



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Diversidad de plantas acuáticas estrictas en el Valle de  
Tehuacán-Cuicatlán, México**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**B I Ó L O G A**

**P R E S E N T A:**

**ALEJANDRA PAULINA IZAZOLA RODRÍGUEZ**



**DIRECTORA DE TESIS:  
BIÓL. ROSALINDA MEDINA LEMOS  
2018  
CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

1. Datos del alumno

Izazola  
Rodríguez  
Alejandra Paulina  
56743358  
Universidad Nacional Autónoma de  
México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
312276810

2. Datos del tutor

Biól.  
Rosalinda  
Medina  
Lemos

3. Datos del sinodal 1

Dra.  
Martha Juana  
Martínez  
Gordillo

4. Datos del sinodal 2

Dr.  
Abisaí Josué  
García  
Mendoza

5. Datos del sinodal 3

M. en C.  
Itzi  
Fragoso  
Martínez

6. Datos del sinodal 4

M. en C.  
Carla Sofía  
Islas  
Hernández

7. Datos del trabajo escrito

Diversidad de plantas acuáticas estrictas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México  
103 p  
2018

A mis padres, por ser mi motor de vida y mis ejemplos por seguir.  
Gracias por siempre estar junto a mí, por sus enseñanzas, por darme todo lo necesario para mi formación personal y académica y por nunca dejar de confiar en mí. Este logro es para ustedes como muestra de agradecimiento y amor.

A mis hermanos, por ser los mejores compañeros de aventuras.  
Gracias por tantas peleas, juegos, vacaciones, pláticas y risas, por aguantarme en mis peores momentos y siempre estar para mí.  
Mimi y Paco, la vida sería muy aburrida sin ustedes.

## ÍNDICE GENERAL

<b>1. Introducción</b> .....	<b>1</b>
1.1. Objetivo general.....	3
1.2. Objetivos particulares.....	3
<b>2. Antecedentes</b>	
2.1. Estudio de las acuáticas estrictas en México.....	4
2.2. Estudio de las acuáticas estrictas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	5
2.3. Clasificación.....	5
2.4. Importancia y usos.....	7
<b>3. Área de estudio</b>	
3.1. Ubicación geográfica.....	7
3.2. Fisiografía.....	9
3.3. Geología.....	9
3.4. Edafología.....	10
3.5. Hidrología.....	10
3.6. Clima.....	13
3.7. Vegetación.....	13
<b>4. Métodos</b>	
4.1. Revisión taxonómica.....	15
4.2. Trabajo de campo.....	15
4.3. Trabajo de gabinete y ejemplares de herbarios.....	15
<b>5. Resultados</b>	
5.1. Diversidad de familias acuáticas estrictas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	17
5.2. Colectas.....	17
5.3. Clave para las familias.....	18
5.4. Tratamientos taxonómicos	
Ceratophyllaceae.....	19
Nymphaeaceae.....	25
Podostemaceae.....	32
Hydrocharitaceae.....	38
Lemnaceae.....	43
Pontederiaceae.....	48
Potamogetonaceae.....	54
Typhaceae.....	66
<b>6. Discusión</b>	
6.1. Diversidad de plantas acuáticas estrictas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán .....	72
6.2. Formas de vida de las acuáticas estrictas.....	73
6.3. Tipos de vegetación.....	75
6.4. Vegetación acuática estricta en México y el mundo.....	77
6.5. Nuevos registros para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán .....	78
6.6. Estado de conservación.....	79
<b>7. Conclusiones</b> .....	<b>80</b>
<b>Literatura citada</b> .....	<b>81</b>

## **Apéndices**

Apéndice 1. Índice de nombres científicos.....	92
Apéndice 2. Índice de figuras.....	96
Apéndice 3. Índice de gráficas.....	96
Apéndice 4. Índice de tablas.....	96

## **Agradecimientos**

A la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme ocupar un lugar en esta grandiosa institución.

Gracias a mi asesora, la Biól. Rosalinda Medina Lemos por permitirme realizar este trabajo y poder contribuir a la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Por el tiempo, paciencia, apoyo, dedicación, experiencia y conocimiento que me ha transmitido.

A la Dra. Martha Martínez por introducirme a la botánica, por compartir todo su conocimiento y experiencia en cada clase impartida, así como por su paciencia y apoyo en la realización de este trabajo.

A la M. en C. Rosa María Fonseca Juárez por participar como revisora de este trabajo, además de introducirme al mundo de las plantas acuáticas y por ayudarme a mejorar en la taxonomía de las plantas.

Un especial agradecimiento al Dr. Antonio Lot y la M. en C. Martha Olvera por tomarse el tiempo para revisar los manuscritos de las familias, por sus comentarios, observaciones y mejoras realizados para los mismos.

A Pedro Díaz Maeda por la realización de los mapas de distribución y a Albino Luna por la realización de las ilustraciones. Al Biól. Esteban Martínez Salas, al Dr. Abisaí García Mendoza, a Pedro Díaz Maeda y a la Biól. Karina Machuca Machuca por dedicar parte de su tiempo para acompañarme en las salidas de campo y por ser de gran ayuda en la colecta del material.

A los profesores y compañeros del Herbario de la Facultad de Ciencias. Jessica, Diego, Rosario y Daniela, gracias por su amistad, por su tiempo, por las pláticas, momentos de distracción, por el apoyo, sugerencias y comentarios que hicieron a mi trabajo.

A mis amigos y amigas, Tania, Jessica y Eréndira porque encontrarlas en la universidad fue de lo más bonito, gracias por todo su apoyo, cariño, clases y prácticas de campo compartidas. Gracias Daniela, Marisa, Claudia, Denisse y Roberto por 8 años de amistad, por tantas salidas y experiencias que hemos vivido, por siempre estar para mí en cualquier momento, por apoyarme en cada paso y soportarme con las pláticas de biología.

Gracias Didy por aparecer en mi vida, por ayudarme a madurar y crecer personalmente, por siempre estar detrás de mi motivándome para no darme por vencida, por aguantar mis pláticas botánicas aún sin entenderme. Eres una de las mejores personas que he conocido y un gran compañero de viajes y risas.

## Resumen

Las plantas acuáticas estrictas, son aquellas que requieren completamente del agua para llevar a cabo su ciclo de vida. Dependiendo de su forma de vida, se dividen en enraizadas emergentes, de hojas flotantes, sumergidas o de tallos postrados y en libres flotadoras o sumergidas. Se presenta el inventario de las especies pertenecientes a las familias acuáticas estrictas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Se realizaron tres salidas de campo a lo largo de un año, además de la revisión de las colecciones del Herbario Nacional (MEXU), del Instituto de Biología y del Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB). Se registraron ocho familias, diez géneros y 11 especies. Destacan las familias Ceratophyllaceae, Lemnaceae y Pontederiaceae por ser nuevos registros para la flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Se realizaron los tratamientos taxonómicos de las familias Ceratophyllaceae, Hydrocharitaceae, Lemnaceae, Nymphaeaceae, Podostemaceae, Pontederiaceae, Potamogetonaceae y Typhaceae. Además, se incluyen mapas de distribución geográfica e ilustraciones para cada familia, así como nomenclatura actualizada para las especies. Este trabajo tiene la finalidad de mostrar la presencia y la diversidad de la flora acuática estricta en esta región semiárida.



# Capítulo 1

## Introducción

Las plantas acuáticas, también llamadas macrófitas acuáticas o hidrófitas, comprenden a las carofitas (Charophyta), musgos y hepáticas (Bryophyta), helechos y afines (Pteridophyta), monocotiledóneas y dicotiledóneas (Magnoliophyta), todas ellas adaptadas a la vida en ambientes acuáticos tanto de agua salada como salobre y dulce (Lot, 2012).

Lot & Olvera (2013), proponen tres categorías para distinguir entre las especies que se encuentran dentro de los cuerpos de agua durante todo su ciclo, de aquellas que pueden sobrevivir fuera de éstos:

- a) Acuáticas estrictas: plantas que completan su ciclo de vida dentro del agua.
- b) Subacuáticas: plantas que completan casi todo su ciclo de vida en el borde de cuerpos de agua, pueden estar sujetas a la sumersión de alguna de sus partes y se reproducen en periodos cortos de suelo seco.
- c) Tolerantes: plantas terrestres que pueden soportar periodos de inundación durante la época de lluvias.

Asimismo, dentro de las plantas acuáticas estrictas, existen otras propuestas por la forma de vida que presentan. Destacan los trabajos de Sculthorpe (1967), Hutchinson (1975) y Cook (1996). Vázquez-Yanes (1971), fue el primero en utilizar el sistema de clasificación de Sculthorpe en México, en su trabajo sobre la vegetación acuática de la laguna de Mandinga, en Veracruz; posteriormente, Lot *et al.* (1999), lo modificaron y es el que actualmente se utiliza (Tabla 1).

Dentro del grupo de las hidrófitas, las angiospermas son las que cuentan con el mayor número de representantes. De acuerdo con Cook (1996), a nivel mundial, se tiene el registro de 396 géneros de angiospermas acuáticas, subacuáticas y tolerantes, en 78 familias, de las cuales 44 corresponden a dicotiledóneas y 34 a monocotiledóneas; sin embargo, de las 78 familias sólo 33 son estrictamente acuáticas.

Hay que destacar que, estos grupos de plantas, han sido poco atendidos y se requiere trabajo de exploración de campo para tener un mejor conocimiento de su presencia y distribución en México, razón por la cual se realizó el inventario en esta región.

La provincia florística del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, ubicada entre los estados de Puebla y Oaxaca, en un complejo sistema de sierras y valles, es de gran importancia por su riqueza biológica y cultural. Destaca la gran diversidad de flora, por las condiciones geográficas presentes en la zona, así como por ser la región árida más pequeña, ubicada más al sur de México. Asimismo, se considera la cuna de domesticación del maíz (SEMARNAT, 2013). Por estas y otras razones, el 18 de septiembre de 1998, una parte de la provincia se nombró área natural protegida: Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, y en 2012 fue declarado Reserva de la Biosfera de la UNESCO. Actualmente, ha sido incluida en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO, como un sitio mixto, por su valor natural y cultural (UNESCO, 2018). El presente trabajo tiene como objetivo realizar el inventario de la flora acuática estricta del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, ya que no se cuenta con muchos registros y hay poco material disponible, además de contribuir a la caracterización florística de dicha zona.

Tabla 1. Comparación de diferentes sistemas de clasificación de las plantas acuáticas estrictas.

<b>Sculthorpe (1967)</b>	<b>Vázquez-Yanes (1971)</b>	<b>Lot <i>et al.</i> (1999)</b>	<b>Descripción</b>
Hidrófitas unidas al sustrato, emergentes.	Unidas al sustrato, emergentes.	Enraizadas emergentes.	Arraigadas al sustrato, partes vegetativas y reproductivas fuera del agua.
Hidrófitas unidas al sustrato, hojas flotantes.	Unidas al sustrato, hojas flotantes.	Enraizadas de hojas flotantes.	Arraigadas al sustrato con las hojas y flores flotando en la superficie, a veces pueden estar ligeramente levantadas.
Hidrófitas unidas al sustrato, sumergidas.	Unidas al sustrato, sumergidas.	Enraizadas sumergidas.	Arraigadas al sustrato, todas sus partes vegetativas inmersas en el agua, órganos reproductores sumergidos, emergentes o por encima del agua.
Libres flotadoras.	Libres flotantes.	Libres flotadoras.	Raíces sumergidas, no sujetas al sustrato, partes vegetativas y reproductivas emergentes o en la superficie del agua.
		Libres sumergidas.	Partes sumergidas sin raíces, estructuras vegetativas sumergidas, las reproductoras emergen ligeramente de la superficie del agua.
		Enraizadas de tallos postrados.	Arraigadas al sustrato con tallos de tipo estolonífero que reptan o ascienden a través del agua, estructuras vegetativas y reproductoras en la superficie del agua.

## **1.1. Objetivo general**

Contribuir al conocimiento de la flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, mediante la revisión taxonómica de las especies que constituyen la vegetación acuática estricta.

## **1.2. Objetivos particulares**

- Inventariar la diversidad de las familias que representan la flora acuática estricta en la región.
- Elaborar claves dicotómicas para la determinación de familias, géneros y especies, así como proporcionar las descripciones taxonómicas de cada una de los taxa.
- Identificar taxonómicamente las plantas colectadas y actualizar su nomenclatura.
- Proporcionar los mapas de distribución geográfica de las especies en la zona de estudio.

