Martínez 5091* (FCME). 8 km después de Lomacintla, *A. Núñez 16* (FCME). 15 Km al SE de Chilapa, carr. a Tlapa, *J. Soto 6774* (MEXU).

10. *Salvia lavanduloides* Kunth (morfotipo de inflorescencias con verticilastros separados)

CHIAPAS: A 12 km al SO de Amatenango del Valle sobre el camino a Villa de Las Rosas, *E. Cabrera et al. 7514* (MEXU). **DISTRITO FEDERAL, Delegación Tlalpan:** Falda y orilla del cráter de Xitle, *R. Bye 11746* (MEXU). **GUERRERO, Municipio Coahuayutla de Guerrero:** El Aguacate, 8.85 km al E, *J. Calónico 13616, 13623* (FCME). La Lajita, 1.49 km al E, *J. Calónico 20677* (FCME). La Lajita, 2 km al E, *J. Calónico 20701* (FCME). La Lajita, 2.84 km al S, *J. Calónico 20749* (FCME). **Municipio Heliodoro Castillo:** 1.63 km al SE de Puerto de los Monos, *J. Calónico 19631* (FCME). El Jilguero, 10.2 km al W, después de la Guitarra, hacia Pueblo Viejo, *R. Cruz 3380* (FCME). **Municipio Taxco de Alarcón:** Cerro del Huizteco, *V. Nava 418* (FCME). **Sin municipio:** A 4 km al SE de Cruz de Ocote, camino Filo de Caballo-Puerto del Gallo, *E. Martínez et al. 5006* (MEXU). **MICHOACÁN, Municipio Quiroga:** Santa Fé de la Laguna, *J. Caballero & C. Mapes 517* (MEXU). **OAXACA, Municipio Santiago Textitlán:** Piedra Lisa, Dto. Sola de Vega, *I. Trujillo-Olazo 2039* (SERO).

11. *Salvia lavanduloides* var. *hispida* Benth.

DURANGO, Municipio Canelas: Canelas, aprox. 5 km (en línea recta), antes de llegar a Canelas, *L. López et al. 328* (FCME). **Municipio Durango:** 55-60 km SW of Durango city on road to La Flor, *D. Breedlove 44170* (MEXU). Ejido Llano Grande entre Palo Verde y Mesa Pelona, *R. Carrillo 90* (FCME, CIIDIR). Ejido Regocijo, Chiquihuitillo, *R. Carrillo 162* (FCME, CIIDIR). **Municipio El Salto:** 8.5 km al NW de San Jerónimo, brecha a la Libertad, *P. Tenorio & C. Romero 8144* (MEXU). Mesa de San Francisco a 24 km al SE del Salto, *P. Tenorio et al. 4309* (MEXU). Metates 27 km al S de El Salto, Brecha a Pueblo Nuevo, *P. Tenorio & C. Romero 6115* (MEXU). **Municipio Mezquital:** 48 km WNW of Huehuquilla El Alto, Jalisco on road to Canoas, *D. Breedlove & F. Almeda 59071* (MEXU). Cerca de La Escondida, por el camino a Los Charcos, *R. Jiménez & S. Acevedo 51* (MEXU). El Zapote, aprox. 5 km de Candelarita Chico, *I. Solís 1022* (FCME, CIIDIR). Santa María de Ocotlán, alrededores, 1 km al S, *J. Mendía 57a* (FCME, CIIDIR). **Municipio Pueblo Nuevo:** 1.3 km antes de llegar a la estación de Metates (desviación hacia Santa Lucía) sobre la carretera de El Salto a Pueblo Nuevo, *J. González et al. 346* (MEXU)*. 17 km al S del Salto, cerca del paraje La Remuda, *S. González & M. González 1770* (ENCB). 17 km al SE del Salto, *S. González 2087* (ENCB, MEXU). Arroyo Santa Bárbara, al SW de El Salto, *A. García & S. Acevedo 1076* (FCME, CIIDIR). Camino a Santa Lucía, 1 km al W de la

estación Los Metates, *J. González et al.* 342 (MEXU). Ejido La Campana, *A. García* 4377 (FCME, CIIDIR). El Salto, 66 km al W, por la carretera a Mazatlán, *S. González & A. García* 4319 (FCME, CIIDIR). La Ciudad (ejido), área semillera UAF 6, carretera Durango-Mazatlán, *A. Benítez* S-23 (FCME, CIIDIR). La Cueva y Anexos. Cercano a la localidad de Cebollas, *A. García* 4552 (FCME, CIIDIR). Las Azoteas, *A. García* 4495 (FCME, CIIDIR). Predio las Bayas de la UJED, Pico La Grulla, *S. González & A. García* 4591 (FCME, CIIDIR). Predio Santa Bárbara, al W de El Salto, *S. González* 5277 (FCME, CIIDIR). San Bernardino de Milpillas, Chico, camino a San Francisco de las Lajas, *Sánchez* 3 (FCME, CIIDIR)*. Santa Bárbara, 6 km por el camino a el Salto, *A. García & S. González* 1095 (FCME, CIIDIR). **Municipio Santiago Papasquiaro:** 7 km, al W de La Ciénega de Nuestra Señora, *P. Tenorio et al.* 9790 (MEXU). **Municipio Súchil:** Potrero Reymundo, San José de Michis, *J. Alvarado* 512 (MEXU). **Sin municipio:** Along Mexico Highway 40, 76.3 miles west of Durango, 18.3 miles west of El Salto, *K. Peterson et al.* 717 (MEXU). **JALISCO, Municipio Tepic:** entre el Cuarenteño y La Noria, a 3 km del Cuarenteño, *J. González* 501 (MEXU). **NAYARIT, Municipio Nayar:** Santa Teresa, camino a La Mesa del Nayar, *G. Flores & P. Tenorio* 1382 (MEXU). 5-8 Km al NW de la Mesa del Nayar, camino a La Mesa del Nayar-Villa de Guadalupe (Cerro Cangrejo), *G. Flores* 1134 (MEXU)*. **Municipio Tepic:** 2 Km al SE del Rancho La Noria o a 9 Km al SE del Izote, *G. Flores-Franco et al.* 3212 (FCME, CIIDIR). **SINALOA, Municipio Concordia:** El Palmito, en el parte aguas, aprox. 8 km al W del poblado, *R. Vega* 1381 (MEXU).

12. *Salvia moniliformis* Fernald

DISTRITO FEDERAL: Cerro del Ajusco, *E. Matuda* 25771 (MEXU). Cerro Magdalena, Serranía de Ajusco, *E. Lyonnet* 1902 (MEXU). **MÉXICO, Municipio Amecameca:** Amecameca, *E. Lyonnet* 942 (MEXU). Cerro de Venacho, *E. Matuda* 18804 (MEXU). **Municipio Juchitepec:** Huihuilanco, *A. Ventura* 940 (MEXU). **Municipio Temamatla:** Pedregal Camposanto, *E. Ibarra* 109 (MEXU). **Municipio Texcalyacac:** 1 km al SSE de Texcalyacac, *C. Bouchan & D. Tejero* 18 (MEXU). **Sin municipio:** 11 km después de Ocuilan, sobre carr. Ocuilan-Cuernavaca, *T.P. Ramamoorthy et al.* 4765 (MEXU). Cerro del Toro, *E. Matuda* 21957 (MEXU). San Rafael, *E. Matuda* 18740 (MEXU). **MORELOS:** Dry banks, mountains above Cuernavaca, *C. Pringle* 8776 (MEXU). km. 21 Carretera Cuernavaca, *M. Ustarroz s.n.* (FCME). **PUEBLA:** Faldas Orientales del Ixtaccíhuatl, *L. Boege* 901 (MEXU). Vertiente E del Ixtaccíhuatl, Campo forestal Experimental San Juan Tetla, *A. May* 1015, 1465 (ENCB).

13. *Salvia muscarioides* Fernald

CHIHUAHUA, Municipio Urique: ca. 3 km al S de Basigochi, ca. Km 16 de camino entre camino Creel-Guachochi y Batopilas, *R. Bye & E. Linares* 14263 (MEXU). Camino entre Samachique y Huahuachic (Guaguachique); ca. 14 km via road W of Samachique; ca. 1 km E of La Renga, *R. Bye et al.* 18277 (MEXU). **Sin municipio:** Nabogame, *J. Laferrière* 1937 (MEXU). Sierra Charuco, Río Fuerte, *H. Gentry* 1754 (MEXU). **SONORA, Municipio Yécora:** Yécora hwy at old Yécora turn-off, *E. Joyal* 1917 (MEXU). 4 km al W de Talayote, camino a Yécora, o 35 km al E de Yécora, Límites de Sonora y Chihuahua, *R. Torres & P. Tenorio* 3833 (MEXU)*. 4 km, al W de El Talayote ó 35 km, al E de Yécora, límite de Sonora y Chihuahua, *P. Tenorio & R. Torres* 4527 (MEXU). **Sin municipio:** About 3 km N of El Chiribo, Ca. 35 km NE of Alamos, Río Mayo Region, *M. Fishbein et al.* 1408 (MEXU). Cerro La Estrella, 1 km al SW del Pueblo Mulatos, *A. Búrquez & D. Yetman* 96-1124 (MEXU). Mesa El Campanero, Arroyo Largo, upper tributary of Barranca El Salto, Río Mayo Region, *M. Fishbein et al.* 2594 (MEXU)*.

14. *Salvia polystachya* Cav. (*Polystachyae*)

GUERRERO, Municipio Eduardo Neri: 9 km delante de Xochipala, carr. Casas Verdes-Filo de Caballos, *C. Jaso & F. Lorea* 7 (FCME). **Municipio Ixcateopan:** Ixcateopan, *R. Cruz* 5263 (FCME). **Municipio Leonardo Bravo:** 4 km delante de Carrizal de Bravos hacia Chichihualco, *G. Campos* 302 (FCME). **Municipio Martir de Cuilapan:** La Esperanza, *C. Teyuco* 11 (FCME). **Municipio Pilcaya:** 9 km al SE de Pilcaya, por el camino a Tetipac, *R. Cruz* 1607 (FCME). **Municipio Taxco de Alarcón:** 2 km al N de Taxco, *S. Vázquez & F. Terán* 365 (FCME). Camino a Puerto Oscuro, delante de los Cajones, *M. Elías* 177 (FCME). Ladera del Huixteco, *N. Diego et al.* 8429 (FCME). San Miguel Huertas, 5 km al E, camino a San Juan Tenerás-Taxco, *R. Cruz* 1713 (FCME). San Miguel Huertas, 6 km al E, camino a San Juan Tenerás-Taxco, *R. Cruz* 1758 (FCME). **MÉXICO, Municipio Tejupilco:** Orilla del camino, a la entrada del Parque Ecológico Sierra de Nanchititla, *I. Fragoso-Martínez* 10 (FCME). **Temascaltepec de González:** 18.5 km de Tejupilco por la carr. Toluca-Altamirano, rumbo a Temascaltepec, *I. Fragoso-Martínez* 89 (FCME). 4.3 km al S de Temascaltepec, por la carr. Toluca-Altamirano, rumbo a Temascaltepec, *I. Fragoso-Martínez* 97 (FCME). **MICHOACÁN, Municipio Morelia:** Cerca de Durazo, *T. Ramamoorthy & D. Lorence* 2601 (FCME). **MORELOS:** Zempoala, *A. Casamijana s/n* (FCME).

15. *Salvia protracta* Benth. (*Sigmoideae*)

GUERRERO, Municipio Chilapa de Álvarez: 6 km al NE de Loquiapa, 1 km al S de La Pera, *N. Turrubiaste* 51 (XAL)*. **Municipio Chilpancingo:** al E de Omiltemi, en dirección al Plan de Potrerillos, *M. Millán* 549 (FCME). **Municipio Eduardo Neri:** El Mirabal, *E. Zavala* 24 (FCME). **Municipio Heliodoro Castillo:** 1.53 km al N de Verde Rico, *J. Calónico* 11555 (FCME). 5.1 km al N de Verde Rico, *J. Calónico* 18488 (FCME). 6.83 km al N de Verde Rico, *J. Calónico* 18532 (FCME). Verde Rico, 1.4 km al S, *R. Cruz* 3776 (FCME). **Municipio**

Leonardo Bravo: 1.5 km al NE de Carrizal de Bravo, *J. Calónico 5395b* (FCME). Carrizal de Bravo, 1 km al NE, *J. Calónico 5325* (FCME). Carrizal de Bravo, 2 km al SE, hacia Chichihualco, *J. Calónico 5987* (FCME). Carrizal de Bravo, 5 km al SE, camino Filo de Caballo-Chichihualco, *J. Calónico 7520, 7525* (FCME). El Mirabal, 2 km al SO, *J. Calónico 6566* (FCME). La Felicidad, 1.5 km al N, *J. Calónico 5437* (FCME). La Laguna, 6 km adelante del poblado, *B. González 1444* (FCME). **OAXACA, Municipio Ixtlán de Juárez:** Vicinity of Vivero Rancho Tejo, 2 km S of Ixtlán Juárez, *E. Judziewicz 3248* (XAL)*. **Municipio San Pedro Jocotipac:** 4.5 km al NE de San Pedro Jocotipac camino a San Pedro Nodón, *O. Téllez et al. 18003* (FCME).