## Capítulo 2

### Antecedentes<sup>1</sup>

#### 2.1. Estudios de las acuáticas estrictas en México

En México, así como en muchos otros países, los ecosistemas acuáticos han recibido poca atención, tanto en aspectos de conservación, como del conocimiento sobre su biodiversidad y estado de amenaza actual (Mora-Olivo *et al.*, 2013). A pesar de la escasa información que se tiene sobre la diversidad de hidrófitas, se ha estimado que en México existen aproximadamente 1000 especies de angiospermas acuáticas (Rzedowski, 1991). Posteriormente, Lot *et al.* (1993), mencionan 747 hidrófitas para México, lo que equivale al 13% de la flora acuática a nivel mundial. En cuanto a la diversidad de hidrófitas estrictas presentes en México, Lot (1999), registró 118 especies, 45 géneros y 24 familias de angiospermas. Las familias mejor representadas en monocotiledóneas corresponden a Alismataceae, Araceae, Lemnaceae, Pontederiaceae y Potamogetonaceae; mientras que en las dicotiledóneas se encuentran Nymphaeaceae y Podostemaceae. De acuerdo con Lot *et al.* (2012), en las monocotiledóneas acuáticas estrictas y subacuáticas, se conocen 28 familias, 104 géneros y 381 especies, que corresponden al 80%, 45% y 15% respectivamente, del total mundial. En las dicotiledóneas, se estima que en México hay cerca de 60% de familias, 20% de géneros y 7% de especies del total mundial (Lot *et al.*, 1998).

Pocas son las floras regionales que han contribuido al conocimiento de las hidrófitas, destacan la Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, la Flora Mesoamericana, la Flora Fanerogámica del Valle de México y la Flora de Guerrero (Mora-Olivo *et al.*, 2013) (Tabla 2).

Tabla 2. Floras regionales de México y familias de plantas acuáticas estrictas representadas.

Floras regionales de México	Familias de plantas acuáticas estrictas representadas
Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes	Ceratophyllaceae, Hydrocharitaceae, Nymphaeaceae, Podostemaceae, Pontederiaceae, Potamogetonaceae y Typhaceae.
Flora Fanerogámica del Valle de México	Ceratophyllaceae, Hydrocharitaceae, Lemnaceae, Nymphaeaceae, Pontederiaceae, Potamogetonaceae y Typhaceae.
Flora de Guerrero	Nymphaeaceae, Pontederiaceae y Typhaceae.
Flora Mesoamericana	Ceratophyllaceae, Hydrocharitaceae, Lemnaceae, Nymphaeaceae, Podostemaceae, Pontederiaceae, Potamogetonaceae y Typhaceae.

<sup>1</sup> Se usará la sigla VTC a lo largo del texto, que corresponde a la abreviatura Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

## 2.2. Estudio de las acuáticas estrictas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

A pesar de que la flora regional del Valle de Tehuacán-Cuicatlán ha avanzado en el conocimiento de numerosas familias, no se habían trabajado los grupos pertenecientes a las acuáticas estrictas. El único trabajo documentado, que se conoce para la zona de Cuicatlán, menciona que la vegetación acuática es poco interesante y muy reducida, debido a la sequedad del clima y la escasez de accidentes geográficos que favorecen su desarrollo. Se destacan especies de las familias Bignoniaceae y Poaceae, en los márgenes de ríos y pequeñas zanjas. Las plantas acuáticas sumergidas y flotantes no existen, porque la corriente no favorece su desarrollo (Ramírez-Cantú, 1948).

## 2.3. Clasificación

La delimitación de las familias en los tratamientos taxonómicos de esta flora regional (VTC), sigue la clasificación de Dahlgren *et al.* (1985), para monocotiledóneas y Cronquist (1981), para dicotiledóneas. Con los recientes trabajos de sistemática molecular, se han reubicado tres de las familias presentes en la zona con base en las propuestas de APG IV (2016).

### Ceratophyllaceae

Anteriormente, se relacionaba con las familias Nelumbonaceae y Cabombaceae, en el orden Nymphaeales (Gray, 1821; Cronquist, 1981; Takhtajan, 2009). Sin embargo, con base en diversos estudios moleculares, se reconoce como un grupo independiente y se ubica dentro de su propio orden, Ceratophyllales, además de considerarse un posible ancestro de las Eudicotiledóneas (APG III, 2009; APG IV, 2016).

### Nymphaeaceae

Se consideraban tres subfamilias: Nelumboideae, Cabomboideae y Nymphaeoidae, que se incluían en el orden Ranales. Posteriormente, Cabombaceae y Nelumbonaceae se reconocieron como familias independientes (Li, 1955). A través de análisis filogenéticos con *rbcL*, se reconoció el orden Nymphaeales, compuesto por las familias Cabombaceae, Hydatellaceae y Nymphaeaceae, la última con las subfamilias Nupharoideae y Nymphaeoidae. Este orden se considera como el grupo hermano de las angiospermas (APG III, 2009; APG IV, 2016).

### Podostemaceae

Relacionada con la familia Crassulaceae en el orden Saxifragales y otras familias como Najadaceae, Lemnaceae, Orchidaceae, Ceratophyllaceae, Hydrostachyaceae y, por su morfología similar, con la familia de algas Characeae (Takhtajan, 2009). Gracias a estudios moleculares, se encontró que la familia no tiene relación con ninguna familia del orden Saxifragales, pertenece al grupo Eurosida I y se ubica en el orden Malpighiales, junto con Clusiaceae, Hypericaceae y Bonnetiaceae (Cook & Rutishauser, 2007; Koi *et al.*, 2012). Comprende tres subfamilias: Podostemoideae y Weddellinoideae como taxa hermanos y Tristichoideae (APG IV, 2016).

#### Hydrocharitaceae

El género *Najas* se consideraba parte de la familia Najadaceae (Cronquist, 1981; Takhtajan, 2009). Sin embargo, a través de estudios moleculares y morfológicos, la familia se subordina dentro de la subfamilia Hydrilloideae, Hydrocharitaceae, en el orden Alismatales, a pesar de que el género *Najas* tiene características diferentes a los de las especies de la familia (APG IV, 2016).

#### Lemnaceae

Anteriormente, se consideraba una familia independiente (Cronquist, 1981); sin embargo, a través de análisis morfológicos y moleculares, actualmente se ubica dentro de la familia Araceae, en el orden Alismatales, como subfamilia Lemnoideae, aunque aún no se esclarecen las relaciones filogenéticas con el resto de los clados (APG III, 2009; APG IV, 2016). En este trabajo se sigue el criterio de Cronquist (1981), es decir, se trata como familia Lemnaceae, por conveniencia en las publicaciones de la flora del VTC, al tratar los grupos de plantas acuáticas estrictas.

#### Pontederiaceae

Se relacionó con las familias Commelinaceae, Haemodoraceae y Philydraceae (Simpson & Burton, 2006). Con base en estudios moleculares, se corrobora dicha relación y la inclusión de la familia en el orden Commelinales, así como la relación con Hanguanaceae (APG III, 2009; APG IV, 2016). La propuesta más reciente para la familia (Pellegrini, 2017), y que se sigue en este trabajo, indica que está integrada por dos géneros monofiléticos: *Pontederia s.l.* (*Eichhornia*, *Monochoria* y *Pontederia*) y *Heteranthera s.l.* (*Heteranthera*). Se descarta la clasificación de Horn (1987), en la que se reconocen 23 géneros.

#### Potamogetonaceae

La familia Potamogetonaceae constaba de un solo género y se reconocía como familia independiente de Zannichelliaceae, con cuatro géneros, ambas ubicadas en el orden Najadales (Cronquist, 1981; Dahlgren, 1989). Posteriormente, con estudios moleculares, se encontró que la familia Potamogetonaceae se ubica en la subclase Alismatidae, junto con la familia Zannichelliaceae, siendo Zosteraceae su clado hermano (Lindqvist *et al.*, 2006). APG III (2003) y APG IV (2016) reconocen la inclusión de la familia Zannichelliaceae en Potamogetonaceae, formando un grupo monofilético. Se ubica en el orden Alismatales, junto con otras 13 familias.

#### Typhaceae

Se ubicaba en el orden independiente Typhales, compuesto por las familias Typhaceae y Sparganiaceae (Cronquist, 1981). En APG III (2003) se reconoce que Sparganiaceae no es una familia independiente y el género *Sparganium* queda inmerso en la familia Typhaceae como taxa hermano de *Typha*. Con análisis moleculares se encuentra que la familia se ubica en el orden Poales, con Bromeliaceae como taxa hermano (APG IV, 2016).

## 2.4. Importancia y usos

En general, las plantas acuáticas tienen un papel ecológico muy importante. Gracias a su capacidad de dispersión y colonización, pueden cubrir grandes áreas en los cuerpos de agua, favoreciendo la creación de refugios para la vida silvestre (Cook, 1996).

Destaca la capacidad que algunas presentan para absorber y retener metales pesados, así como remover nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, sodio y magnesio de las aguas negras o cuerpos de agua contaminados (Zetina-Córdoba, 2010). Se han reportado como estabilizadoras de sustrato e indicadores de la calidad del agua (Lindqvist *et al.*, 2006).

También se caracterizan por ser una fuente importante de alimento, por los altos contenidos proteicos para el ganado, peces y aves. Asimismo, los tubérculos, polen y rizomas son fuente alimenticia para el humano por el alto contenido de almidón que presentan. Las hojas, flores e inflorescencias son utilizadas como ornamento y confección de artesanías (Dahlgren, 1985).

Sin embargo, cuando el crecimiento de las colonias es excesivo, se comportan como malezas o plagas, que generan problemas a la pesca y a la navegación, disminuyen el intercambio gaseoso e impiden el suministro de oxígeno al ecosistema, bloquean el libre flujo de agua o crean ambientes propicios para la reproducción de animales vectores de enfermedades (Judd *et al.*, 2002; Zepeda-Gómez, 2017).

A pesar de que no se han reportado usos para el género *Typha* en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, se ha documentado para otras zonas que es de gran valor económico, ya que se utiliza para elaborar artesanías, canastos, sillas y artículos para el hogar, así como para la construcción de techos, como forraje y ornamento, además de presentar polen y tallos comestibles (Bonilla-Barbosa & Santamaría, 2012).

## Capítulo 3

### Área de estudio

#### 3.1. Ubicación geográfica

La provincia florística Valle de Tehuacán-Cuicatlán (VTC) se localiza en el sureste de Puebla y noroeste de Oaxaca, entre las coordenadas 17° 15' a 19° N y 96° 45' a 97° 55' W. Cuenta con una superficie aproximada de 10 000 km<sup>2</sup>, de los cuales, alrededor de 4 000 km<sup>2</sup> corresponden al estado de Puebla y 6000 km<sup>2</sup> a Oaxaca (Aguilar, 1996). Sus límites orográficos principales son al E y NE la Sierra Madre Oriental (Sierra de Zongolica), al S la Sierra de Juárez y al O la Sierra de Zapotitlán. Se reconoce un área de amortiguamiento de 25 km (Fig. 1).

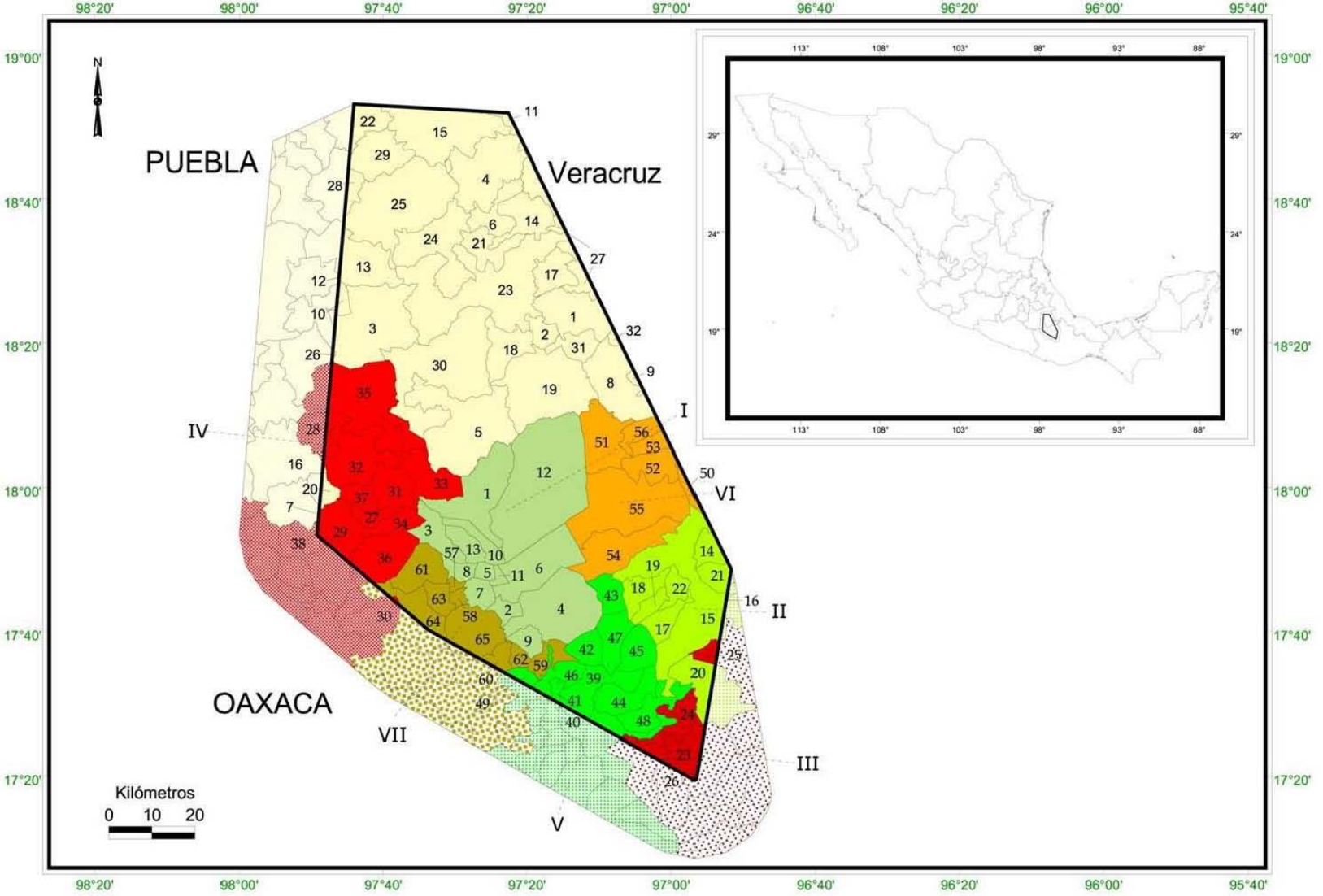


Fig. 1. Ubicación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Elaborado por P. Díaz Maeda.