16. *Salvia rzedowskii* Ramamoorthy

MÉXICO, Municipio Amatepec: 5 km de la Goleta hacia Sultepec, *I. Fragoso-Martínez 119* (FCME). 6 km de la Goleta hacia Sultepec, *I. Fragoso-Martínez 129* (FCME). **Municipio Sultepec:** 1 km de las Peñas, *J. Rojas et al. 2003, 2038* (FCME). Camino a Sultepec, 3 km antes de San José del Potrero, *I. Fragoso-Martínez 121* (FCME). **Municipio Zacualpan:** Rumbo a Zacualpan, *J. Rojas et al. 1930, 1990* (FCME). **Sin municipio:** Cerro del Loro, cerca de Sultepec, *L. Paray 3348* (MEXU). Cerro La Corona, Zacualpan, *E. Matuda et al. 30333*, s.n. (MEXU). En barranca, cerca de Amatepec, *E. Matuda et al. 30036* (MEXU). Entre Sultepec y Amatepec, *E. Matuda et al. 30092* (MEXU). km 6 carr. Zacualpan-Mamatla, *M. Castilla Hernández & D. Tejero 1539* (MEXU). La Ciénega, 3 km al S de Sultepec, *J. Rzedowski 30326* (MEXU). Nanchititla 3 km del Salitre, *B. Esquivel & M. Galicia s.n.* (MEXU)*.

17. *Salvia scaposa* Epling

GUERRERO, Municipio Arcelia: Cerca de la cañada El Limón, Campo Morado, *R. Cruz Durán et al. 6288* (FCME). Filo de Cerro Tepehuaje, Campo Morado, *R. Cruz Durán et al. 6420* (FCME). **Municipio Buenavista de Cuéllar:** Coxcatlán, *S. Morales 486* (FCME). **Municipio Taxco de Alarcón:** 14 km al NE de Taxco, rumbo a Tetipac, *Y. López 169* (FCME). 16.5 km al NW de Taxco, camino a Tetipac, *E. Castelo 513* (FCME). 2 km al SW de la entrada al Parque Cerro El Huizteco, *Castillo et al. 175* (FCME). A 7 km de Taxco, rumbo a Tetipac, *R. Fonseca 860* (FCME). Aprox. 2.5 km al NO de Taxco, camino a Casahuates-Tetipac, *F. Lorea 3310* (FCME). Camino templo al Viento, a 1 km de la entrada parque Cerro El Huizteco, *R. Rendon 110* (FCME). Camino templo al Viento, parque Cerro El Huizteco, *Castillo et al. 138* (FCME); *González et al. 121* (FCME). Casahuates, aprox. A 2 km de la entrada, *E. Terán & R. Matías 256* (FCME). Cerro del Huizteco, cerca del monumento al viento, *E. Domínguez-Licon 71* (FCME). Cerro Huizteco, *A. Ortega 1* (FCME); *N. Cano 1842* (FCME). El Huizteco, *B. Macedonio 448* (FCME); *R. Hernández 451* (FCME); *Y. Reyna 527* (FCME). Monumento al Viento, Cerro el Huixteco, *M. Elías 156* (FCME). Parque el Huixteco, *M. Elías 118* (FCME); *M. Martínez 5540, 5595, 5681* (FCME). **Municipio Tetipac:** a 7 km de Tetipac, rumbo a Taxco de Alarcón, *E. Domínguez-Licon 170* (FCME). **Sin municipio:** Agua de Obispo, *A. Palma 249* (FCME). **MÉXICO, Municipio Amatepec:** 5 km de la Goleta hacia Sultepec, *I. Fragoso-Martínez 120* (FCME). **Municipio Sultepec:** 1 km a las Peñas, *J. Rojas et al. 1994* (FCME). **Municipio Zacualpan:** Camino a Puerto Oscuro, *J. Rojas et al. 1472, 1476* (FCME).

18. *Salvia semiscaposa* Epling

MÉXICO, Municipio Luvianos: Por la carr. A Cañadas de Nanchititla, cerca de 6 km al W, antes de la desviación al parque, *I. Fragoso-Martínez 17, 18* (FCME). **Municipio Tejupilco:** Alrededores del mirador a la cascada del parque ecológico Sierra de Nanchititla, *I. Fragoso-Martínez 26* (FCME). Arroyo en la primera puerta del camino del Parque Ecológico Sierra de Nanchititla, que va hacia el mirador de la Cañada, *I. Fragoso-Martínez 19* (FCME). Ca. 19-20 km al E de la desviación al Parque Sierra de Nanchititla, por la carretera a Villa Luvianos, *I. Fragoso-Martínez 52* (FCME). Ca. 6.4 km al E de la desviación al Parque Sierra de Nanchititla, por la carretera a Villa Luvianos, *I. Fragoso-Martínez 32* (FCME). Por la carr. que va de Cañadas de Nanchititla a Villa Luvianos, ca. de 2 km al E de la desviación al parque, *I. Fragoso-Martínez 31* (FCME). **Sin municipio:** Cañada de Nanchititla, *E. Matuda s.n.* (MEXU). La Junta, Dto. Valle de Bravo, *E. Matuda et al. 31640* (MEXU).

19. *Salvia stachyoides* Kunth.

DISTRITO FEDERAL, Delegación Milpa Alta: Cerro Neapanapa, por la terracería que va a cabaña Pelagatos, *J. Rivera 3215* (MEXU). **Municipio Tlahuac:** Volcán Pelagatos, *R. Pot et al. 946* (MEXU). La Cumbre, al W del Pueblo de Parres, *P. Tenorio 18912* (MEXU). Sobre el lado E del Cerro Quepil, a 3 km en línea recta del poblado "El Capulín". Área Natural Protegida: Agua Grande, *J. Rivera & A. Espinosa 3425* (MEXU). Volcán Pelado, ladera W, *Sandoval 365* (MEXU). **MICHOACÁN, Municipio Morelia:** Cerro del Águila subiendo por Tacicuaro, *G. Cornejo 2232* (MEXU). **Municipio Paracho:** Cerca de Quinceo, camino al cerro del Águila, *E. García et al. 3162* (XAL)*. **Municipio Santa Clara del Cobre:** La Lagunita de San Gregorio, *E. Pérez 654* (MEXU). **PUEBLA, Municipio Aquixtla:** 1.4 km antes de llegar a La Junta, rumbo a Tetela de Ocampo, *J. Ceja et al. 223* (MEXU). **Municipio Zacatlán:** 7 Km S de Zacatlán, *T. Ramamoorthy et al. 4801* (MEXU). **Sin municipio:** 4 km al E de Río Frío, sobre la carretera libre a Puebla, *R. Weber 766* (ENCB)*. **TLAXCALA, Municipio Huamantla:** 1.5 km al SE de la entrada al poblado de Altamira, de la carr. Del albergue Malitzin-Altamira brecha 63, *G. Flores et al. 5451* (FCME). 2 km al SE de la entrada del poblado de Altamira, de la carretera del albergue Malitzin-Altamira, *G. Flores et al. 5420* (FCME). 4 km al SE de la entrada del poblado de Altamira, de la carretera del albergue Malitzin-Altamira, *G. Flores et al. 5372* (FCME).

Municipio Tlaxcala: Jardín botánico de plantas medicinales U.A.T., *V. Sánchez 27* (MEXU). **Municipio Zitlaltepec:** 2 km al W de la "Caseta 6 de Guarda Bosques", o 7 km al W del poblado Javier de Mina, *G. Flores et al. 5705* (FCME). 3 km al NW de la "Caseta 6" o 8 km al NW del poblado de Javier Mina, *G. Flores et al. 5638* (FCME). 6 km al NW del poblado Francisco Javier de Mina o 1 km NW de la caseta 6, *G. Flores et al. 5578* (FCME). **VERACRUZ, Municipio Las Vigas:** Camino de terracería Las Vigas-Calavernas al N de Calavernas, *P. Zamora 962* (XAL)*. **Municipio Perote:** 1 km de Los Pescados, *M. Vázquez et al. 8766* (XAL)*.

20. *Salvia subobscura* Epling

GUERRERO, Municipio Tlacotepec: 7 km al SW de Jilguero, T.P. Ramamoorthy *et al. 4223* (MEXU). **MICHOACÁN, Municipio Chinicuila:** Carretera Villa Victoria-Aguila, *G. Cornejo et al. 3329* (MEXU).

21. *Salvia teresae* Fernald

JALISCO, Municipio Ayutla: km 23.2 del camino a San Miguel de la Sierra, a partir del entronque con la carr. Ayutla-Cuautla, *A. Castro-Castro & J. Villa-Vázquez 2283* (MEXU).

22. *Salvia tiliifolia* Vahl

CHIAPAS, Municipio San Cristóbal de las Casas: Nachig, *Y. López & F. Martínez 201* (FCME). Zinacantán, casa de la Familia Pérez, *Y. López & F. Martínez 176* (FCME). **COAHUILA, Municipio Arteaga:** Jamé, *1X semestre de Biología UANE s.n.* (XAL)*. Jamé, aprox. 20 km al NW de la carr. 57, *1X semestre de Biología UANE s.n.* (XAL)*. **DISTRITO FEDERAL, Delegación Iztapalapa:** Cerca de Canal, Iztapalapa, *E. Matuda 25649* (FCME). **Delegación Magdalena Contreras:** Pedregal cerca de Contreras, *Gold 681* (FCME). **GUERRERO, Municipio Chilpancingo:** Omiltemi, *A. Almazán 707* (FCME). **Municipio Eduardo Neri:** Huitziltepec, al N de autopista del Sol, *J. Jiménez & M. Laguna 989* (FCME). **Municipio Heliodoro Castillo:** 3.85 km al SW de Verde Rico, *J. Calónico 17334* (FCME). El Jilguero, 10.2 km al W, después de La Guitarra, hacia Pueblo Viejo, *R. Cruz 3395* (FCME). **Municipio Tixtla de Guerrero:** Centro "La Estacada", camino al Ahuejote, *E. Barrera 26* (FCME). Centro "La Estacada-El Barro", *I. Villalva 36* (FCME). **Sin municipio:** 1 km al E de San Miguel, camino a Taxco-Puerto Oscuro, *S. Valencia 1412* (FCME). Alpoeyca, Río Tlalixtaquilla, 3 km al W de Tecoyo, *J. Calónico 771* (FCME). **MÉXICO, Municipio Texcoco:** Cerro Tezcutzingo 8 km al E de Texcoco, *M. Pulido 260* (FCME). **MICHOACÁN, Municipio Contepec:** Cañada el Pastor, RBMA, *G. Ibarra & M. Cornejo 4917* (FCME). **Municipio Morelia:** 17 km al E de Morelia, en la desviación a Unión Progreso, camino a Mil Cumbres, *E. Martínez et al. 2295* (FCME). **NAYARIT, Municipio Xalisco:** Estación de Microondas, Cerro Boludo, *O. Téllez et al. 13019* (XAL)*. **OAXACA, Municipio San Pedro Jocotipac:** 4.5 km al NE de San Pedro Jocotipac camino a San Pedro Nodón, *O. Téllez et al. 18010* (FCME). **PUEBLA, Municipio Aljojuca:** Laguna de Aljojuca, *J. Contreras 8144* (FCME). **QUERÉTARO, Municipio Cadereyta:** Jardín botánico regional de Cadereyta, *R. Hernández et al. 9801* (FCME).

23. Ejemplares no identificados

COAHUILA: Baja hasta el cañón del Carmen, *M. Robert & J. Passini 4615* (ENCB). **GUANAJUATO, Municipio Guanajuato:** Mesa de los Hernández, Cardosantos camino al Corral, *J. Martínez-Cruz 701* (MEXU). **Municipio Jerécuaro:** 2 km al SE de Chilarillo, *J. Rzedowski 47790* (MEXU). **JALISCO, Municipio Ayutla:** km 34 del camino a San Miguel de la Sierra, a partir del entronque con la carr. Ayutla-Cuautla; 1 km al SE de San Miguel rumbo a El Rosario, *A. Castro-Castro & J. Villa-Vázquez 2284a* (MEXU). **Municipio Bolaños:** Cerro del Gallo, Predio "Las Berenjenas" a 10 km al NW de Bolaños, *E. Domínguez 70* (MEXU). **Municipio Tecolotlán:** Sierra de Quila, *J. González 169* (IBUG). **MÉXICO, Municipio Tejuzilco:** ca. 8.7 km al E de la desviación al Parque Sierra de Nanchititla, por la carretera a Villa Luvianos, *I. Fragoso-Martínez 40, 44* (FCME). Sierra de Nanchititla a lo largo de cañada, *F. González-Medrano et al. 5162* (MEXU). **Sin municipio:** Dongú, cerca de Acambay, *J. Rzedowski 1755* (ENCB). **MICHOACÁN, Municipio Contepec:** Cerro Altamirano a 2 km al NW de..., *M. Cornejo & M. Salinas 1663* (FCME). Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, Cerro Altamirano, *M. Cornejo & M. Salinas 4976* (MEXU). Cerro Altamirano, Llano Las Golondrinas, cerca de Santa María La Ahogada, *M. Cornejo & M. Salinas 4921* (FCME, MEXU). **Municipio Erongaricuaru:** Cerro Las Varas, *H. Díaz 1708* (ENCB, MEXU). **Municipio Morelia:** Cerro del Águila, subiendo por Iratzio, *E. Sánchez et al. 13* (MEXU). Lado Sureste del Cerro El Águila, subiendo por Huatzanguio, *E. Sánchez et al. 415* (MEXU). **Sin municipio:** Cerro Dos Estrellas, 1 km al SE de Tlalpujahuá, *J. Santos 1716* (FCME). En el Cerro de Garnica, 51 km al N de Cd. Hidalgo, *J. Soto Núñez & E. Martínez 5463* (MEXU).

Cuadro 21. Medidas de los módulos univariados para el complejo *Salvia lavanduloides* y el grupo externo. Valores del promedio ± error estándar; las letras diferentes representan a los grupos a los que se asignaron las especies (Prueba de Tukey de grupos homogéneos).

		Longitud de entrenudos (mm)	Longitud del peciolo (mm)	Longitud del pedúnculo (mm)	Distancia entre verticilastros (mm)	Longitud del pedicelo (mm)
Sección <i>Lavanduloideae</i>	complejo	AGN (n= 11) 48.23±3.49 ^{abcdef}	(n= 8) 4.82±1.49 ^{abcd}	(n= 6) 44.30±4.97 ^{abcdef}	(n= 18) 2.91±1.00 ^{ab}	(n= 12) 2.08±0.73 ^{abcdefg}
		HIS (n= 66) 55.04±4.44 ^{def}	(n= 48) 8.55±2.23 ^d	(n= 35) 93.14±7.21 ^{de}	(n= 38) 7.61±1.85 ^{cdefg}	(n= 56) 2.46±0.84 ^{cefg}
		LAG (n= 41) 45.40±3.53 ^{bcd}	(n= 22) 4.24±1.30 ^{abc}	(n= 21) 64.99±4.81 ^{abcdef}	(n= 57) 4.63±1.21 ^{abcd}	(n= 30) 2.79±0.79 ^{efgh}
		LAT (n=51) 50.95±3.85 ^{cdef}	(n= 32) 6.44±1.58 ^{bcd}	(n= 26) 30.52±5.73 ^{af}	(n= 82) 4.18±1.68 ^a	(n= 44) 1.96±0.67 ^{abcd}
		LAV (n= 160) 51.89±4.58 ^{cdef}	(n= 122) 4.33±1.47 ^b	(n= 102) 86.46±6.40 ^{abcd}	(n= 278) 5.24±1.60 ^{abd}	(n= 148) 1.94±0.80 ^{bd}
		MON (n= 38) 43.04±3.58 ^{bcd}	(n= 18) 2.54±1.04 ^{ab}	(n= 23) 86.23±6.35 ^{cde}	(n= 66) 10.81±2.68 ^{hi}	(n= 34) 1.81±0.64 ^{abcd}
	REM (n=27) 57.49±4.51 ^{def}	(n= 22) 4.09±1.64 ^{abc}	(n= 23) 90.63±7.18 ^{abcd}	(n= 81) 8.53±2.07 ^{abcdef}	(n= 52) 2.88±1.11 ^{efgh}	
	Grupo externo	CRY (n=11) 49.73±2.98 ^{cdef}	(n= 11) 5.24±1.74 ^{abcd}	(n= 8) 72.89±4.62 ^{abcdef}	(n= 39) 6.75±1.62 ^{abcdef}	(n= 22) 2.55±0.67 ^{cdefg}
		EXI (n=6) 46.25±5.09 ^{abcdef}	(n= 4) 25.67±3.99 ^f	(n= 3) 109.14±6.42 ^{bcdefg}	(n= 18) 4.88±1.26 ^{abcdef}	(n= 8) 2.64±0.72 ^{bcdefghi}
		GUA (n=21) 43.46±3.95 ^{bcd}	(n= 11) 1.76±0.78 ^{ab}	(n= 7) 41.47±3.06 ^{abcdf}	(n= 27) 5.07±1.22 ^{abcde}	(n= 16) 3.23±0.78 ^{ghi}
		HEL (n=62) 43.04±3.94 ^{bc}	(n= 50) 6.75±1.74 ^{cd}	(n= 53) 65.12±5.52 ^{cd}	(n= 135) 8.28±2.26 ^{efg}	(n= 74) 3.60±1.12 ⁱ
		HTR (n=37) 26.13±3.71 ^a	(n= 34) 1.40±0.75 ^a	(n= 19) 65.79±5.57 ^{abcdef}	(n= 46) 10.64±2.06 ^{ghi}	(n= 36) 2.30±0.91 ^{ab}
		MUS (n=17) 40.32±4.71 ^{abcd}	(n= 16) 2.35±1.05 ^{ab}	(n= 14) 107.29±6.50 ^e	(n= 42) 4.69±1.42 ^{abcd}	(n= 20) 2.12±0.67 ^{bcdef}
		OBS (n=8) 41.57±3.05 ^{abcdef}	(n= 7) 2.16±0.83 ^{abc}	(n= 3) 30.40±1.99 ^{abcdef}	(n= 15) 6.09±1.98 ^{abcdefg}	(n= 8) 1.81±0.57 ^{abcdef}
		RZE (n=43) 52.41±4.00 ^{cdef}	(n= 28) 3.51±1.40 ^{abc}	(n= 24) 75.11±6.33 ^{cde}	(n= 69) 5.89±2.01 ^{abcdef}	(n= 34) 2.97±1.09 ^{efghi}
		SCA (n=74) 45.06±3.64 ^{cd}	(n= 58) 3.72±1.56 ^{ab}	(n= 61) 61.25±4.50 ^{bc}	(n= 161) 14.12±2.75 ^j	(n= 128) 3.30±0.98 ^{gh}
		SEM (n=30) 62.28±4.79 ^{ef}	(n= 21) 3.58±1.39 ^{abc}	(n= 26) 61.12±5.34 ^{abcd}	(n= 57) 6.42±2.20 ^{abcdef}	(n= 36) 3.05±0.92 ^{ghi}
		STA (n=46) 55.25±4.37 ^{def}	(n= 42) 6.40±1.80 ^{bcd}	(n= 30) 167.18±8.12 ^g	(n= 66) 3.84±1.56 ^a	(n= 56) 1.41±0.70 ^a
	TER (n=4) 13.16±1.77 ^{ab}	(n= 4) 8.92±1.83 ^{bcde}	(n= 3) 71.91±6.26 ^{abcdef}	(n= 3) 5.24±0.71 ^{abcdefg hij}	(n= 4) 2.73±0.40 ^{abcdefghi}	
Grupo externo	POL (n=42) 61.83±3.99 ^e	(n= 36) 12.65±2.72 ^e	(n= 28) 30.00±3.47 ^a	(n= 84) 6.71±1.73 ^{bcdef}	(n= 50) 1.64±0.79 ^{ab}	
	PRO (n=45) 48.20±3.63 ^{cdf}	(n= 37) 3.59±1.31 ^{ab}	(n= 25) 33.34±3.59 ^{abf}	(n= 89) 7.22±1.93 ^{cef}	(n= 52) 2.94±0.90 ^{fgh}	
	TIL (n=33) 51.99±4.16 ^{cdef}	(n= 33) 18.77±3.16 ^f	(n= 31) 31.59±3.14 ^{af}	(n= 96) 11.99±1.95 ⁱ	(n= 58) 4.73±1.07 ^j	
ANOVA		F _{21, 852} = 8.425 P<0.00001	F _{21, 642} = 36.284 P<0.00001	F _{21, 549} = 20.284 P<0.00001	F _{21, 1545} = 39.667 P<0.00001	F _{21, 956} = 38.783 P<0.00001

AGN= *S. agnes*; CRY= *S. cryptodonta*; EXI= *S. exilis*; GUA= *S. guadalajarensis*; HEL= *S. helianthemifolia*; HIS= *S. lavanduloides* var. *hispidula*; HTR= *S. heterofolia*; LAG= *S. lavanduloides* morfotipo de inflorescencia paniculada; LAT= *S. lavanduloides* var. *latifolia*; LAV= *S. lavanduloides*; MON= *S. moniliformis*; MUS= *S. muscarioides*; OBS= *S. subobscura*; POL= *S. polystachya*; PRO= *S. protracta*; REM= *S. lavanduloides* morfotipo de inflorescencia laxa; RZE= *S. rzedowskii*; SCA= *S. scaposa*; SEM= *S. semiscaposa*; STA= *S. stachyoides*; TER= *S. teresae*; TIL= *S. tiliifolia*

Cuadro 22. Prueba de Tukey de grupos homogéneos sobre los PCs de los módulos multivariados de cáliz y corola para el complejo *Salvia lavanduloides* y el grupo externo. Las celdas sombreadas corresponden a las especies que se asignan a un grupo sin ambigüedad.

		Cáliz											Corola																																
		n	PC1										PC2					n	PC1										PC2																
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	A	B	C	D		E	F	G	H	I	A	B	C	D	E																	
Sección <i>Lavanduloideae</i>	complejo	AGN	7	*	*	*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*					2			*	*	*	*	*	*	*	*			*	*					
		HIS	48				*	*	*	*						*	*	*	*							49				*	*	*						*	*						
		LAG	25	*	*	*												*	*	*						27			*	*								*	*						
		LAT	34	*	*	*	*													*	*					40			*	*								*	*						
		LAV	85				*	*	*									*	*	*						110				*	*								*						
		MON	26		*	*	*	*	*															*		32	*	*										*	*						
		REM	31			*	*	*	*							*	*	*	*						*	29				*	*							*	*						
	Grupo externo	CRY	7	*	*	*	*	*	*	*							*	*	*	*	*	*	*		9			*	*	*	*	*	*				*	*	*						
		EXI	12	*	*											*	*	*	*						9	*	*	*	*								*	*	*						
		GUA	10						*	*	*	*			*										11				*	*	*						*	*	*						
		HEL	22								*	*	*		*	*	*	*							39					*	*						*	*							
		HTR	8								*	*	*			*	*	*	*	*					7								*	*	*	*	*								
		MUS	9	*	*	*	*	*	*	*					*	*									9		*	*	*	*	*	*						*	*						
OBS		8	*											*	*	*	*	*	*	*				9		*	*	*	*	*						*	*								
RZE		31										*											*	22								*									*				
SCA		57										*		*										56								*				*	*								
SEM		15					*	*	*	*				*	*	*	*							17								*				*	*								
STA	31				*	*	*	*					*	*	*								28		*	*	*							*			*								
TER	4								*	*			*	*									4								*			*	*	*	*								
Grupo externo	POL	30	*															*	*				32					*		*				*											
	PRO	29		*	*	*	*							*	*	*								28							*			*		*									
	TIL	25				*	*	*	*									*	*	*				20	*						*	*	*				*				*				
ANOVA		F _{21, 524} = 67.337; P<0.00001											F _{21, 524} = 67.337; P<0.00001											F _{21, 567} = 68.733; P<0.00001											F _{21, 567} = 60.668; P<0.00001										