Políticamente el VTC abarca 31 municipios del estado de Puebla y siete distritos del estado de Oaxaca (Tabla 3).

Tabla 3. Distritos y municipios que comprenden el VTC.

Oaxaca (Distritos)	Puebla (Municipios)	
I. Coixtlahuaca	1. Ajalpan	17. San Gabriel Chilac
II. Cuicatlán	2. Altepexi	18. San José Miahuatlán
III. ETLA	3. Atexcal	19. San Miguel Ixtlán
IV. Huajuapán	4. Cañada Morelos	20. Santiago Miahuatlán
V. Nochixtlán	5. Caltepec	21. Tecamachalco
VI. Teotitlán	6. Chapulco	22. Tehuacán
VII. Teposcolula		
	7. Chila	23. Tepanco de López
	8. Coxcatlán	24. Tlacotepec de Benito Juárez
	9. Coyomeapan	25. Totoltepec de Guerrero
	10. Coyotepec	26. Vicente Guerrero
	11. Esperanza	27. Xochitlán Todos Santos
	12. Ixcaquixtla	28. Yehualtepec
	13. Juan N. Méndez	29. Zapotitlán
	14. Nicolás Bravo	30. Zinacatepec
	15. Palmar de Bravo	31. Zoquitlán
	16. San Antonio Cañada	

### 3.2. Fisiografía

El VTC forma parte de la provincia Mixteca-Oaxaqueña y abarca varios valles de origen tectónico como Cuicatlán, Huajuapán, Tehuacán, Tepelmeme y Zapotitlán, que forman parte de la Cuenca Alta del Río Papaloapan y, en menor proporción, de la Cuenca Alta del Río Balsas. Dichos valles están limitados por una serie de serranías que se conocen como Sierra Mixteca, que forma parte de la Sierra Madre Oriental. La altitud del valle abarca el rango de los 550 y 3000 msnm, aunque la media altitudinal es de 1500 m (Villaseñor *et al.* 1990; Valiente-Banuet *et al.* 2000).

### 3.3. Geología

Aproximadamente el 86% del VTC está formado por un basamento rocoso de tipo sedimentario, que tiene origen desde el Cretácico Inferior hasta el Paleógeno, en donde ocurrieron diferentes eventos morfoTECTÓNICOS que originaron sierras altas complejas, montañas plegadas, lomeríos, colinas, mesetas sedimentarias y una fosa tectónica (SEMARNAT, 2013). Asimismo, destacan rocas metamórficas del Paleozoico y

Precámbrico, rocas ígneas del Paleozoico y del Cenozoico, así como formaciones aluviales y residuales del Cuaternario (SEMARNAT, 2013.).

### 3.4. Edafología

En la región, se diferencian diez unidades de suelo (SEMARNAT, 2013). En Cuicatlán se observa una combinación de luvisol vértico, litosol y regosol eútrico; en Quiotepec el faeozem háplico y hacia Tehuacán una combinación de litosol, rendzinas y faeozem háplico (Jaramillo & González, 1983) (Tabla 4).

Tabla 4. Unidades de suelo presentes en el VTC.

<b>Unidades de suelo</b>	<b>Porcentaje</b>
Fluvisoles	0.57
Xerosoles	0.73
Vertisoles	1.27
Luvisoles	2.05
Cambisoles	2.25
Acrisoles	6.68
Feozem	10.68
Regosoles	15.83
Rendzina	24.92
Litosoles	35.02
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

### 3.5. Hidrología

La provincia florística Valle de Tehuacán-Cuicatlán se encuentra ubicada entre las regiones hidrológicas No. 28, Cuenca del Río Papaloapan, que vierte sus aguas hacia el Golfo de México y la No. 18, Balsas, que vierte hacia el Océano Pacífico. Además, se encuentran las subcuencas Río Salado y Río Grande, correspondientes con la Cuenca del Papaloapan y las subcuencas de Atoyac-Balcón del Diablo y Acatlán de la Cuenca del Alto Balsas (Jaramillo & González, 1983) (Fig. 2).

#### RH-28 Papaloapan

Abarca la zona sureste y parte del oriente del estado de Puebla; se extiende hacia el este de la Cuenca de Atoyac y ocupa las zonas de la cañada poblana-oaxaqueña y la Sierra Mazateca, entre otras. Está dividida en dos cuencas, Río Papaloapan y Río Jamapa, siendo la primera la que se encuentra en el VTC. La Cuenca Río Papaloapan se ubica en la zona sureste, incluyendo la región de la cañada, el Valle de Tehuacán y el Valle del río Salado, así como las sierras que los enmarcan (INEGI, 2000).

#### Subcuenca del Río Salado

El río principal es el Salado, que se origina al oriente, en la Sierra Negra y corre como afluente permanente por la fosa tectónica de Tehuacán, hasta unirse con el Río Grande, conformando el Río Santo Domingo que desemboca en la presa Miguel Alemán en

Tuxtepec, Oaxaca y posteriormente en el Golfo de México. Al poniente del VTC vierten sus aguas los ríos Cosahuico, Hondo, Calapa, Matanza, Grande y Xiquila que se originan en la Sierra Mixteca. Al oriente los ríos Tepanzacalco, Tilapa, Chiquito, Los Reyes y Los Cués descienden de la Sierra Mazateca (SEMARNAT, 2013).

#### Subcuenca del Río Grande

El río principal es el Grande, que se origina en la Sierra Juárez cerca de Calpulalpan de Méndez y Comaltepec, entra al VTC por el extremo sur y luego se interna, recibiendo los afluentes La Grana, Las Vueltas, Tomellín, Apoala, Grande Sabino, Ixcatlán, Cacahuasal y Sendo (SEMARNAT, 2013).

#### RH-18 Río Balsas

Ocupa las zonas central y suroccidental del estado de Puebla. Está dividida en diez cuencas, cuatro de ellas, parcialmente ubicadas en territorio poblano y una en el VTC, Cuenca del Río Atoyac, la cual representa el extremo nororiental de la región del Balsas. El Río Atoyac es la corriente más importante del estado de Puebla y se forma a partir de la unión de los ríos San Martín o Frío (Puebla) y Zahuapan (Tlaxcala), recibe las aportaciones de las corrientes permanentes de los ríos Nexapa, Mixteco y Tlapaneco. Este, a su vez, se divide en nueve subcuencas (INEGI, 2000).

#### Subcuenca del Río Atoyac-Balcón del Diablo

Se ubica en las montañas de Tecamachalco y es una de las áreas de infiltración más importantes para los acuíferos de Tehuacán y Tecamachalco (SEMARNAT, 2013).

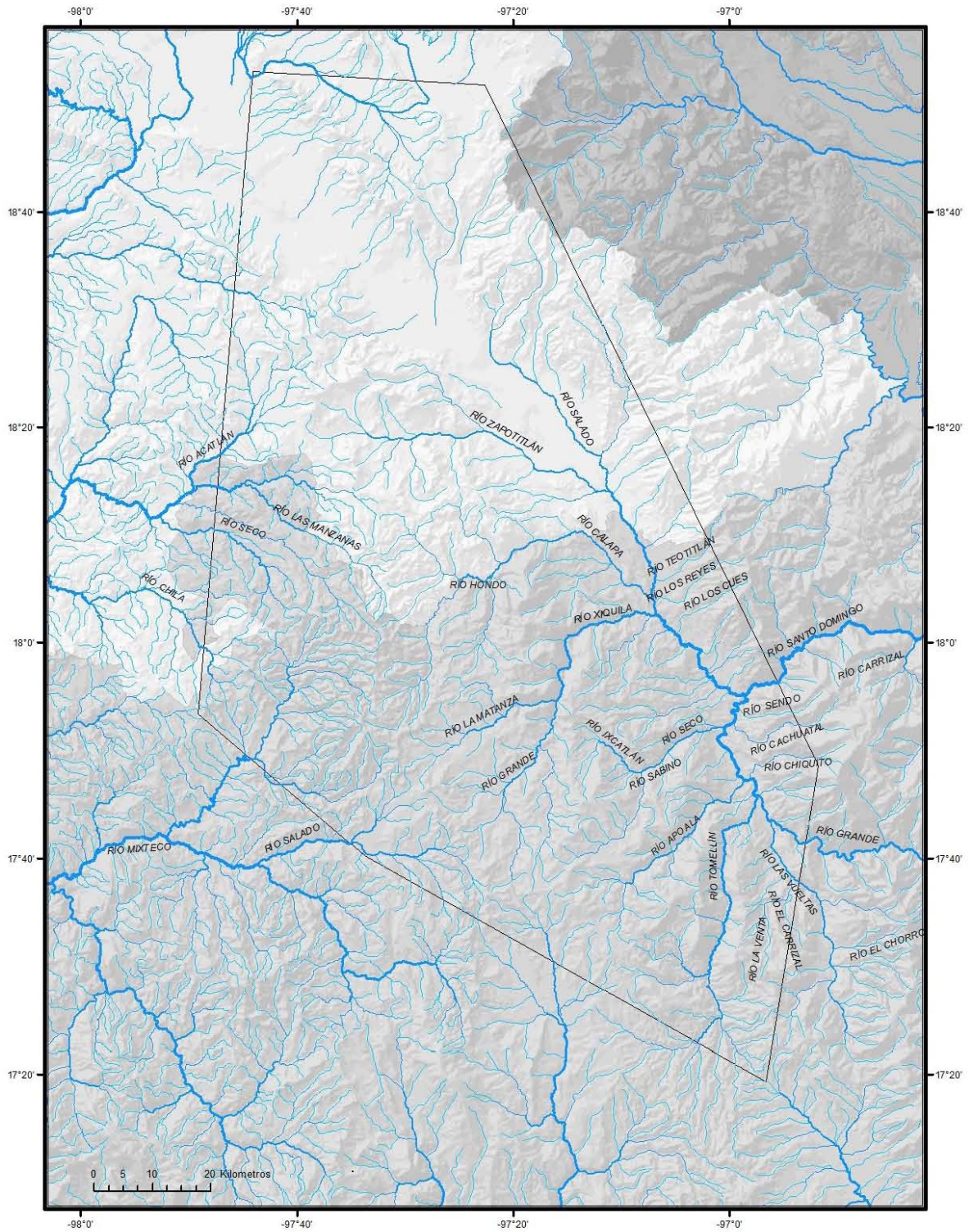


Fig. 2. Ríos de la región del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Elaborado por P. Díaz Maeda. El polígono corresponde a la zona del VTC; la escala de grises delimita los estados de Oaxaca, Puebla y Veracruz; las líneas azules marcan las corrientes fluviales.

### 3.6. Clima

El clima en el VTC es predominantemente semiárido, con temperatura alta, régimen de lluvias en verano, con canícula y con poca a extremosa oscilación de temperatura. Esto se debe en gran medida al efecto de sombra orográfica, provocada por la Sierra de Zongolica (Villaseñor *et al.* 1990). Se identifican ocho tipos de clima (CONABIO RTP-121) (Tabla 5).

Tabla 5. Tipos de clima presentes en el VTC.