Árbol de consenso en el análisis bayesiano para el subgénero *Calosphase*

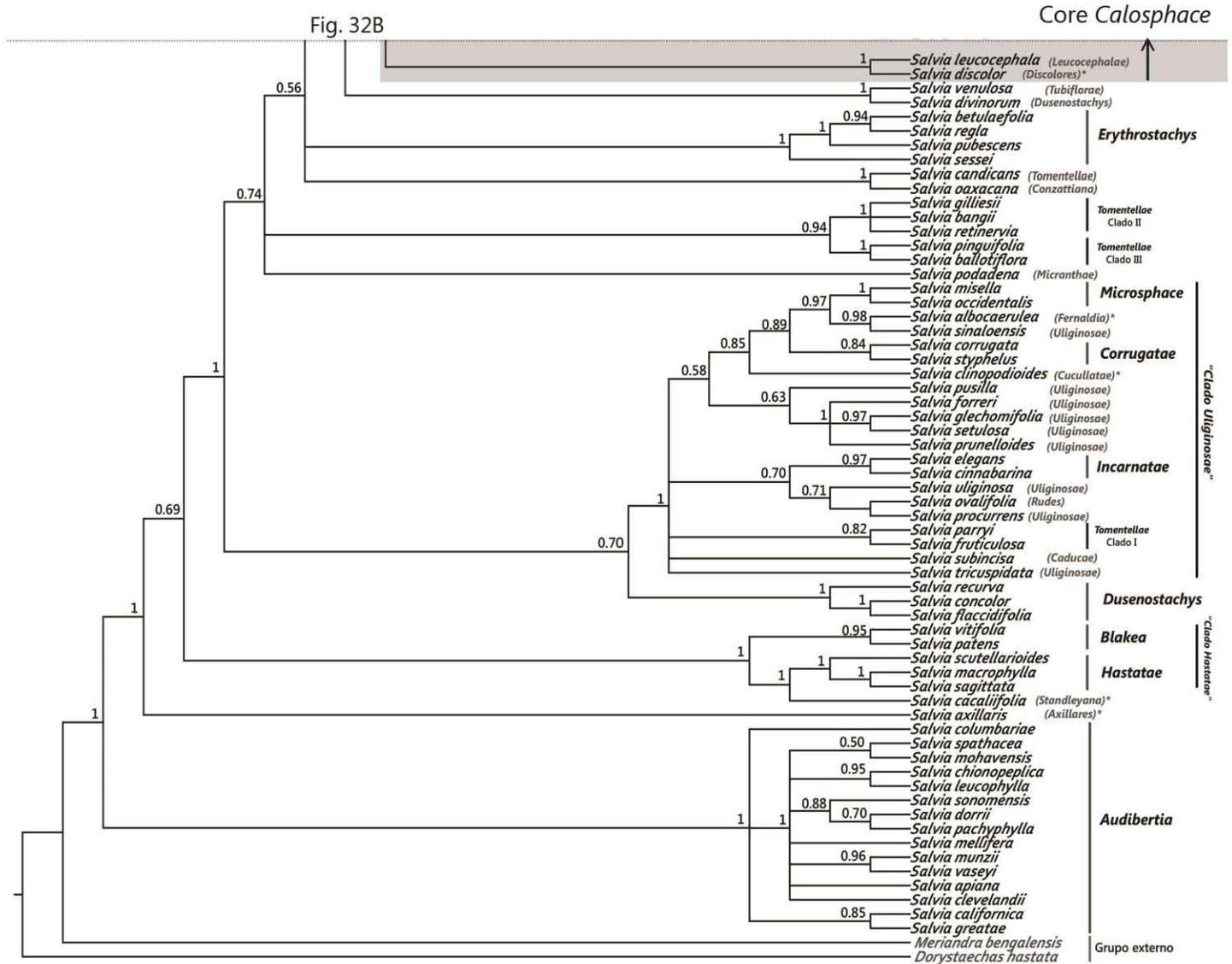
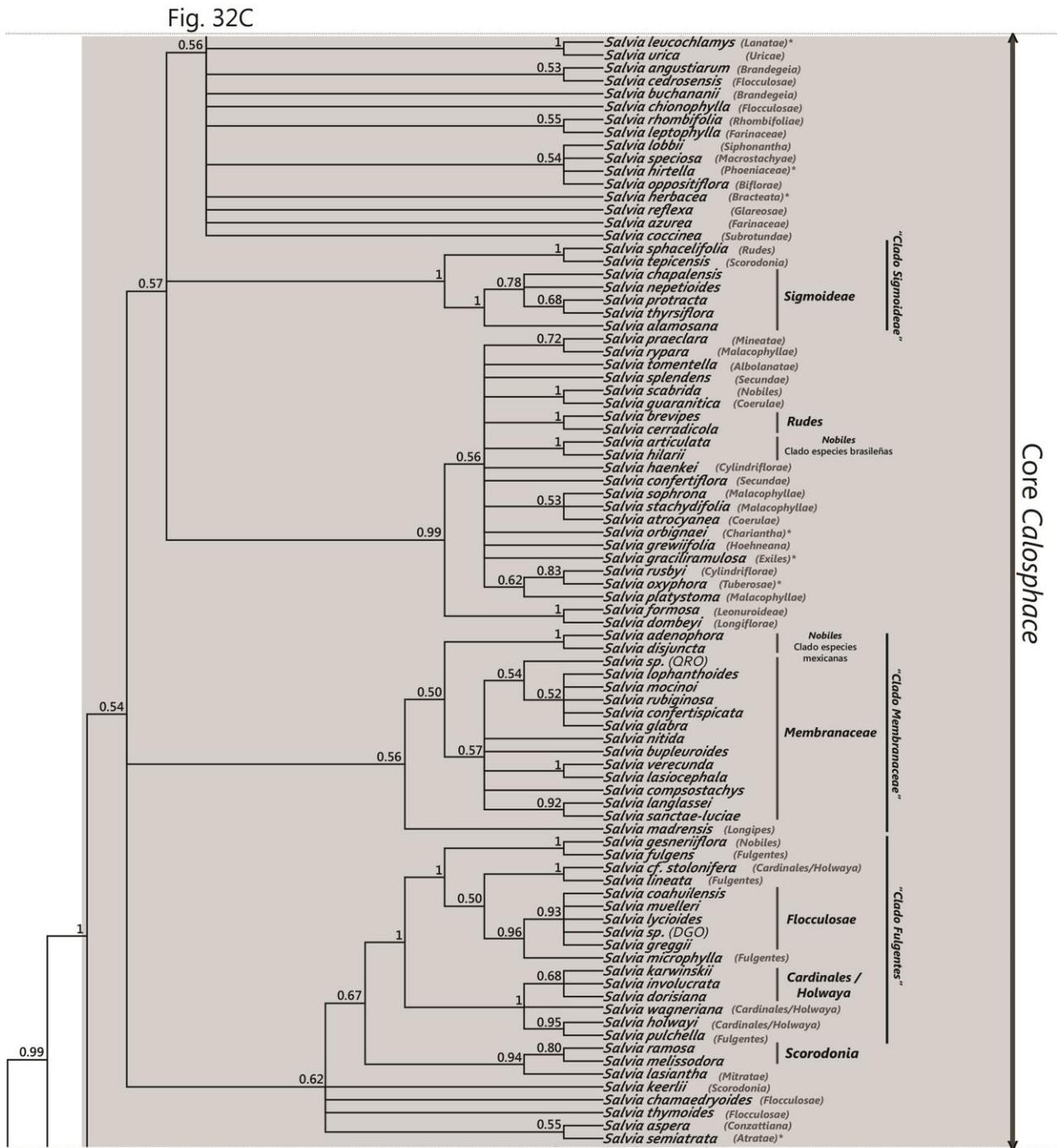


Figura 32. Árbol bayesiano de consenso. A) Sección *Audibertia*, Clados *Hastatae*, *Tomentellae* I, II, III y *Uliginosae*; *Core Calosphase* parte 1. Valor de Probabilidad posterior sobre los nodos.



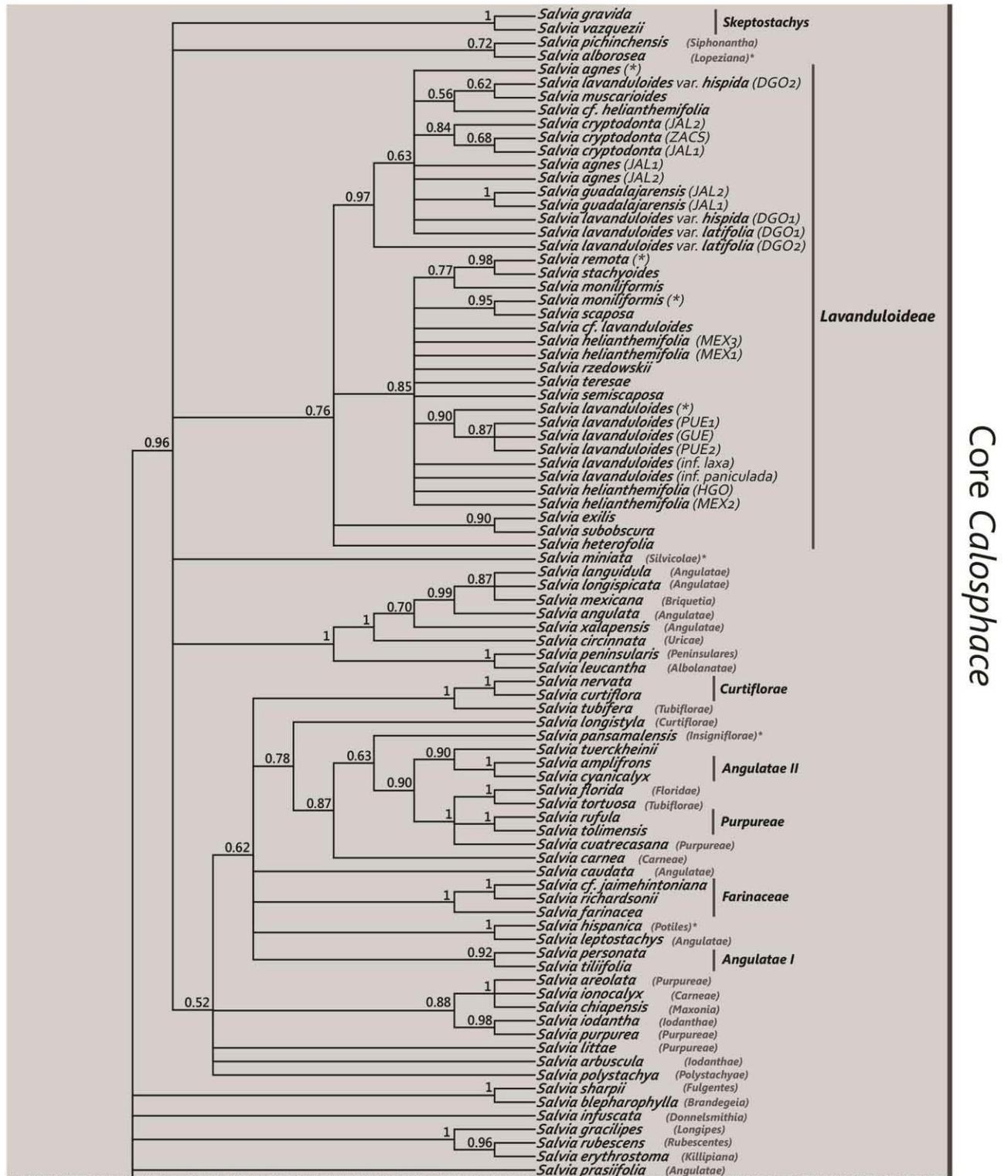


Fig. 32B

Figura 32. Árbol bayesiano de consenso. C) Core *Calosphace* con la sección *Lavanduloideae*. Valor de Probabilidad posterior sobre los nodos. Para las especies de *Lavanduloideae*, entre paréntesis están las abreviaturas de los estados donde se colectaron los ejemplares, el "*" marca las secuencias de Walker y Systema (2007) y Jenks et al. (2012).

Clave e ilustraciones de las especies de la sección *Lavanduloideae*

Clave de identificación para las especies de la sección *Lavanduloideae*:

1. Plantas con el tallo rastrero en la base:
 2. Hojas distales poco desarrolladas, las basales obovadas u ovadas; inflorescencias de aspecto escaposo:
 3. Plantas de 0.4-0.8 m de altura; hojas con el haz peloso, margen serrado; verticilastos con más de 6 flores.....***Salvia semiscaposa***
 3. Plantas de 0.2-0.4 m de altura; hojas glabradas, margen con crenas largas, dando la apariencia de ser entero; verticilastos de 2-6 flores:
 4. Plantas postradas con inflorescencias erectas; hojas glaucas; verticilastos decusados; cáliz hispido en las venas; plantas de Jalisco y Nayarit.....***Salvia teresae***
 4. Plantas con las hojas desarrolladas en la base; inflorescencias erectas; verticilastos opuestos; hojas verdes; cáliz glabrado; plantas de Guerrero y Estado de México.....***Salvia scaposa***
 2. Hojas desarrolladas en toda la planta, elíptico-lanceoladas a lineares; inflorescencias no escaposas:
 5. Plantas no mayores a 0.4 m de alto; hojas glabras; 2-4 flores por verticilastro.....***Salvia heterofolia***
1. Plantas con el tallo erecto en la base:
 6. Plantas con flores blancas exclusivamente, cálices con los dientes caudados, de 2-5 mm de largo.....***Salvia rzedowskii***
 6. Plantas con flores azules, violeta, rosadas o rara vez blancas (*S. helianthemifolia*), cálices con los dientes agudos a obtusos, de 1-2.5 mm de largo:
 7. Cáliz lanado, dientes del cáliz inconspicuos por la abundante pubescencia.....***Salvia cryptodonta***
 7. Cáliz indumentado a glabrado, dientes del cáliz siempre visibles:
 8. Pedicelos inclinados hacia abajo, cálices siempre reflejos:
 9. Plantas de hasta 1.5 m de altura, hojas ovadas, de 1.5-3 cm de largo, verticilastos centrales distanciados hasta 1 cm, diente superior del cáliz obtuso con el ápice poco conspicuo.....***Salvia guadalajarensis***
 9. Plantas generalmente menores a 1 m de altura, hojas elípticas, de 2-6 cm de largo, verticilastos centrales distanciados hasta 4 cm, diente superior del cáliz agudo u obtuso con el ápice mucronado:
 10. Hojas con ancho no mayor a 2 cm, diente superior del cáliz agudo, superficie del cáliz hispida en las venas, corola de color violeta o blanco.....***Salvia helianthemifolia***
 10. Hojas con ancho no mayor a 1 cm, diente superior del cáliz obtuso, superficie del cáliz glabra, corola de color violeta o rosa.....***Salvia scaposa***
 8. Pedicelos erectos, cálices ascendentes o divaricados:
 11. Plantas con el follaje pequeño, hojas ovado-elípticas de 1-2.5 cm de largo × 0.5-1 cm de ancho, haz de color obscuro.....***Salvia subobscura***

11. Plantas con el follaje de mayor tamaño, hojas elíptico ovadas o lanceoladas, 2.5-14 cm de largo × 1.5-4.5 cm de ancho, haz de color claro:

12. Láminas foliares ovado-elípticas:

13. Pecíolos de menos de 1 cm de largo, pedúnculos cortos, de 3-5(9) cm de largo, brácteas con el ápice abruptamente acuminado.....***Salvia agnes***

13. Pecíolos de 1-2.5 cm de largo, pedúnculos de 5-25 cm de largo, brácteas con el ápice gradualmente acuminado:

14. Superficie del haz glabrada; inflorescencia compacta (verticilastos centrales distanciados no más de 3 mm); flores subsésiles, pedicelos menores a 1.5 mm de largo; labio inferior de la corola de 2.5-4.5 mm de largo; plantas del eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental.....***Salvia stachyoides***

14. Superficie del haz hispida; inflorescencia laxa (verticilastos centrales distanciados 7-15 mm); flores con pedicelos conspicuos, de 1-2.5 mm de largo; labio inferior de la corola de 3.5-6.5 mm de largo; plantas de Durango, Jalisco y Sinaloa.....***Salvia lavanduloides* var. *hispida* (S. sp. 1)**

12. Láminas foliares oblongo-elípticas o elípticas-lanceoladas:

15. Plantas con inflorescencias axilares.....***S. lavanduloides* var. *latifolia* (S. sp. 2)**

15. Plantas con inflorescencias terminales:

16. Plantas con el tallo delgado y los entrenudos proporcionalmente más largos que las hojas, dando la apariencia de escasez de follaje; cáliz con el diente superior obtuso con el ápice redondeado.....***Salvia exilis***

16. Plantas con el tallo con los entrenudos proporcionales a la longitud de las hojas, hojas distribuidas de manera regular en todas la planta; cáliz con el diente superior obtuso con el ápice mucronado:

17. Plantas con inflorescencias paniculiformes.....***Salvia* sp. 3**

17. Plantas con inflorescencias racemiformes:

18. Hojas lanceoladas, 0.5-1 cm de ancho, superficie del haz y del cáliz glabradas.....***Salvia muscarioides***

18. Hojas elíptico-lanceoladas, 0.5-2.5 cm de ancho, superficie del haz y cáliz pelosas:

19. Lámina foliar de 1.5-4(6) cm de largo × 0.5-1.5 cm de ancho; inflorescencias interrumpidas, con los verticilastos centrales distanciados de 1-3.5 cm; cáliz con la superficie lanada, diente superior agudo.....***Salvia moniliformis***

19. Lámina foliar de 2-7(14) cm de largo × 0.5-2.5 cm de ancho; inflorescencias compactas a laxas, con los verticilastos centrales distanciados de 0.5-1.5 cm; cáliz con la superficie pubescente, diente superior obtuso con el ápice mucronado.....***Salvia lavanduloides***

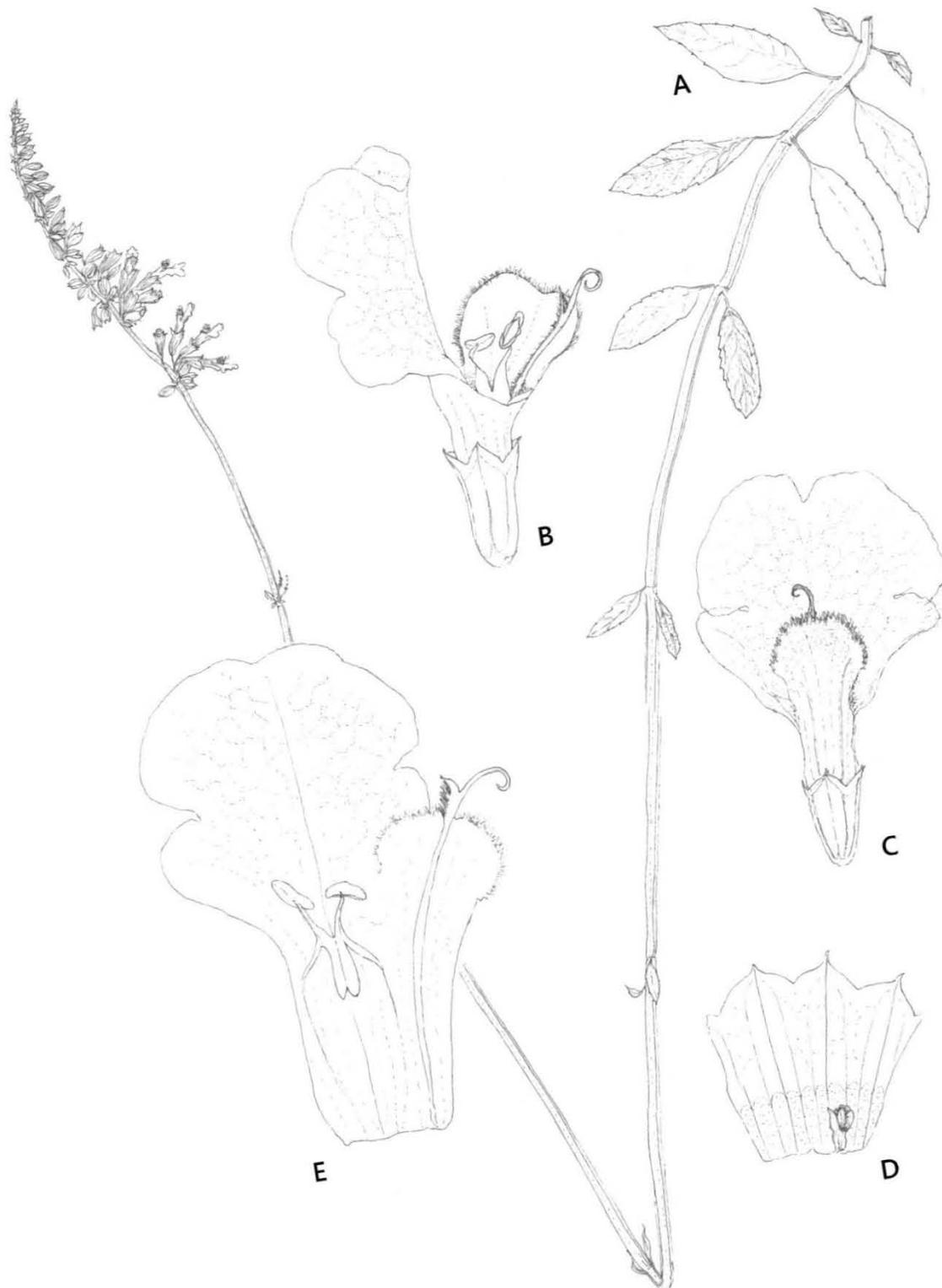


Figura 33. *Salvia semiscaposa* Epling. A) Planta completa, B) Vista lateral de la flor, C) Vista dorsal de la flor, D) Cáliz disectado con núculas y glándula de la ginobase, E) Corola disectada con androceo y estilo. *I. Frago-Martínez 19 (FCME)*. Ilustración María Teresa Jiménez

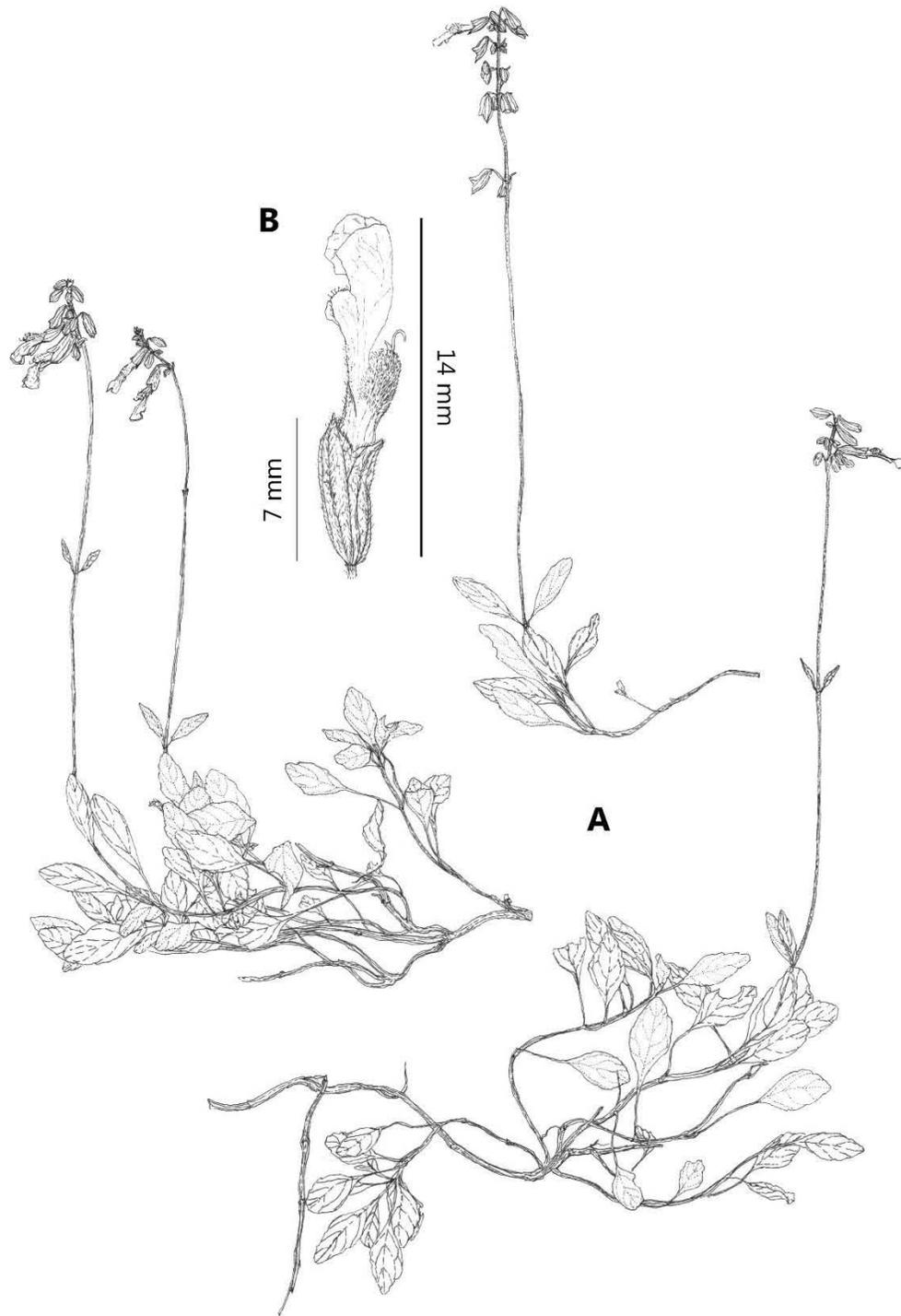


Figura 34. *Salvia teresae* Fernald. A) Rama con inflorescencia, B) Flor. A. Castro-Castro & J. Villa-Vázquez 2283 (MEXU). Ilustración por Daniel Toscano Simbrón.