Tipo de clima	Características	Porcentaje
C(wo)	Templado, temperatura media anual 12-18°C, subhúmedo, pp anual 200-1800 mm	22%
BS <sup>1</sup> kw	Semiárido, templado, temperatura media anual 12-18°C, pp anual menor a 150 mm	21%
Bsohw	Árido, semicálido, temperatura media anual 18-22°C, pp anual menor a 150 mm	14%
Bso(h')w	Árido, cálido, temperatura media anual >22°C, pp anual menor a 150 mm	12%
BS <sup>1</sup> hw	Semiárido, templado, temperatura media anual >18°C, pp anual menor a 150 mm	10%
C(w <sup>2</sup> )x'	Templado, temperatura media anual 12-18°C, subhúmedo, pp anual 200-1800 mm	8%
(A)C(wo)	Semicálido, templado subhúmedo, temperatura media anual >18°C, pp anual 500-2500 mm	8%
BS <sup>1</sup> (h')w	Semiárido, cálido, temperatura media anual >22°C, pp anual menor a 150 mm	5%

### 3.7. Vegetación

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán está constituido por un gran mosaico de comunidades vegetales, que son posibles gracias a las diferencias, tanto del clima como de afloramientos litológicos, además de las geoformas que se asocian a la evolución del paisaje (Valiente-Banuet *et al.*, 2000). Se ha estimado que la zona está compuesta por alrededor de 3000 especies de plantas vasculares, siendo las angiospermas el grupo dominante de la región y destacando las familias Cactaceae, Agavaceae, Crassulaceae, Asteraceae, Fabaceae, Poaceae, Orchidaceae y Lamiaceae (Téllez *et al.*, 2007). De acuerdo con la clasificación propuesta por Rzedowski (1978), en esta región se distinguen los siguientes tipos de vegetación:

#### Matorral xerófilo

Se caracteriza por la existencia de diferentes tipos de plantas crasas, generalmente coloniales, rosetófilas y áfilas, entre otras. Destacan, en la composición de este matorral, las plantas con microfilia, presencia de espinas y pérdida de hojas durante la época desfavorable. Las familias mejor representadas son Cactaceae, Agavaceae, Asteraceae, Fabaceae y Poaceae, entre otras. Asimismo, la flora de este tipo de vegetación es rica en

endemismos a nivel específico y genérico. La temperatura media anual varía de 12 a 26°C y, generalmente, el clima del tipo BS es extremo. La precipitación media anual es inferior a 600 mm, siendo escasa e irregular, con diferencias de un año a otro.

#### Bosque tropical caducifolio

Son bosques de regiones de clima cálido, con especies arbóreas dominantes, que pierden sus hojas en la época seca del año. Se desarrolla entre los 550 y 1900 m de altitud y tiene una temperatura media anual entre 20 y 30°C. La precipitación media anual varía entre 600 y 1800 mm. Los tipos de clima presentes en este tipo de vegetación corresponden a BS y Cw. Generalmente, hay tres estratos, arbóreo, arbustivo y herbáceo. Las trepadoras y epífitas son escasas, pero destacan las bromeliáceas. Las cactáceas columnares y candelabroiformes también están presentes. De las familias mejor representadas se encuentra Fabaceae, por la cantidad de especies, número de individuos y dominancia en los estratos arbóreos, así como el género *Bursera*, que está representado por un gran número de especies.

#### Bosque de *Quercus*

Los encinares son comunidades vegetales características de las zonas montañosas del país, que se encuentran principalmente en áreas de clima templado y semihúmedo, aunque también en regiones de clima caliente, húmedas y semiáridas. Se desarrollan principalmente entre 1200 a 2800 m. La precipitación media anual va de 600 a 1200 mm. La temperatura media anual varía entre 10 a 26°C. Los meses secos van de 0 a 9. Los tipos de clima corresponden a Cw y BS. Varían de caducifolios a perennifolios y de hojas pequeñas o nanófilas a relativamente grandes o megáfilas. La altura del bosque varía entre 2 y 12 m, se pueden distinguir hasta tres estratos arbóreos y de uno a dos arbustivos. En el estrato herbáceo destaca la familia Poaceae, aunque menos representada que en los bosques de *Pinus*. Los bosques de *Quercus* se reconocen por ser hospederos de epífitas, desde musgos hasta fanerógamas. De las familias del sotobosque destacan Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae, Euphorbiaceae, Rosaceae y Onagraceae, entre otras.

#### Bosque de *Pinus*

Se encuentran principalmente en climas templados a fríos y semihúmedos del tipo Cw y en suelos ácidos. Se desarrolla entre 1500 y 2900. La temperatura media anual varía entre 10 y 20°C y la precipitación media anual entre 600 y 1000 mm, concentrada en 6 a 7 meses. Generalmente, se presentan heladas todos los años. La altura del bosque oscila entre 8 y 25 m. Existe la presencia eventual de otros árboles, principalmente del género *Quercus*. Asimismo, el sotobosque está formado por plantas herbáceas que desaparecen en la época desfavorable, destacando las familias Asteraceae, Poaceae, Lamiaceae y Scrophulariaceae, por mencionar algunas.

#### Vegetación acuática y subacuática

Son comunidades vegetales muy variadas, ligadas al medio acuático o suelo permanentemente saturado; son difíciles de estudiar y describir, por presentarse en forma dispersa, mal definida o por ocupar superficies limitadas. Se encuentran en todos los tipos de clima, en áreas húmedas, pero también en áreas con baja pluviosidad, se localizan entre 550 a 2500 m. Destacan los popales, tulares, carrizales, vegetación flotante y sumergida en la región.



## Capítulo 4

### Métodos

#### 4.1. Revisión taxonómica

Se hizo la revisión taxonómica para cada familia, géneros y especies, y con toda la información recabada se prosiguió a redactar los tratamientos taxonómicos de cada familia, siguiendo el formato de la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Se incluyeron los sinónimos encontrados y, en caso necesario, se actualizó la nomenclatura basándose principalmente, en la clasificación propuesta por APG IV (2016).

#### 4.2. Trabajo de campo

Se realizaron tres salidas de campo, en el transcurso de un año, para cubrir la exploración de los cuerpos de agua de la región del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Se colectaron todos los ejemplares que estuvieran en los cuerpos de agua y en sus cercanías, teniendo ciertos cuidados al momento de colectar, como: la fragmentación de los ejemplares de gran talla, manteniendo muestras representativas de cada parte y anotando su altura; la realización de pequeñas incisiones para facilitar la salida de agua; lavar el exceso de sedimento en las partes arraigadas y la utilización del método de flotación para las formas pequeñas.

El método de flotación consiste en la recolección de especies sumergidas, libres flotadoras y libres sumergidas, que se colocan en una charola para limpiar el exceso de tierra, así como que puedan extenderse para pasar una cartulina o papel periódico por debajo del ejemplar suspendido en agua y lograr un montaje que mantenga a los caracteres importantes para su identificación, bien preservados (Lot *et al.* 2015).

La primera salida de campo se realizó del 5 al 10 de junio del 2017 y se llevó a cabo en el estado de Puebla, en los municipios de Vicente Guerrero, Zinacatepec y Caltepec, así como en el estado de Oaxaca, en el distrito de Cuicatlán. Dentro de los cuerpos de agua que se analizaron, destacan las playas que se forman en algunos ríos que cruzan la región, como Río Grande, las Ramales del Río Santiago Quiotepec, las lagunas Laguna Grande, Laguna Chica y Lagunilla, ubicadas en la zona norte del VTC y charcas que se originan de los manantiales cercanos a Tehuacán, como La Ciénaga.

La segunda salida se realizó del 25 al 28 de octubre del 2017 y se llevó a cabo en el estado de Oaxaca, en el distrito de Teposcolula. Los cuerpos de agua analizados corresponden a los ríos Salado, del Oro, Teposcolula y Las Juntas; los canales de riego ubicados en San Andrés Lagunas; un arroyo ubicado en Guadalupe Tixá, así como ojos de agua y lagunas de temporal, en San Felipe Ixtapa. La tercera salida se realizó del 6 al 10 de marzo del 2018 y se llevó a cabo en el estado de Oaxaca, en el río Xiquila.

#### 4.3. Trabajo de gabinete y ejemplares de herbarios

Se realizó la identificación de los ejemplares colectados en las diferentes salidas de campo con el apoyo de especialistas y claves dicotómicas. Posteriormente, se revisaron cerca de 600 ejemplares correspondientes a las ocho familias de plantas acuáticas estrictas pertenecientes a las colecciones del Herbario Nacional (MEXU), del Instituto de Biología y

del Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB), para corroborar o corregir la identificación de los ejemplares, además de la obtención de caracteres para la descripción de las especies, apoyándose también en los ejemplares tipo y las descripciones originales. Se verificó que todos los ejemplares estuvieran en la base de datos del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y, de no ser así, se incluyeron los nuevos registros. Finalmente, se realizaron mapas de distribución geográfica de las especies, los cuales están basados en las localidades de colecta. Es importante resaltar que, para la clasificación por formas de vida de las plantas acuáticas estrictas, se utilizó la descrita en el trabajo de Lot *et al.* (1999).



## Capítulo 5

### Resultados

#### 5.1. Diversidad de familias acuáticas estrictas en VTC

Se registraron ocho familias, diez géneros y 11 especies de plantas acuáticas estrictas; dos familias se registran por primera vez para la región: Ceratophyllaceae y Pontederiaceae.

#### 5.2. Colectas

En la primera salida de campo, se obtuvieron 228 colectas, de las cuales siete corresponden a plantas acuáticas estrictas, de las familias Ceratophyllaceae, Nymphaeaceae, Pontederiaceae, Potamogetonaceae y Typhaceae. En la segunda salida de campo, se obtuvo un total de 73 colectas, de las cuales diez corresponden a plantas acuáticas estrictas de las familias Nymphaeaceae, Potamogetonaceae y Typhaceae. En la tercera salida de campo no se encontró material perteneciente a plantas de familias acuáticas estrictas, debido a la corriente fuerte del río que no permite el establecimiento de éstas; sin embargo, se encontraron 74 ejemplares de otras familias no estrictas.

Entre las tres salidas de campo, se obtuvo un total de 375 colectas, de las cuales 17 corresponden a plantas acuáticas estrictas. A pesar de que el número de plantas acuáticas estrictas colectadas es muy bajo, por las escasas poblaciones, es importante mencionar que, en el resto de las colectas, se encontraron nuevos registros de localidades para varias especies y nuevos registros de especies que corresponden a Cyperaceae y Scrophulariaceae, a pesar de no ser acuáticas estrictas. Las familias Hydrocharitaceae, Lemnaceae y Podostemaceae no fueron encontradas en ninguna de las salidas, pero ya se tenían ejemplares registrados y depositados en el Herbario Nacional (MEXU), del Instituto de Biología.

### 5.3. Clave para las familias

1. Hojas con nervaduras pinnadas o palmadas; embrión con dos cotiledones.
2. Perianto ausente. CERATOPHYLLACEAE
2. Perianto presente.
3. Plantas enraizadas sumergidas; hojas reducidas o ausentes; cápsulas dehiscentes. PODOSTEMACEAE
3. Plantas enraizadas emergentes; hojas presentes y de gran tamaño; bayas con dehiscencia irregular. NYMPHAEACEAE
1. Hojas con nervaduras paralelas; embrión con un cotiledón.
4. Plantas libre flotadoras, menores a 1.0 cm de largo; no se diferencian en tallos y hojas; flores en sacos o utrículos por debajo de la lámina. LEMNACEAE
4. Plantas enraizadas sumergidas, emergentes o libres flotadoras, mayores a 1.0 cm de largo; tallos y hojas diferenciadas; flores nunca en utrículos.
5. Flores unisexuales.
6. Flores solitarias, con o sin perianto, sésiles o pedunculadas; frutos secos o carnosos; plantas enraizadas sumergidas, emergentes o libres flotadoras. HYDROCHARITACEAE
6. Inflorescencias en espigas terminales, las flores masculinas ubicadas en la parte superior, separadas por un raquis desnudo de las femeninas que se encuentran en la parte inferior, flores pequeñas, sin perianto, cortamente estipitadas; frutos secos, plantas enraizadas emergentes. TYPHACEAE
5. Flores bisexuales.
7. Inflorescencias terminales, diversas, en espigas, racimos, panículas, umbelas o flores solitarias; frutos en cápsulas loculicidas; plantas enraizadas sumergidas, emergentes o libres flotadoras. PONTEDERIACEAE
7. Inflorescencias terminales y/o axilares, sólo en espigas con 1-20 verticilos florales; frutos en aquenios o drupas; plantas enraizadas sumergidas. POTAMOGETONACEAE

#### 5.4. Tratamientos taxonómicos

##### CERATOPHYLLACEAE Gray

**Hierbas** acuáticas, sumergidas, libres flotadoras, dulceacuícolas, monoicas, raíces ausentes. **Tallos** frágiles, flexuosos, ramificados, pubescentes o glabros, con manchas oscuras, alargadas. **Hojas** simples, verticiladas, numerosas, estípulas ausentes, sésiles, rara vez con una región peciolar colorida; láminas 1-4 veces divididas dicotómicamente, los segmentos lineares a filiformes, con margen entero o finamente dentado en uno de sus lados. **Inflorescencias** axilares, 1 o varias flores por nudo, en la porción distal. **Flores** actinomorfas, unisexuales, diminutas, sésiles o con un alargamiento o pedicelo en fruto; **perianto** ausente o rodeadas por un involucreo calicino de 7-12 brácteas, unidas en la base, foliáceas, verdes; las **masculinas** con pedicelos menores de 0.5 mm largo, **androceo** con 7-18(-20) estambres, libres, filamentos menores de 1.0 mm largo, anteras erectas, alargadamente oblongas, 2-tecas, ápice con 2-3 apéndices agudos, dehiscencia longitudinal; nectarios ausentes; las **femeninas** sésiles o con pedicelos menores de 1.0 mm largo, **gineceo** con ovario súpero, 1-carpelar, 1-ocular, 1 óvulo péndulo, placentación apical, estilo terminal central o excéntrico, filiforme, estigma seco, diminuto, ranura lateral decurrente. **Frutos** en forma de aquenio, generalmente elipsoidales, rara vez esferoidales por la presencia de una membrana marginal alada, 2 apéndices basales o espinas, rara vez 2 superiores, estilo persistente, superficie parcial o totalmente tuberculada o papilada; **semilla** 1, elíptica, unitégmica, endospermo y perispermo ausentes, embrión largo, con 2 cotiledones carnosos, plúmula bien desarrollada.