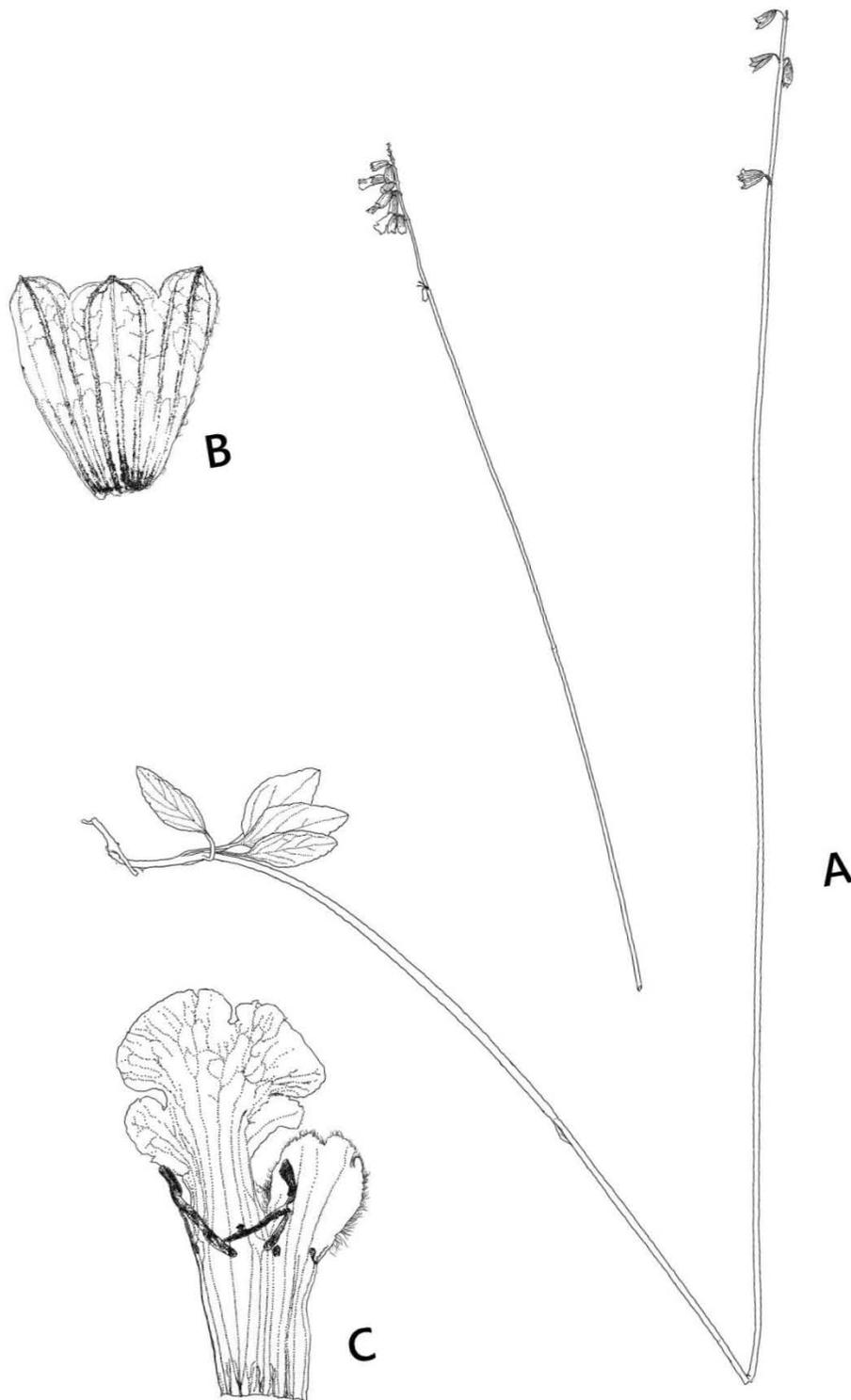


Figura 35. *Salvia scaposa* Epling. A) Rama con inflorescencia, B) Cáliz disectado, C) Interior de la corola. A) *Hinton* 5322 (MEXU), ilustración digital sobre la imagen del isotipo. B-C) *M. Martínez* 5595 (FCME), ilustración digital sobre la imagen de flor disectada para morfometría por Amanda Ortiz Garza.

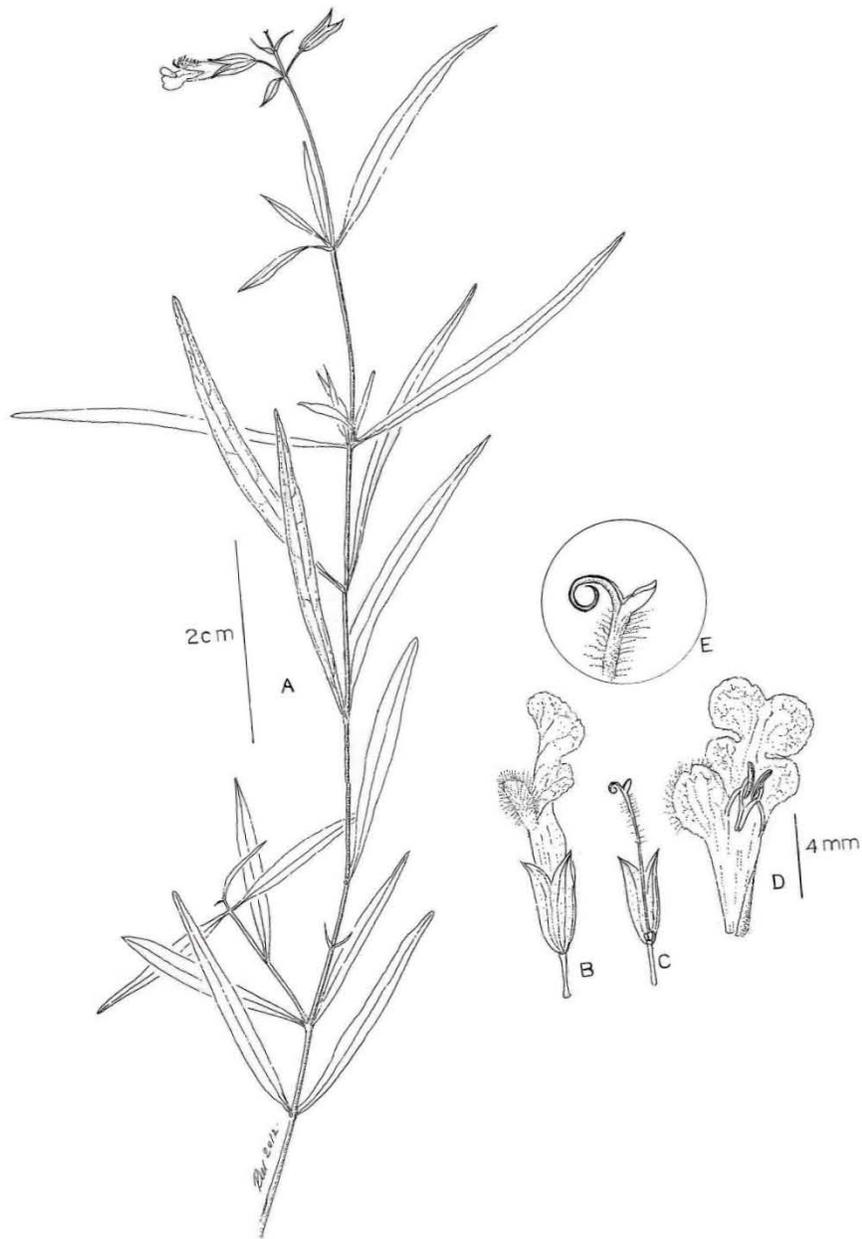


Figura 36. *Salvia heterofolia* Epling et Mathias. A) Rama con inflorescencia, B) Flor, C) Caliz y gineceo, D) Corola y gubernaculo, E) Lóbulos del estilo. *J. Fragoso-Martínez 29 (FCME)*. Ilustración Ramiro Cruz Durán.

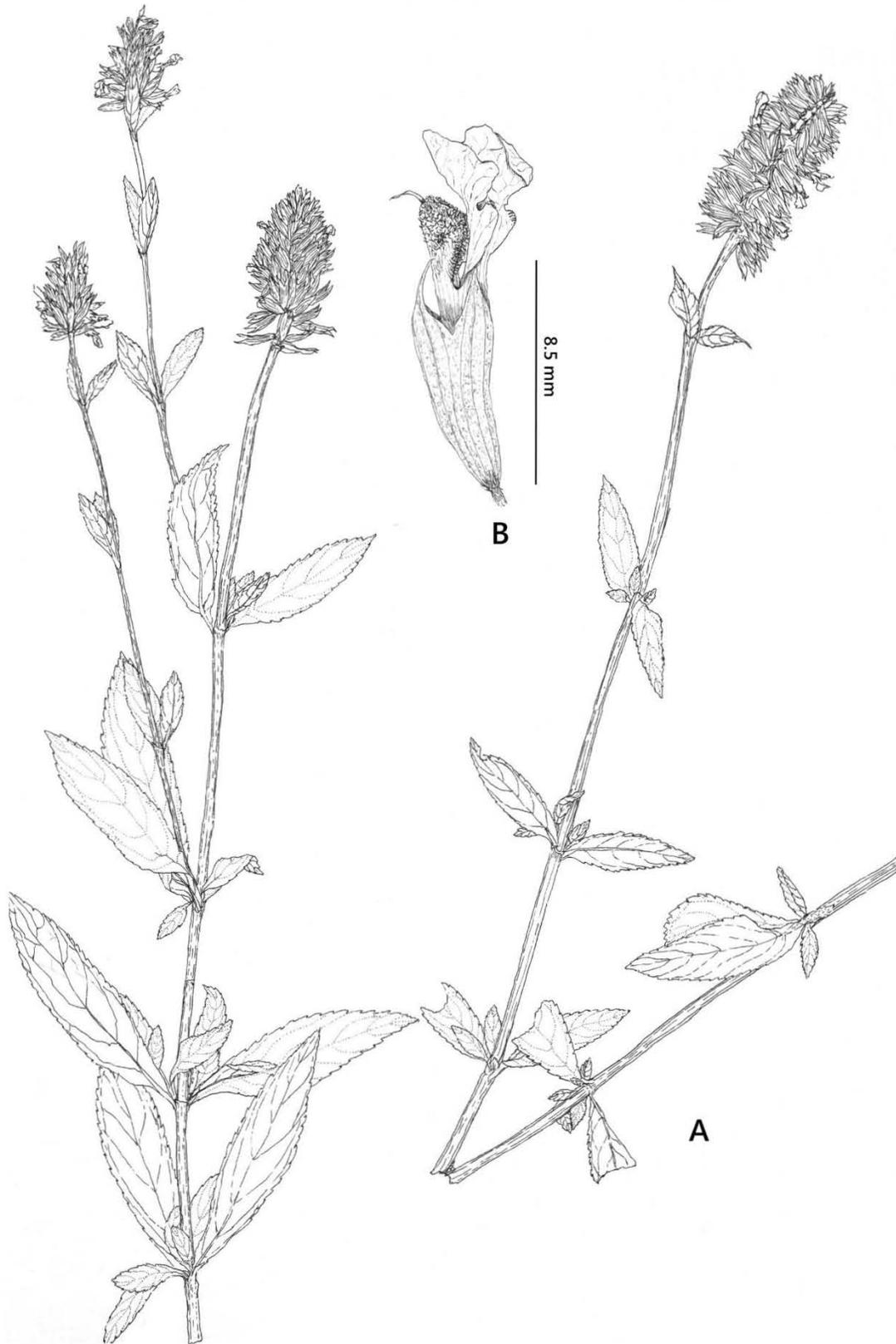


Figura 37. *Salvia rzedowskii* Ramamoorthy. A) Ramas con inflorescencias, J. Rojas et al. 3905 (FCME). B) Flor, J. Rojas et al. 2083 (FCME). Ilustración Daniel Toscano Simbrón.

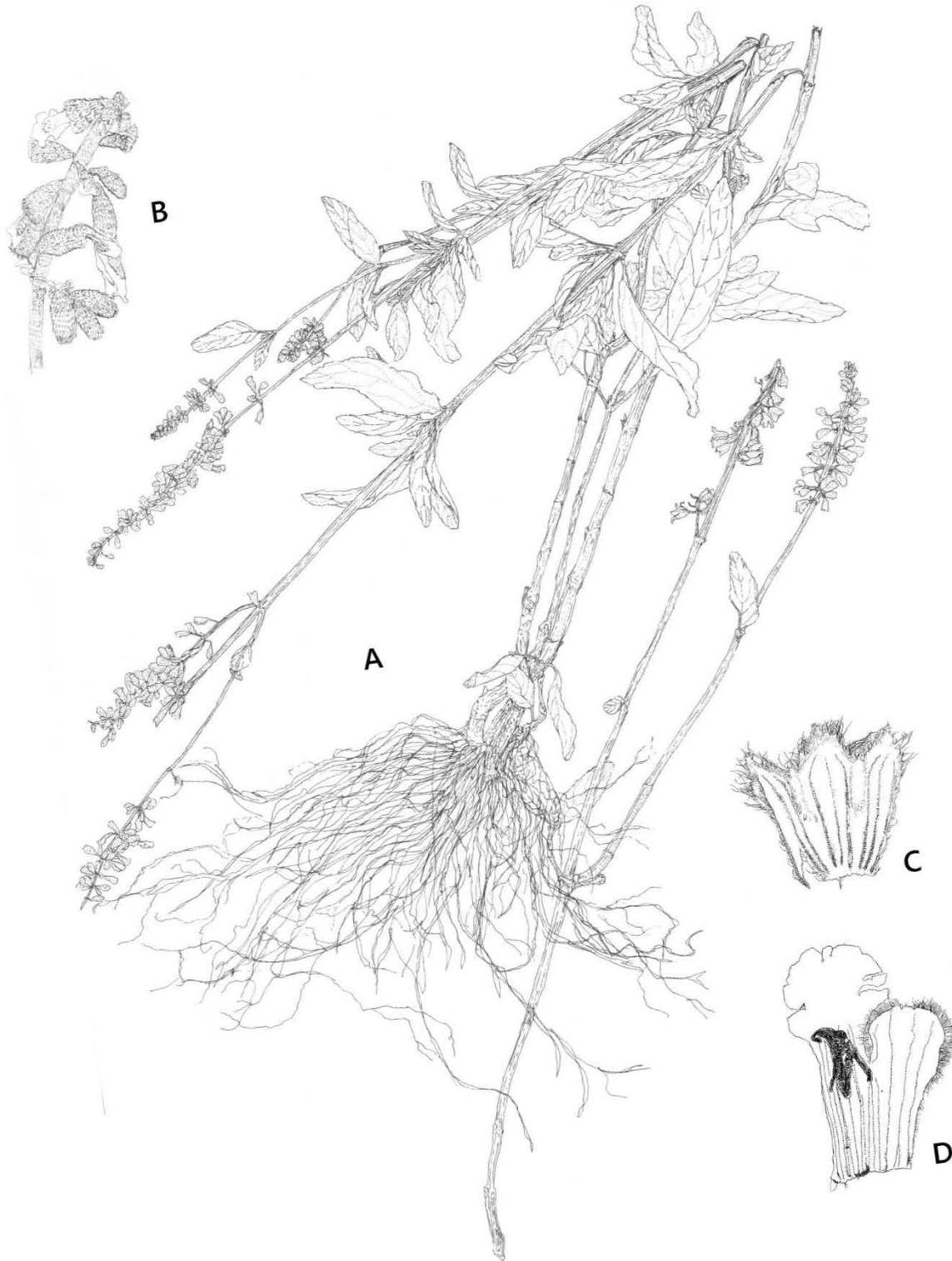


Figura 38. *Salvia cryptodonta* Fernald. A) Rama con inflorescencia, B) Acercamiento de verticilastro con flores, C) Cáliz disectado, D) Interior de la corola. A-B) *J. Rzedowski 26154* (ENCB), ilustración Daniel Toscano Simbrón. C-D) *I. Solís 117* (MEXU), ilustración digital sobre la imagen de flor disectada para morfometría por Amanda Ortiz Garza.