**Discusión.** Gray (1821), quien la reconoció por primera vez como familia, la relacionó con el género *Nelumbo* Adans. de la familia Nelumbonaceae A. Rich., argumentando su afinidad por los caracteres compartidos de la semilla como endospermo ausente, presencia de plúmula y cotiledones largos y carnosos, así como con *Cambomba* Aubl. De la familia Cambombaceae Rich. ex A. Rich., por presentar óvulos ortótropos, estilos persistentes y estambres en igual número que los tépalos.

Aboy (1936), plantea que existen varios caracteres en Ceratophyllaceae que no se encuentran en las angiospermas reconocidas hasta entonces, concluyendo premonitoriamente, que este grupo representa un linaje relictual de las angiospermas actuales, considerando que ha habido reducciones adaptativas que le permitieron invadir el medio acuático.

Posteriormente, Takhtajan (2009) y Cronquist (1981) la relacionaron con Nymphaeales por las similitudes embriológicas y el follaje sumergido (Les, 1986b). Les (1988c) rechaza la relación con *Cabomba* al encontrar muchas diferencias en los caracteres embriológicos, el arreglo floral y en el número cromosómico.

Judd *et al.* (2002) consideran a Ceratophyllaceae en el orden Ceratophyllales como un clado de posición incierta, ubicándolo entre el orden Magnoliales y las Monocotiledóneas.

La comparación que se ha realizado con taxa recientes no ha proporcionado más información para entender la relación de la familia con otras más cercanas, por lo que se ha recurrido al registro paleobotánico (Terasme & Craig, 1958), ya que esta familia se encuentra bien representada en el registro fósil, por los frutos que se han encontrado (Dilcher & Wang, 2009), datados del Cenozoico temprano.

De acuerdo con APG III (2009) y APG IV (2016), con base en diversos trabajos moleculares (Chase *et al.*, 1993; Graham & Olmstead, 2000; Soltis *et al.*, 2000), se

demonstró la lejanía que la familia presenta con respecto al orden Nymphaeales y otras angiospermas recientes, con las que se le había relacionado y respalda, además, el reconocimiento de un nuevo orden de plantas, Ceratophyllales.

La familia Ceratophyllaceae Gray tiene un papel ecológico importante, ya que al reproducirse por apomixis, produce numerosas ramificaciones que sirven de refugio a gran cantidad de especies animales. Por otro lado, las semillas sirven de alimento para varias especies de aves acuáticas migratorias (Jones, 1931). Sin embargo, las grandes masas de sus poblaciones pueden considerarse un problema, al comportarse como una maleza acuática, ya que invaden grandes porciones de los cuerpos de agua (Xu & Deng, 2017), generando problemas a la pesca y la navegación, o bien, creando microambientes propicios para la reproducción de animales, vectores de enfermedades (Judd *et al.* 2002; Zepeda-Gómez, 2017).

**Diversidad.** Familia monotípica con seis especies en el mundo, dos en México, una en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

**Distribución.** Cosmopolita, principalmente en regiones templadas y tropicales.

**CERATOPHYLLUM** L., Sp. Pl. 2: 992. 1753.

*Hydroceratophyllon* Seg., Pl. Veron. 3: 62. 1754.

*Ceratophyllum* Neck., Delic. Gallo-Belg. 387. 1768, var. *ortho*.

*Dichotophyllum* Moench, Methodus 345. 1794, nom. *illeg. superfl.*

*Revatophyllum* Röhl., Deutschl. Fl. 2a. ed. 2: 514. 1812.

Género con las mismas características de la familia.

**Discusión.** El nombre *Ceratophyllum*, de origen griego, hace referencia al carácter dicotómico de sus hojas y no a los apéndices de los frutos, como han sugerido algunos autores. Les (1988a), planteó que es un género complejo por la variabilidad morfológica, plasticidad, convergencia y paralelismo que presenta, además de poseer muchos caracteres reminiscentes de un linaje ancestral de angiospermas, que no se presentan en las angiospermas actuales, por lo que sus representantes se consideran “fósiles vivientes”. La adaptación al medio acuático, que se observa en este grupo, viene acompañada de reducciones morfológicas, resultando la ausencia de perianto, raíces, estomas y un xilema escaso (Les, 1986c).

El género se llegó a considerar cercano a *Equisetum* L., Najadaceae Juss. y Cycadophyta. Sin embargo, análisis moleculares soportan una posición aislada, encontrando que las secuencias de aminoácidos divergen considerablemente de otros grupos de plantas terrestres, por presentar un largo período de aislamiento genético (Les, 1986a).

Les (1986a), con base en la morfología, quimiotaxonomía y las relaciones fitogeográficas de las especies, divide al género en tres secciones naturales: sect. *Ceratophyllum* (*C. demersum* L. y *C. platyacanthum* Cham.), sect. *Laurasica* (*C. echinatum* A. Gray y *C. submersum* L.) y sect. *Gondwanalandica* (*C. muricatum* Cham. y *C. tanaiticum* Spagein).

Judd *et al.* (2002), menciona que las flores de *Ceratophyllum* son inconspicuas y sumergidas, condición que hace que la dispersión, tanto del polen como de los achenios, sea por agua, aunque los frutos también llegan a ser transportados por aves. El estilo persistente y los apéndices que desarrollan los frutos, permiten que éstos se adhieran a la vegetación o a los sedimentos, lo que asegura su establecimiento. Sin embargo, mayormente, se reproduce por fragmentación.

- Ceratophyllum demersum* L., Sp. Pl. 2: 992. 1753. *Dichotophyllum demersum* (L.) Moench, Methodus 345. 1794. TIPO: HOLANDA. Sin localidad específica, *G. Clifford 446*, s.f. (lectotipo: BM 000647413! designado por Aziz, 1974).
- Ceratophyllum demersum* L. subsp. *cornutum* Rich., Ann. Mus. Hist. Nat. 16: 299. 1810, *nom nud.*
- Ceratophyllum cornutum* Rich. ex Gray, Nat. Arr. Brit. pl. 2: 555. 1821, *pro syn.*
- Ceratophyllum tricuspdatum* Dumort., Fl. belg. 165. 1827 *nom. illeg.* (tipo no designado).
- Ceratophyllum unicolorne* Dumort., Fl. belg. 165. 1827 (tipo no designado).
- Ceratophyllum apiculatum* Cham., Linnaea 4: 503. t. 5. 1829. *Ceratophyllum demersum* L. var. *apiculatum* (Cham.) Asch., Fl. Brandenburg 1(1): 219. 1860. TIPO: ESTADOS UNIDOS. California: prope San Francisco, novae California, *L.K.A. Chamisso s.n.*, 1829 (holotipo: B 100277972!).
- Ceratophyllum indicum* Willd. ex Cham., Linnaea, 4: 504. t. 5. 1829, *pro syn.*
- Ceratophyllum verticillatum* Roxb., Fl. Ind. 3: 624. 1832 (tipo desconocido).
- Ceratophyllum vulgare* Schleid., Linnaea 11: 540. 1837, *nom illeg.*
- Ceratophyllum aquaticum* H. C. Watson, Topogr. Bot. 1: 165. 1873, *nom nud.*

**Hierbas** sumergidas, hasta 3.0 m largo, pubescentes, con tricomas finos y translúcidos o glabros. **Tallos** muy ramificados, formando grandes masas a modo de cordones foliosos, horizontales en el fondo y verticales hacia la superficie del agua, flexibles y contiguos. **Hojas** hasta 12 por verticilo, 1.5-2.0 cm largo, finamente divididas en 2-4 segmentos, variables en largo y ancho, así como en el margen serrado de uno de sus lados, con frecuencia también hay cilios translúcidos, sobre los dientes del margen. **Flores masculinas** ca. 2.0 mm largo, **femeninas** ca. 5.0 mm largo, estilo 4.0-6.0 mm largo. **Frutos** semejantes a aquenios, sin alas, 4.0-7.0 mm largo, 2.0-4.0 mm ancho, elipsoidales, ligeramente comprimidos, con 1 apéndice o espina apical (= estilo persistente) 4.0-6.0 mm largo y 2 apéndices o espinas basales, 2.0-5.0 mm largo, rectas o curvadas, a veces reducidas, superficie lisa o tuberculada, brácteas del involucro persistentes (Fig. 3).

**Discusión.** El tamaño y la presencia de apéndices o espinas en el fruto son los caracteres taxonómicos importantes para diferenciar entre las especies de este género. *Ceratophyllum demersum*, se reconoce por la presencia de un fruto con tres espinas alargadas, una apical (estilo) y dos basales, que pueden ser largas o cortas. Esta especie es la que tiene el mayor rango de distribución, comparado con el resto de las especies (Les 1988b, 1988c, 1989).

Por primera vez se ha registrado la presencia de esta especie en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Es probable que existan otras poblaciones en gran parte de los manantiales de la región de Tehuacán, ya que estos se comunican con la localidad de La Ciénaga y por la dispersión hidrocora, que asegura su presencia en otros canales.

Por lo escaso del material colectado, la descripción de la especie se enriqueció con ejemplares de áreas adyacentes y con la información del trabajo monográfico de Les (1986c).

**Distribución.** Regiones templadas y tropicales del Viejo y Nuevo Mundo. En América se ha registrado desde Estados Unidos hasta Sudamérica, incluyendo las Antillas. En México se conoce de la Ciudad de México y los estados de Baja California, Campeche, Coahuila, Colima, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz.

**Ejemplar examinado.** PUEBLA. Mpio. Zinacatepec: La Ciénaga, *Izazola- Rodríguez et al. 104* (MEXU) (Fig. 4).

**Hábitat.** Vegetación acuática en matorral xerófilo, en manantiales, ciénagas y charcas. En elevaciones ca. 1090 m.

**Fenología.** Floración en junio y julio. Fructificación de agosto a octubre (Les, 1986c).

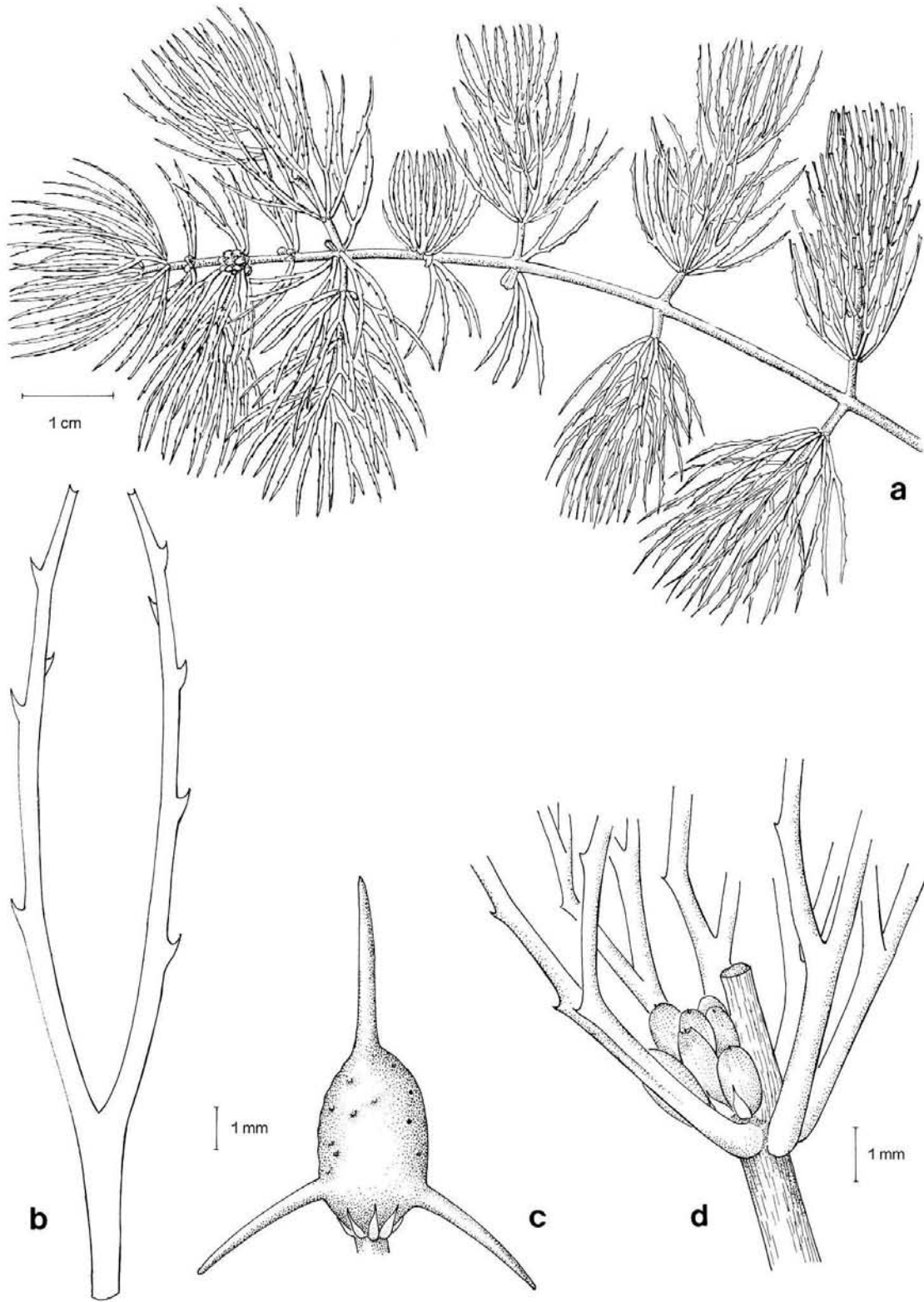


Fig. 3. *Ceratophyllum demersum*. a. Hábito. b. Hoja dicotómica, detalle del margen. c. Aquenio. d. Rama con inflorescencia masculina. Ilustrado por Elvia Esparza, reproducido de *Plantas acuáticas mexicanas: una contribución a la Flora de México* 2: 71. 2017, con autorización del editor.



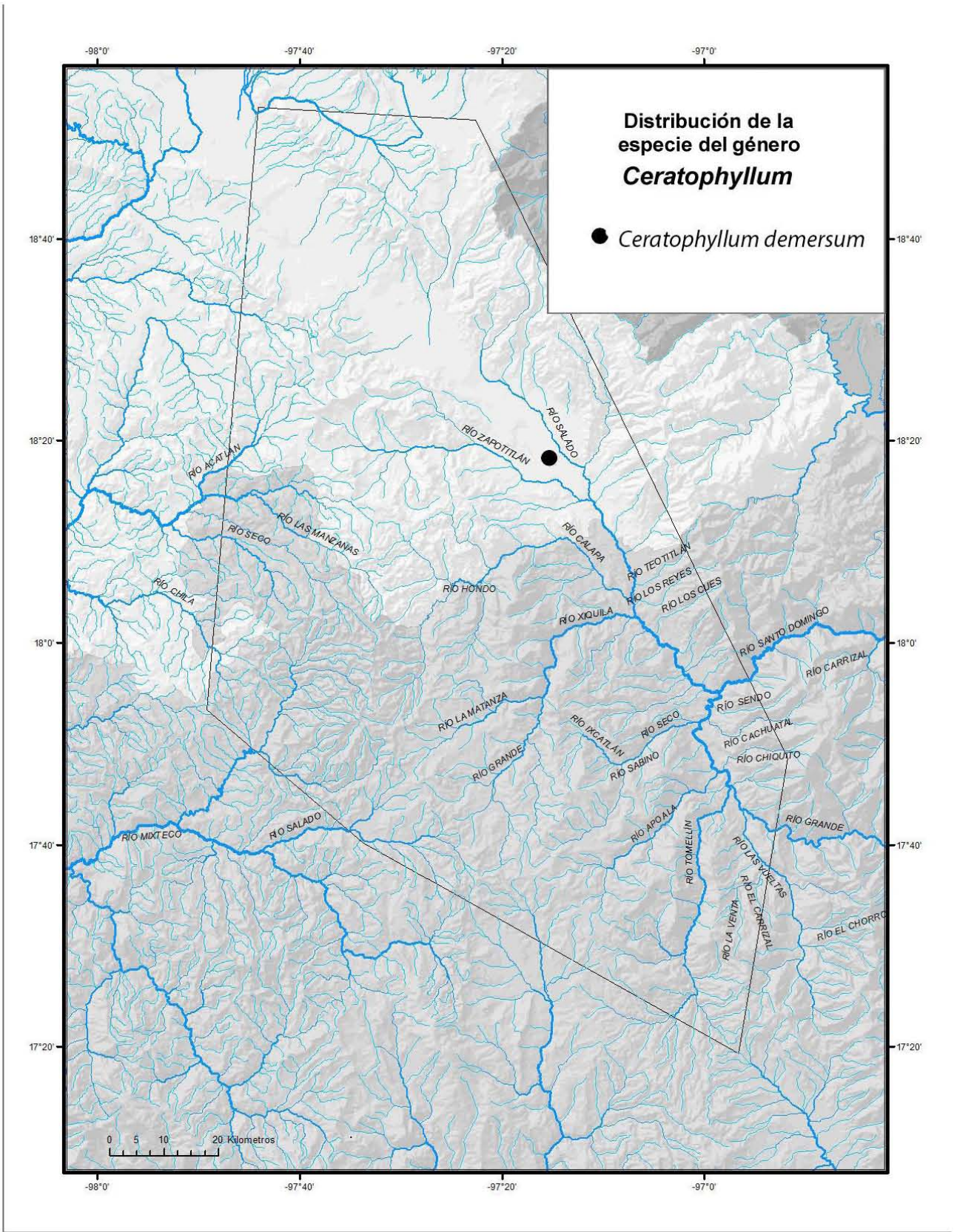


Fig. 4. Mapa de distribución de *Ceratophyllum demersum*. Elaborado por P. Díaz Maeda.



## NYMPHAEACEAE Salisb.

**Hierbas** acuáticas, anuales o perennes. **Rizomas** sumergidos, simpodiales, generalmente teretes, cortos, engrosados, horizontales o erectos, tuberosos o estoloníferos, con raíces adventicias. **Hojas** simples, alternas, espiraladas, opuestas, rara vez verticiladas, flotantes, sumergidas y/o ligeramente emergentes; estípulas presentes o ausentes; pecioladas corta o largamente, pecíolos armados o inermes, pubescentes o glabros; láminas lanceoladas a ovadas u orbiculares, a veces peltadas, base sagitada a cordata, ápice obtuso, redondeado a emarginado, margen entero, dentado, eroso, ondulado o ligeramente laciniado, pubescentes o glabras, con espinas en el envés. **Flores** solitarias, axilares a extra-axilares, bisexuales, actinomorfas, largamente pediceladas, emergentes o flotantes, fragantes; **cáliz** con 4-6 o más sépalos, libres o ligeramente unidos a la base del ovario, ovados, margen entero, generalmente verdes, a veces petaloides; **corola** con 3-numerosos pétalos, en varias series, rara vez ausentes, libres o ligeramente unidos al ovario, transformándose gradual o abruptamente en estambres o estaminodios, margen entero, blancos o coloridos; **androceo** con estambres numerosos, filamentos gradualmente petaloides, anteras con dehiscencia longitudinal, estaminodios generalmente presentes; nectarios generalmente ausentes o si presentes, sobre los estaminodios; **gineceo** con ovario de 3 o más carpelos, parcialmente fusionados o sincárpico, a veces hundidos en el eje floral, estilo ausente, estigmas en igual número que carpelos, unidos sobre un disco expandido, densamente papiloso, óvulos numerosos, anátropos a ortótropos, placentación parietal. **Frutos** en forma de bayas, dehiscencia irregular; **semillas** numerosas, ovoides a globosas, con o sin arilo.

**Discusión.** Li (1955) estudió al grupo en un sentido amplio, reconociendo cinco familias: Nelumbonaceae A. Rich. representada por el género *Nelumbo* Adans. (2 spp.); Cabombaceae Rich. ex A. Rich. con dos géneros: *Cabomba* Aubl. (6 spp.) y *Brasenia* Schreb. (1 sp.); Euryalaceae J. Agardh con dos géneros: *Euryale* Salisb. (1 sp.) y *Victoria* Lindl. (2-3 spp.); Nymphaeaceae con tres géneros: *Castalia* Salisb. (40), *Nymphaea* L. (10) y *Nuphar* Sm. (7 spp.) y Barclayaceae H. L. Li, con el género *Barclaya* Wall. (4 spp). Él consideró que Cabombaceae y Nymphaeaceae pertenecen al orden Ranales. Sin embargo, para las otras familias propuso la creación de dos nuevos órdenes: Nelumbonales y Euryalales. Además, mencionó la posible relación de estos grupos con las familias Ranunculaceae Juss. y Berberidaceae Juss. Inicialmente dividió a Nymphaeaceae en tres subfamilias: Nelumboideae, Cabomboideae, Nymphaeoideae y las incluyó en el orden Ranales, posteriormente se reconoció a Cabombaceae y Nelumbonaceae como familias independientes, ubicándolas en el orden Rhoedales.

Ito (1987), realizó uno de los primeros análisis cladísticos, combinando morfología, anatomía y palinología, destacando que la familia, en un sentido estricto, constituye un grupo monofilético, junto con *Nuphar* y los otros géneros. También indica que *Nelumbo* es diferente y que parece ser el grupo basal de las Nymphaeales y que *Ceratophyllum* L. está estrechamente relacionado con *Cabomba*.

Les *et al.* (1991), a través de análisis filogenéticos con el gen de cloroplasto *rbcL*, reconocieron dos familias en el orden Nymphaeales: Cabombaceae y Nymphaeaceae. Asimismo, se observó que al incluir los géneros *Ceratophyllum* o *Nelumbo*, Nymphaeales conforma un grupo monofilético. Estudios posteriores, consideran a la familia con seis géneros y la siguen relacionando con las familias Cabombaceae y Nelumbonaceae, por presentar características morfológicas similares; sin embargo, datos moleculares indican que Nelumbonaceae no está cercanamente relacionada con Nymphaeaceae (Zomlefer,

1994). Les *et al.* (1999), presentan una filogenia con base en datos morfológicos y secuencias de ADN donde segregan a los géneros *Nelumbo* Adans. y *Ceratophyllum* L., del orden Nymphaeales, además de que confirman que la subfamilia Cabomboideae debe reconocerse como una familia monofilética. Dentro de las diferencias morfológicas entre las familias Nymphaeaceae Salisb. y Cabombaceae Rich. ex A. Rich., destacan: el hábito rizomatoso, la presencia de más de 4 sépalos, los estambres insertos en espiral, los frutos carnosos y numerosas semillas, entre otras.

Takhtajan (2009) reconoce al interior de Nymphaeaceae tres subfamilias: Nupharoideae, Nymphaeoidae y Euryaloideae. Les (2002) define la ubicación de los géneros en las dos familias: Cabombaceae (*Brasenia* Schreb. y *Cabomba* Aubl.) y Nymphaeaceae (*Barclaya* Wall., *Euryale* Salisb., *Nuphar* Sm., *Nymphaea* L., *Ondinea* Hartog y *Victoria* Lindl.), indicando que las Nymphaeales son un linaje ancestral de las plantas con flores, que datan del Cretácico temprano, edad respaldada por numerosos fósiles de semillas que indican que hubo una gran radiación de estos grupos en el pasado.

La fragancia, de las flores, de numerosas especies de Nymphaeaceae atrae a diferentes insectos (abejas, escarabajos, moscas), que consumen principalmente polen y en ocasiones néctar (Judd *et al.*, 2002).

APG III y IV (2009, 2016), ubican al orden Amborellales junto con Nymphaeales, como grupo hermano de todas las angiospermas. Quedando Nymphaeales integrado por tres familias: Cabombaceae, Hydatellaceae U. Hamann y Nymphaeaceae, esta última con dos subfamilias: Nupharoideae y Nymphaeoidae.

**Diversidad.** Familia con seis géneros y ca. 70 especies en el mundo, dos géneros y 13 especies en México, un género y dos especies en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

**Distribución.** Regiones templadas y tropicales de todo el mundo.

**NYMPHAEA** L., Sp. Pl. 1: 510. 1753.

*Castalia* Salisb., Parad. Lond. 1: pl. 14. 1805.

*Leuconymphaea* Ludw. ex Kuntze, Revis. Gen. Pl. 1. 11. 1891.