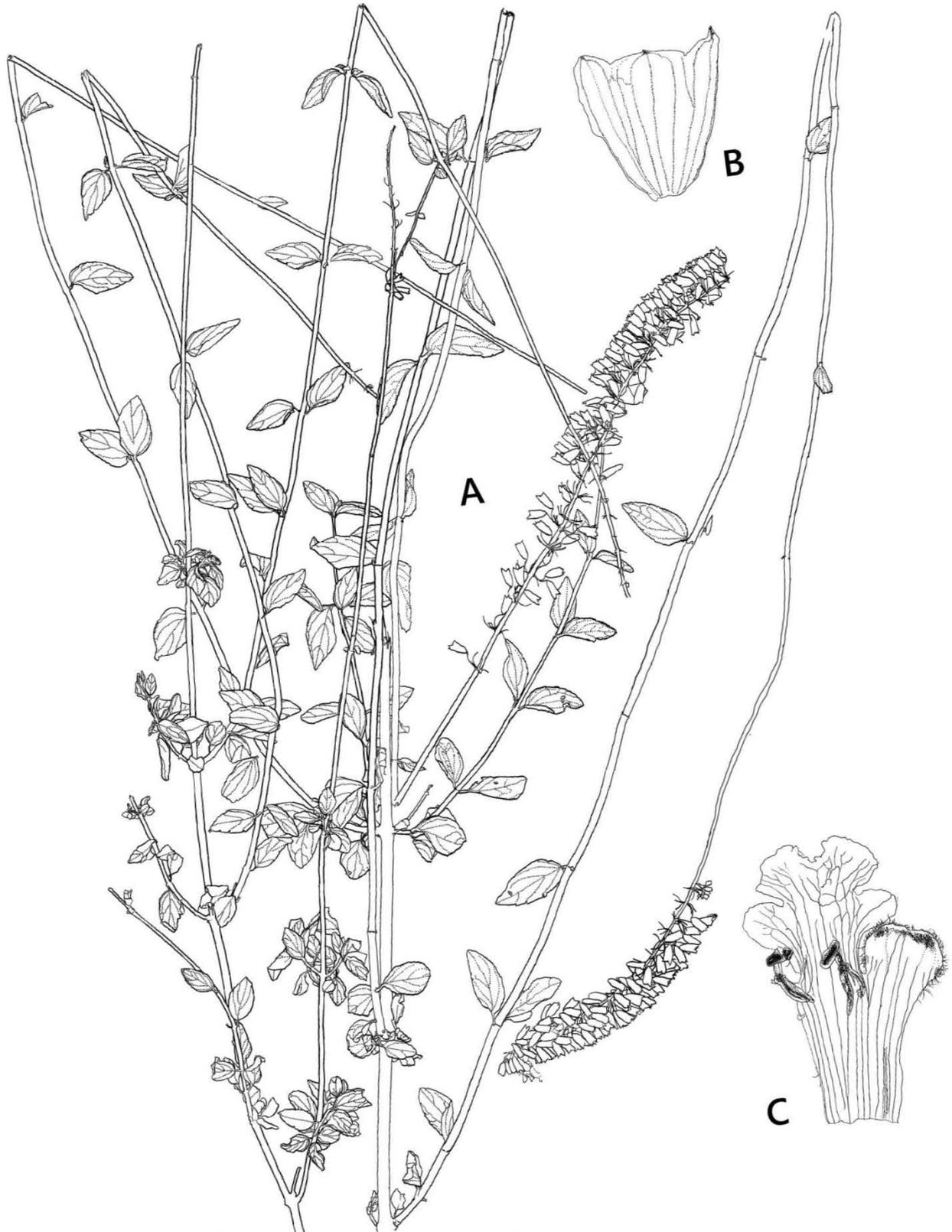


Figura 39. *Salvia guadalajarensis* Briq. A) Rama con inflorescencia, B) Cáliz disectado, C) Interior de la corola. A) G. Pringle 4624 (MEXU), ilustración digital sobre la imagen del isotipo. B-C) F. Ochoa et al. 10a-7 (IBUG), ilustración digital sobre la imagen de flor disectada para morfometría por Amanda Ortiz Garza.



Figura 40. *Salvia helianthemifolia* Benth. A) Ramas con inflorescencias, B) Flor. J. Rzedowski 31572 (FCME). Ilustración Daniel Toscano Simbrón.

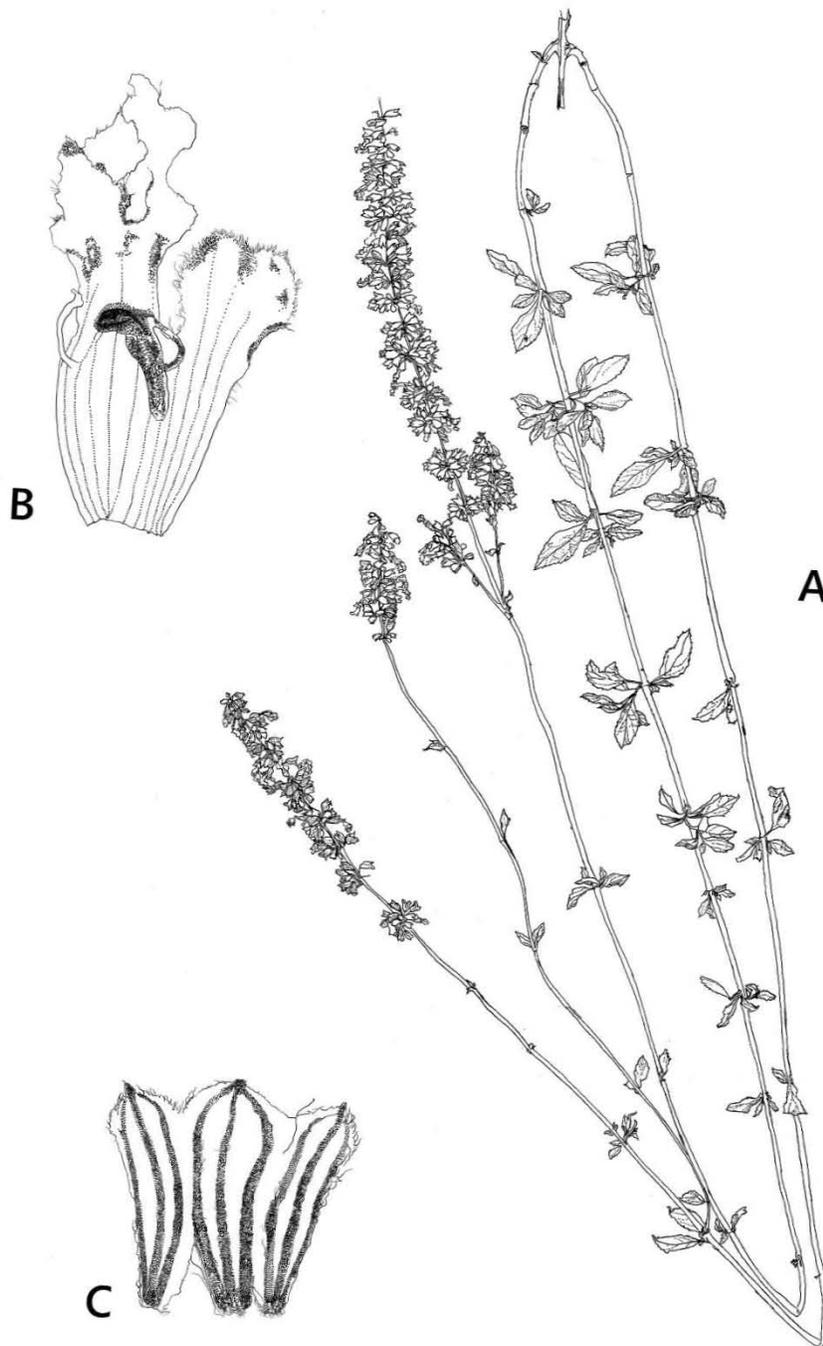


Figura 41. *Salvia subobscura* Epling. A) Rama con inflorescencias, B) Interior de la corola, C) Cáliz disectado. G. Cornejo 3329 (MEXU). Ilustración Amanda Ortiz Garza.



Figura 42. *Salvia agnes* Epling. R. McVaugh 10303 (MEXU). Ilustración Amanda Ortiz Garza.



Figura 43. *Salvia stachyoides* Kunth. A) Ramas con inflorescencias, B) Flor. G. Flores 5638 (FCME). Ilustración Daniel Toscano Simbrón.



Figura 44. *Salvia lavanduloides* var. *hispida* Benth. (*Salvia* sp. 1). A) Ramas con inflorescencias, B) Flor, C) Estilo y núculas, D) Interior de la corola. A. *García 1076* (FCME). Ilustración Daniel Toscano Simbrón.

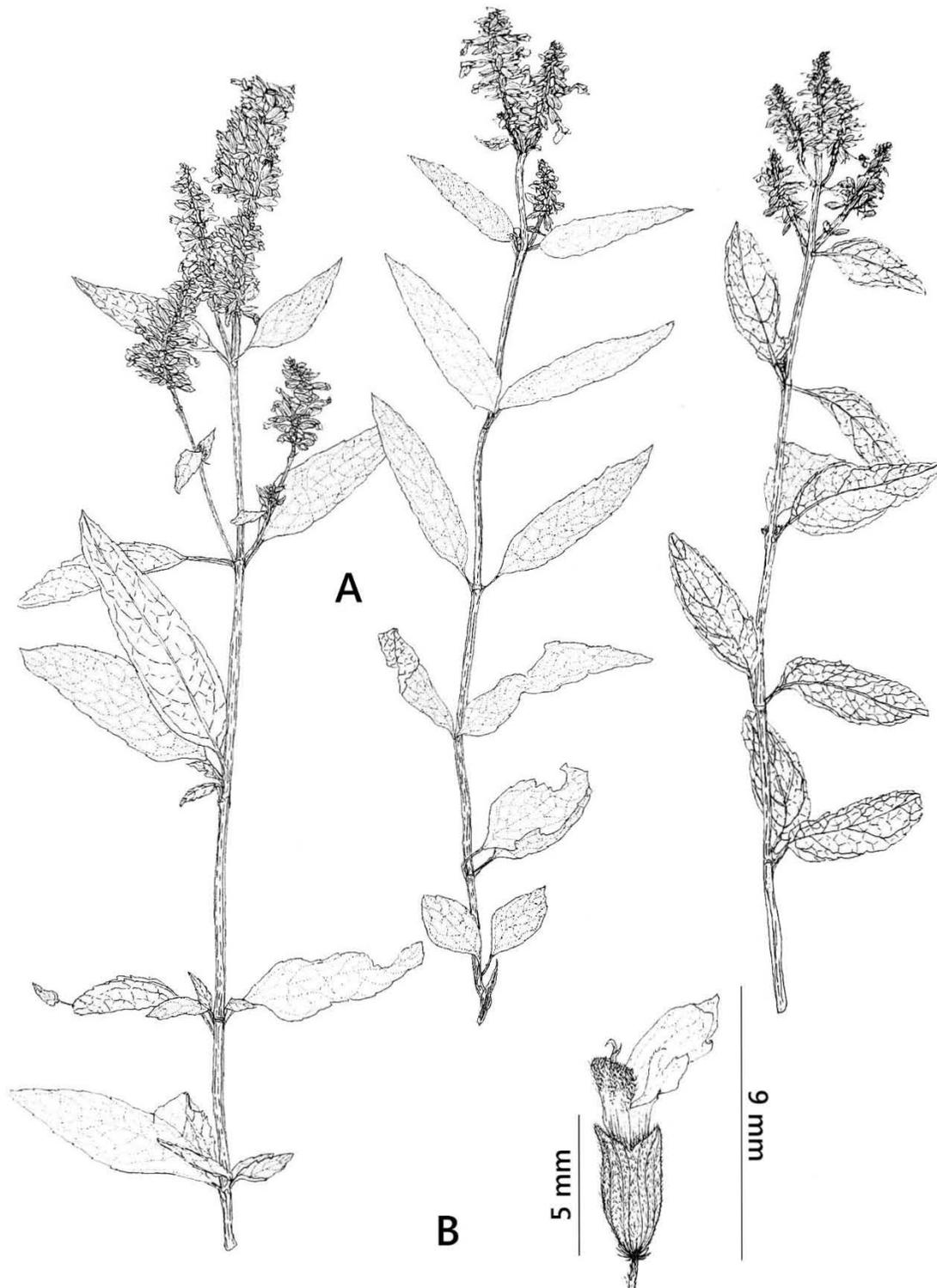


Figura 45. *Salvia lavanduloides* var. *latifolia* Benth. (*Salvia* sp. 2). A) Rama con flor, B) Flor. R. Vega 1420 (IEB). Ilustración Daniel Toscano Simbrón.

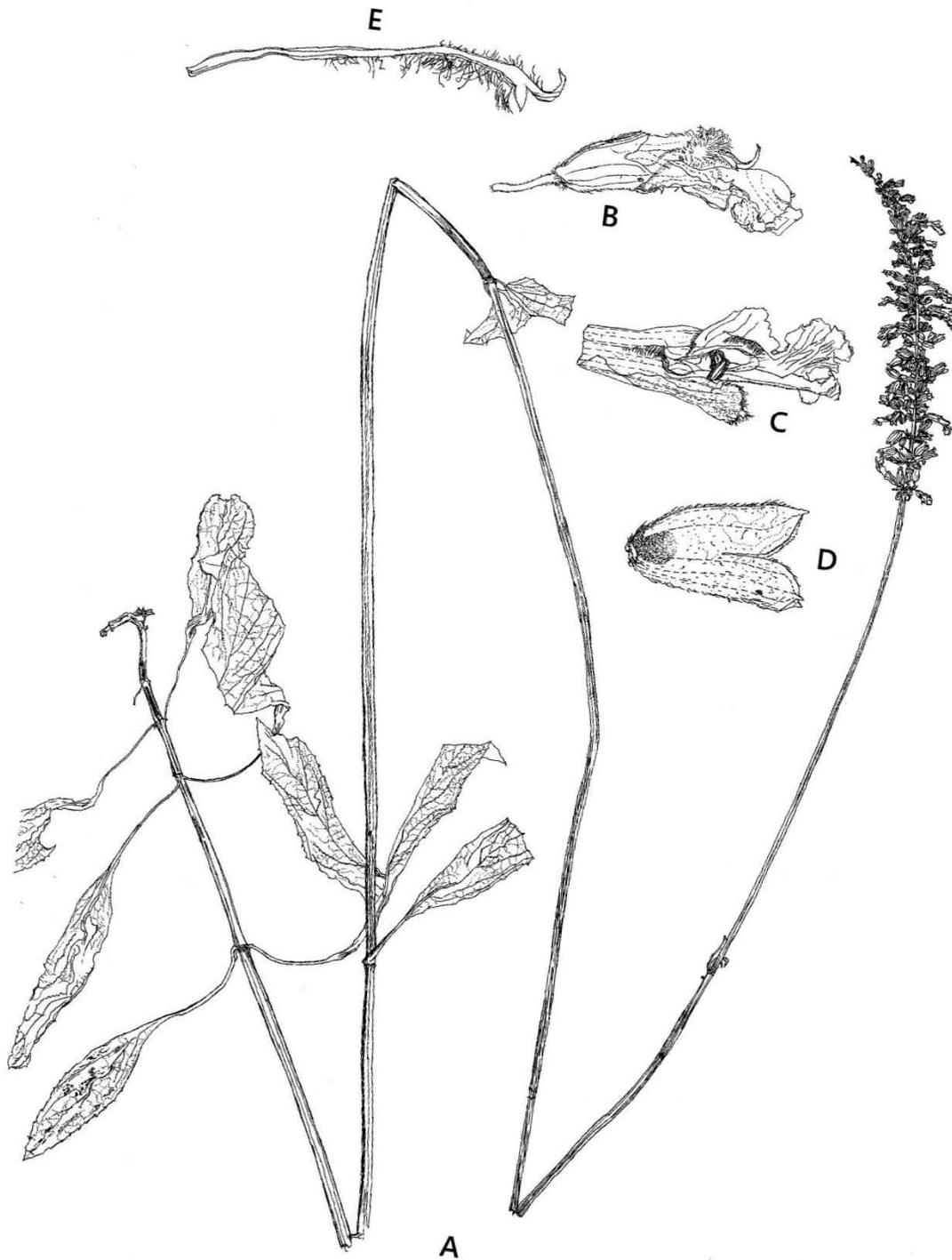


Figura 46. *Salvia exilis* Epling. A) Rama con inflorescencia, B) Flor, C) Corola disectada, D) Cáliz, E) Estilo. G. Lozano 422 (FCME). Ilustración Amanda Ortiz Garza.

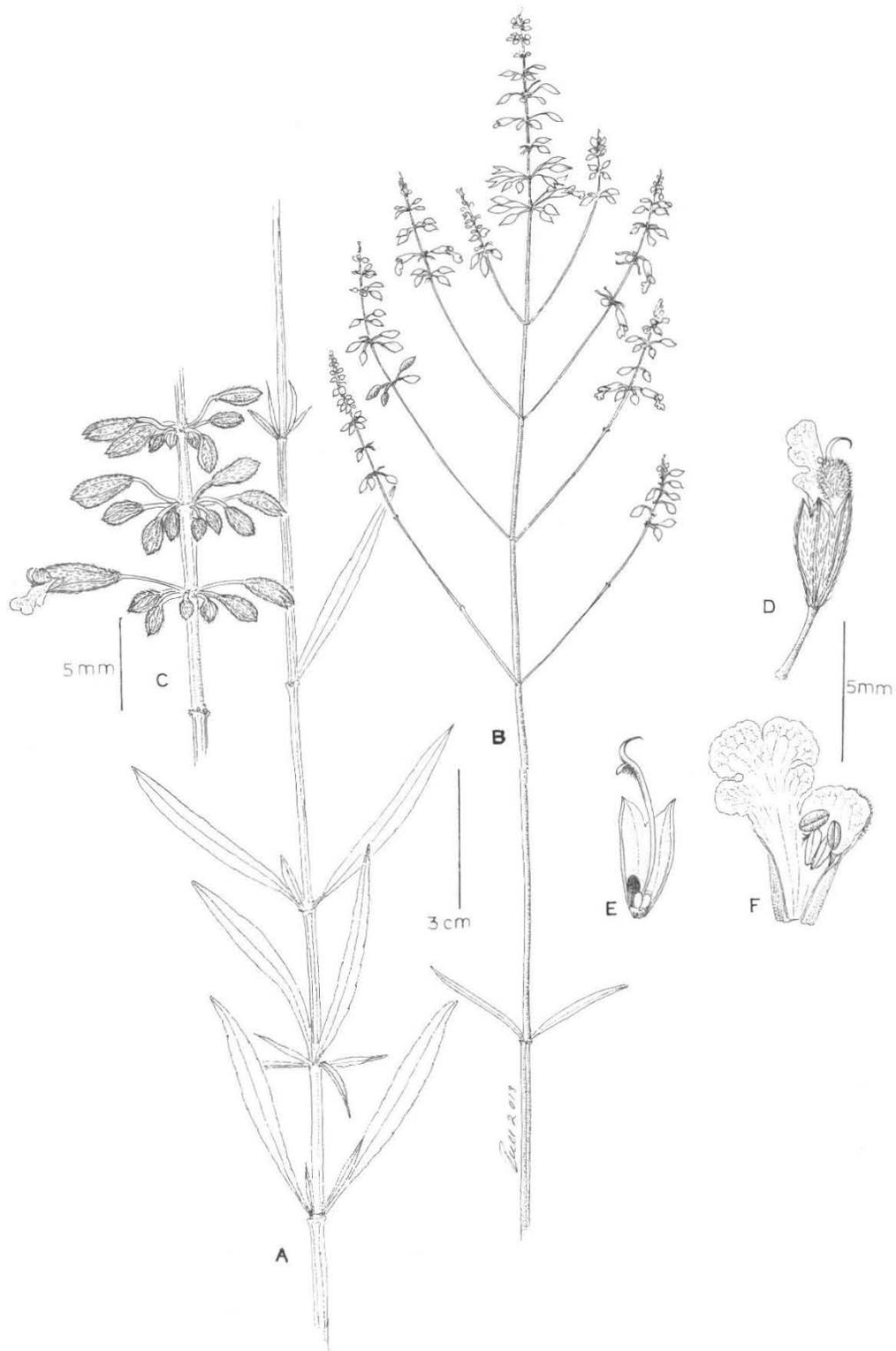


Figura 47. *Salvia* sp. 3. A) Rama, B) Inflorescencia paniculada, C) Acercamiento de los verticilastos (4x), D) Flor, E) Cáliz y gineceo, F) Diseción de corola. *J. Fragoso-Martínez 29 (FCME)*. Ilustración Ramiro Cruz Durán.

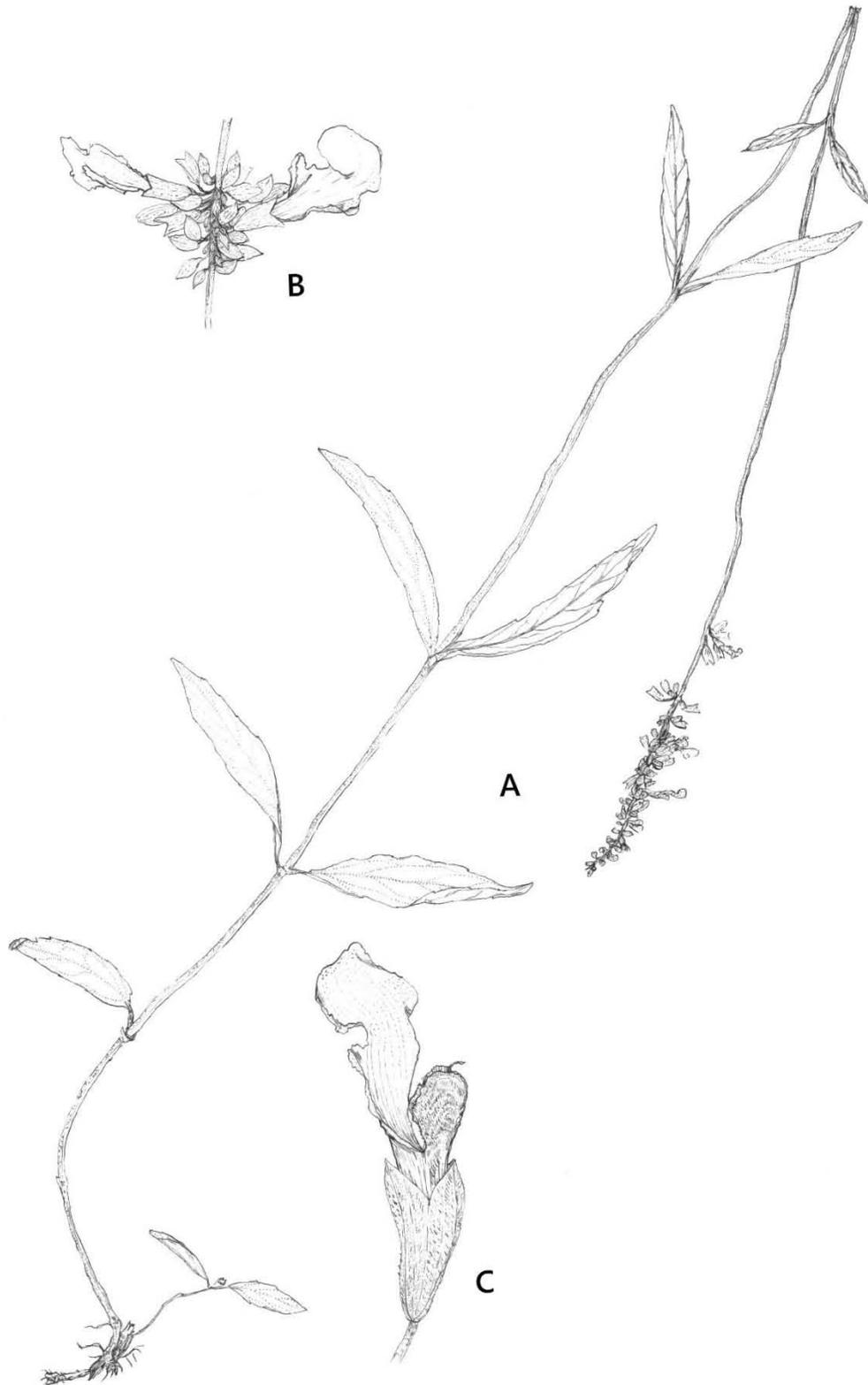


Figura 48. *Salvia muscarioides* Fernald. A) Rama con inflorescencia, B) Acercamiento de verticilastro con flores, C) Flor. Standley 1754 (MEXU). Ilustración Daniel Toscano Simbrón.



Figura 49. *Salvia moniliformis* Fernald. A) Ramas con inflorescencias, B) Flor. A. Ventura 940 (MEXU). Ilustración Daniel Toscano Simbrón.



Figura 50. *Salvia lavanduloides* Kunth. A) Rama, B) Rama con inflorescencia, C) Flor, D) Cáliz y gineceo, E) Interior de la corola. J. Rojas et al. 2002 (FCME). Ilustración Ramiro Cruz Durán.