**Hierbas** enraizadas, de hojas flotantes, perennes. **Rizomas** horizontales o erectos, teretes o tubérculos ovoidales, esferoidales o teretes, verde claro, pardo-amarillento a negros; estolones presentes o ausentes. **Hojas** flotantes a ligeramente expuestas sobre el agua; pecíolos inermes, largos, flexibles, pubescentes cuando jóvenes, algunos tricomas persistentes en la base o en la unión con la lámina; estípulas infrapeciolares o laterales, libres o adnatas hasta la mitad al pecíolo, si libres el ápice acuminado, si adnatas, ápice mucronulato u obtuso, margen entero u ondulado, membranaceas a coriáceas, glabras o pubescentes; láminas orbiculares a ampliamente ovadas o elípticas, base cordata a sagitada, los lóbulos basales agudos o ampliamente redondeados, ápice agudo, acuminado, obtuso o ligeramente emarginado, margen entero, crenado, eroso o dentado, cartáceas a coriáceas, haz verde, con o sin máculas rojizas, envés verde, rojo o púrpura, a veces con máculas rojizas o negras. **Flores** solitarias, flotantes o emergentes, blancas, amarillas, rosadas, rojas o azules, frecuentemente aromáticas, diurnas o nocturnas; pedicelos inermes, pubescentes o glabros, enrollados y retraídos en el fruto; **cáliz** con 4 sépalos, libres o fusionados en la base, ovados, elípticos a lanceolados, ápice acuminado a obtuso, frecuentemente verdosos, con tintes rojizos o negros, a veces persistentes en el fruto; **corola** con 8 a numerosos pétalos, libres o fusionados en la base, grandes, vistosos, coloridos, ampliamente lanceolados u ovados a obovados, ápice acuminado a redondeado, generalmente

persistentes en el fruto; **androceo** con estambres numerosos, dispuestos en varias series, anteras amarillas, con conectivo ocasionalmente prolongado en un apéndice, los más externos petaloides, con anteras pequeñas, los internos con filamentos delgados y anteras más grandes; **gineceo** con 3 a numerosos carpelos, apéndices carpelares, libres, cónicos, lingüiformes o claviformes, amarillentos a rojizos, óvulos numerosos, péndulos, disco estigmático cóncavo o convexo. **Frutos** globosos a elipsoidales, dehiscencia irregular, maduran bajo el agua; **semillas** pocas o numerosas, globosas, elipsoidales u ovoides, rodeadas parcial o totalmente por un arilo sacciforme, mucilaginoso.

**Discusión.** El género *Nymphaea* L. es el más diverso del orden Nymphaeales, y el que presenta una amplia distribución. Borsch *et al.* (2017), reconocen dos grupos en *Nymphaea* según la fusión de los carpelos:

- a) Uno que presenta gineceo apocárpico (la base de la pared del carpelo está fusionada parcialmente), comprende dos subgéneros: subgen. *Anecphyra* (7-10 spp.) de Australia y Nueva Guinea y el subgen. *Brachyceras* (14-16 spp.), con distribución tropical y subtropical.
- b) Otro, donde el gineceo es sincárpico (por la fusión completa de las paredes de los carpelos) comprende tres subgéneros: subgen. *Hydrocallis* (14 spp.), con distribución neotropical; el subgen. *Lotos* (2-3 spp.), paleotropical y el subgen. *Nymphaea* (8 spp.), en las regiones templadas del hemisferio norte.

Dkhar *et al.* (2010), con base en estudios moleculares de la región *trnT-trnF* del cloroplasto, indican que el grupo hermano de *Nymphaea* lo forma el clado compuesto por *Euryale-Victoria*. Asimismo, el género *Nymphaea* presenta tres linajes, el primero es el subgen. *Nymphaea* como hermano de todas las demás especies, segundo el clado de los subgen. *Hydrocallis-Lotos* y tercero el clado formado por *Anecphyra-Brachyceras*.

Cook (1996), menciona que, en la polinización, también hay diferencias entre los subgéneros, ya que los que presentan floración diurna (subgen. *Anecphyra*, *Brachyceras* y *Nymphaea*), son polinizados principalmente por himenópteros, dípteros y coleópteros; mientras que los de floración nocturna (subgen. *Hydrocallis* y *Lotos*), son polinizados por escarabajos. La dispersión de semillas es por animales o agua, ocasionalmente también se reproducen vegetativamente por bulbilos.

**Diversidad.** Género ca. 50 especies en el mundo, 12 en México y dos en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

**Distribución.** Regiones tropicales y templadas en ambos hemisferios.

**Usos.** Rizomas, botones florales y semillas de algunas especies se consumen como alimento en diversas regiones del mundo (Cook, 1996).

#### CLAVE PARA LAS ESPECIES (subgen. *Brachyceras*)

1. Hojas con margen dentado o crenado, nervaduras marcadamente prominentes; carpelos reflejos; estolones presentes. *N. ampla*
1. Hojas con margen entero a eroso, nervaduras no prominentes; carpelos involutos; estolones ausentes. *N. gracilis*

*Nymphaea ampla* (Salisb.) DC., Syst. Nat. 2: 54. 1821. *Castalia ampla* Salisb., Ann. Bot. 2: 73. 1805. TIPO: MÉXICO. Veracruz: sin localidad específica, *W. Houston s.n.*, 1731 (neotipo: BM 000552330 pp.1! designado por Wiersema *et al.* 2008).

*Nymphaea ampla* Salisb. var. *plumieri* Planch., Ann. Sci Nat., Bot. sér. 3, 19: 44. 1853.  
TIPO: JAMAICA. Sin localidad específica, *Dr. Dancer s.n.*, s.f. (lectotipo: G, ex Herb Lambert, designado por Wiersema *et al.* 2008).

**Hierbas** perennes, anuales bajo condiciones desfavorables hasta 1.0 m alto. **Rizomas** 2.0-10.0 cm largo, 2.0-4.1 cm ancho, teretes, negros; estolones presentes, hasta 30.0 cm largo. **Hojas** con estípulas adnatas al pecíolo, 2.5-2.7 cm largo, 3.0-7.0 mm ancho, ápice acuminado, porción apical separada 0.6- 1.5 cm, margen entero, membranáceas, glabras; pecíolos hasta 1.0 m largo, verdes o rojizos, glabros; láminas 9.4-43.0 cm largo, 9.0-42.0 cm ancho, ovadas a orbiculares, base con lóbulos agudos, cóncavos, convexos o rectos en la porción interna, divergentes o traslapados, unidos 0.3-1.2 cm en la base del seno, el seno acuminado o agudo, ápice obtuso a redondeado o ligeramente emarginado, margen dentado a crenado, dientes acuminados, coriáceas, haz verde o verde amarillento, con máculas rojizas, envés rojo intenso, con máculas negras, 18-30 nervaduras laterales, marcadamente prominentes, glabras. **Flores** diurnas, emergentes; pedicelos 20.0-90.0 cm largo, 0.3-1.0 cm ancho, verdes o rojizos; **cáliz** con sépalos 4.2-5.1 cm largo, 1.5-2.1 cm ancho, lanceolados, ápice agudo, los externos verdes, con máculas rojizas, los internos blanco-verdosos, nervaduras evidentes; **corola** con 18-28 pétalos, blancos, lanceolados, ápice agudo, los externos 4.0-6.0 cm largo, 1.6-2.0 cm ancho, los internos 4.0-5.5 cm largo, 1.5-2.1 cm ancho; **androceo** con 96-170 estambres, lineares, los externos 2.1-5.1 cm largo, filamentos 1.0-2.0 mm ancho, anteras 2.6-3.3 cm largo, conectivo con apéndice terminal, acuminado 4.0-6.0 mm largo, los internos 0.9-1.9 cm largo, filamentos ca. 1.0 mm ancho, anteras 1.0-1.5 cm largo, conectivo con apéndice terminal, agudo u obtuso, hasta 2.0 mm largo; **gineceo** con 14-30 carpelos, reflejos, 7.0-8.0 mm largo, ca. 1.0 mm ancho, cónicos con ápice agudo. **Bayas** ca. 4.5 cm diámetro; **semillas** 1.0-1.5 mm diámetro, globosas, con tricomas, arilo cubriendo 3/4 de la semilla (Fig. 5).

**Discusión.** Además de presentar nervaduras prominentes y margen dentado o crenado, esta especie puede llegar a medir hasta 1.0 metro de largo, las flores son blancas, con la zona central amarilla (Bonilla-Barbosa, 2000). Debido a la capacidad de dispersión y colonización, puede cubrir grandes áreas en los cuerpos de agua.

**Distribución.** Regiones tropicales de América, del sureste de Estados Unidos a Sudamérica, incluyendo Antillas. En México se conoce de los estados de Campeche, Chiapas, Coahuila, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán.

**Ejemplares examinados.** PUEBLA. **Mpio: San Gabriel Chilac:** San Gabriel Chilac, cerca de San Juan Atzingo y San Andrés, *Smith et al.* 4099 (MEXU). **Mpio. Tehuacán:** San Lorenzo, *Bravo 2513* (MEXU). **Mpio. Zinacatepec:** La Ciénaga, *Izazola-Rodríguez et al.* 103 (MEXU) (Fig. 6).

**Hábitat.** Cuerpos de agua dulce como lagunas, manantiales y estanques. En elevaciones de 1200-1720 m.

**Fenología.** Floración y fructificación a lo largo del año.

**Usos.** Como ornato, forraje, medicinal y alimenticio (el tubérculo); en el rizoma se han reportado compuestos alucinógenos (Zepeda-Gómez, 2017).

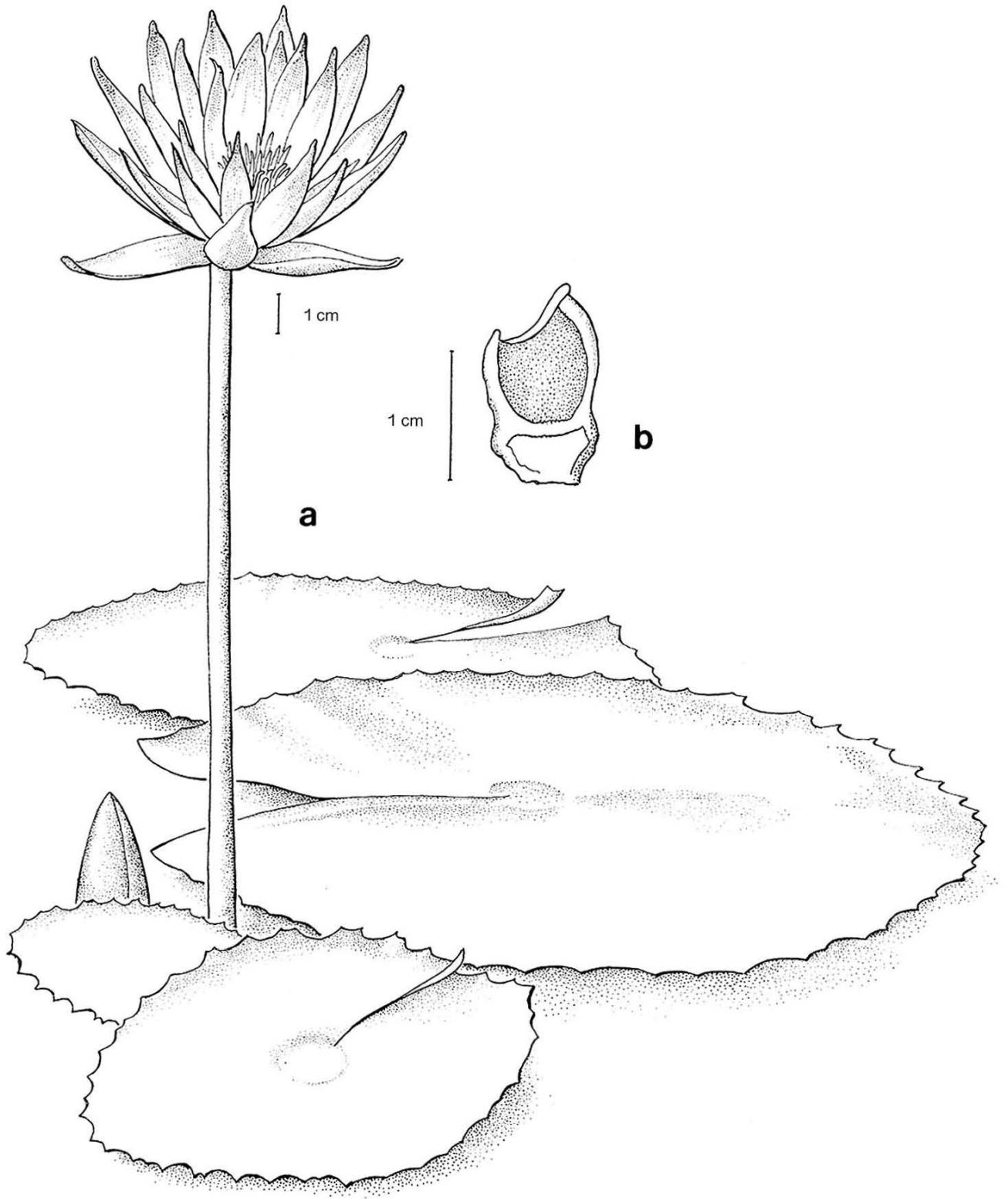


Fig. 5. *Nymphaea ampla*. a. Hábito, hojas flotantes y flor emergente. b. Sección de un carpelo. Ilustrado por Elvia Esparza, reproducido de Plantas acuáticas mexicanas: una contribución a la Flora de México 2: 147. 2017, con autorización del editor.

*Nymphaea gracilis* Zucc., Abh. Math-Phys. Cl. Königl. Bayer. Akad. Wiss. 1: 362. 1832.  
TIPO: MÉXICO. sin localidad precisa, *W.F. Karwinski s.n.*, ago. 1827 (holotipo: M 0171714! isotipo: M 0171715!).

**Hierbas** perennes. **Rizomas** erectos, esferoidales, 1.5-6.5 cm diámetro, glabros, negros; estolones ausentes. **Hojas** con estípulas infrapeciolares, adnatas al pecíolo, 1.4-2.6 cm largo, 3.0-5.0 mm ancho, concrecentes adaxialmente, ápice acuminado, margen entero, membranáceas, glabras, porción apical separada 0.4-1.5 cm; pecíolos 30.0-50.0 cm largo, glabros; láminas 8.5-40.0 cm largo, 7.0-36.0 cm ancho, ovadas a orbiculares, base con lóbulos agudos, cóncavos, convexos o rectos en la parte interna, ápice obtuso, margen entero a eroso, haz verde, ocasionalmente con máculas rojizas, envés rojo intenso, sin máculas o si presentes negras, glabras, nervaduras no prominentes. **Flores** diurnas, sobresaliendo del agua; pedicelos 40.0-50.0 cm largo, glabros; **cáliz** con sépalos 3.5-6.0 cm largo, 0.8-1.8 cm ancho, lanceolados, ápice agudo, externamente verdes con máculas escasas y negras hacia el ápice, internamente blanco-verdosos; **corola** con 16-24 pétalos, lanceolados, ápice acuminado, los externos 3.5-4.5 cm largo, 1.2-1.5 cm ancho, los internos 3.0-4.0 cm largo, 0.6-1.1 cm ancho; **androceo** con 28-78 estambres, lineares, los externos 2.1-3.0 cm largo, filamentos 2.0-5.0 mm ancho, anteras 2.0-2.5 cm largo, conectivo con apéndice terminal, acuminado, hasta 4.0 mm largo, los internos 1.2-1.9 cm largo, filamentos 3.0-5.0 mm ancho, anteras 1.4-1.8 cm largo, conectivo con apéndice terminal, agudo, hasta 2.0 mm largo; **gineceo** con 14-16 carpelos involutos, 5.0 mm largo, cónicos, ápice agudo. **Bayas** ca. 2.7 cm diámetro, globosas; **semillas** 1.0-1.4 mm diámetro, globosas, tricomas presentes, arilo cubriendo 1/2 de la semilla.

**Discusión.** Esta especie se puede reconocer por su talla, llega a medir más de 1.0 m de largo y tiene flores completamente blancas. Se ha observado que las flores abren en el periodo de 6-7 am a 6-7 pm. Es una especie amenazada (Zepeda-Gómez, 2017).

**Distribución.** Endémica de México, se le conoce de la Ciudad de México y los estados de Aguascalientes, Durango, Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán y Oaxaca.

**Ejemplares examinados.** **OAXACA. Dto. Etla:** Hacienda de Alemán, San Andrés Zautla, *Conzatti 500* (MEXU). **Dto. Teposcolula:** Laguna Yodovaluchi, 1 km oeste de San Isidro Lagunas, *García-Mendoza y Vargas 1251* (MEXU); Yocoñoluchi, San Andrés Lagunas, *Izazola-Rodríguez et al. 245* (MEXU), *246* (MEXU) (Fig. 6).

**Hábitat.** Cuerpos de agua dulce, como lagos, lagunas, estanques y ciénagas. En elevaciones de 1600-2290 m.

**Fenología.** Floración de abril a noviembre. Fructificación de junio a noviembre.

**Usos.** En otras regiones se usa para ornato, confección de artesanías y como alimenticia (el tubérculo).



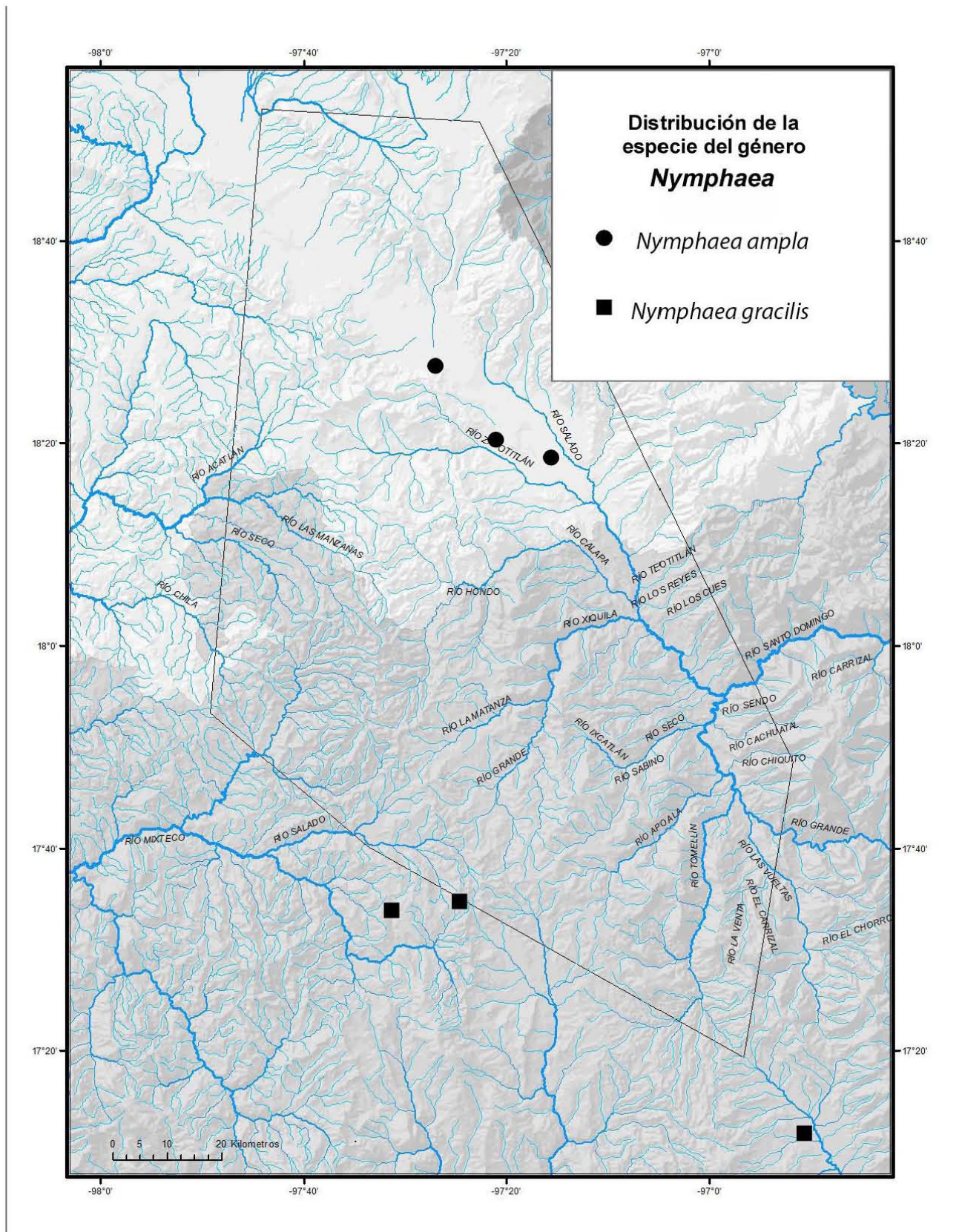


Fig. 6. Mapa de distribución de *Nymphaea ampla* y *N. gracilis*. Elaborado por Pedro Díaz Maeda.

## PODOSTEMACEAE Rich. ex Kunth

**Hierbas** acuáticas, anuales o perennes. **Raíces** acintadas, adheridas a las rocas u otros sustratos, generalmente fotosintéticas, ramificadas, con rizoides en la superficie inferior. **Tallos** alargados o reducidos, emergiendo lateralmente a lo largo de la raíz, generalmente opuestos, foliosos, homo o heteromorfos. **Hojas** alternas o verticiladas, simples o palmado-compuestas, reducidas o ausentes, marcadamente variables en tamaño y forma, cuando presentes son sumergidas y flexibles; **estípulas** presentes o ausentes; **peciolos** ausentes en las hojas simples, teretes o ligeramente aplanados, lisos o a veces con proyecciones. **Flores** bisexuales, actinomorfas o zigomorfas, solitarias o agrupadas en inflorescencias, pediceladas, pedicelos con o sin ápice ensanchado y cupuliforme, envueltas por una espata; **perianto** reducido a 2-numerosos tépalos escuamiformes, generalmente alternos con los estambres; **androceo** con 1-numerosos estambres, en 1-2 verticilos completos o 1 verticilo incompleto y confinado a un solo lado de la flor, ocasionalmente 2 o 3-4 estambres nacen de un andropodio, filamentos libres o unidos, lineares, deciduos después de la anthesis o persistentes y endurecidos, anteras introrsas o extrorsas, basifijas o dorsifijas, dehiscencia longitudinal; **gineceo** con ovario súpero, 1-3-carpelar, 1-3-locular, ocasionalmente con un pequeño ginóforo, carpelos iguales o desiguales, placentación axial o central, óvulos 2-numerosos, anátropos, estilo presente o ausente, estigma 1-3-lobulado, variable en forma y tamaño. **Frutos** en cápsulas, 2-3-valvadas, elipsoidales o globosas, externamente costilladas, carinadas o lisas, dehiscentes; **semillas** 2-numerosas, endospermo ausente.

**Discusión.** La familia Podostemaceae se caracteriza por tener una morfología muy peculiar, razón por la cual ha sido difícil clasificarla taxonómicamente. Junto con Nymphaeaceae Salisb., es una de las familias de acuáticas más ricas en especies para las dicotiledóneas de México (Novelo & Philbrick, 1997). Los miembros de esta familia se han descrito como organismos parecidos a algas, líquenes, hepáticas o musgos con una forma palmada (Les *et al.*, 1997). Otra característica importante es que, durante la temporada de lluvias, los organismos se encuentran sumergidos y crecen de manera vegetativa, mientras que en temporada de secas están expuestas al aire, lo que les permite florecer y fructificar (Kita & Kato, 2004).

De acuerdo con Dahlgren (1980), la familia se encuentra en el superorden Podostemiflorae y no se puede relacionar con otras familias, por la especialización de hábitat y la ausencia de endospermo y si se combina lo anterior con la presencia de cuerpos de sílice, gineceo trímero y la fusión de los filamentos de los estambres, se acerca a Orchidaceae Juss., pero Podostemaceae no tiene que ver con las típicas dicotiledóneas. Cronquist (1981) la relacionó con el orden Saxifragales, en particular con Crassulaceae J. St. Hil., aunque la sigue considerando como taxonómicamente aislada. Cusset & Cusset (1988) proponen una nueva clase, Podostemopsida, ya que no tiene una posición filogenética establecida. Asimismo, Takhtajan (2009), propone que la familia se deriva de Crassulaceae, a pesar de que se le ha relacionado con diversas familias de monocotiledóneas, como Najadaceae Juss., Lemnaceae Martinov, Orchidaceae o dicotiledóneas como Ceratophyllaceae Gray e inclusive con algas como Characeae.

Les *et al.* (1997), en estudios moleculares donde utilizaron el gen *rbcL*, encontraron que Hydrostachyaceae Engl. es el grupo hermano y otras familias cercanas son Crassulaceae, Haloragaceae R. Br. y Saxifragaceae Juss. Ueda *et al.* (1997), en el mismo año y con el mismo gen concluyen que Crassulaceae es el grupo hermano de Podostemaceae y se



descarta la relación con la familia Hydrostachyaceae Engl., al ser un miembro de la subclase Asteridae.

Soltis *et al.* (1999), basados en análisis de *18S rDNA* y análisis combinados de *18S rDNA* y *rbcL*, encuentran que la familia queda integrada al orden Malpighiales y no se demuestra la relación con Crassulaceae J. St. Hil. o algún miembro de Saxifragales. En 2001, Kita & Kato vuelven a realizar estudios con *rbcL* y concluyen que la familia se relaciona con Crassulaceae, pero en estudios combinados con *18S rDNA*, *rbcL* y *atpB*, se corrobora que la familia pertenece al orden Malpighiales.

Posteriores estudios combinados, incluyen el marcador *matK*, y demuestran que la familia es miembro del grupo Euroside I y está relacionado con el orden Malpighiales junto con las familias Clusiaceae Lindl., Hypericaceae Juss. y Bonnetiaceae L. Beauvis. ex Nakai (Cook & Rutishauser, 2007; Koi *et al.*, 2012). APG IV (2016), la ubica en el orden Malpighiales.

Al interior de la familia se han propuesto diferentes clasificaciones, algunos autores dividen a la familia en dos o tres subfamilias, mientras que algunos otros ubican a la familia Tristichaceae Willis, como independiente de Podostemaceae Rich. ex. Kunth. Engler (1930) reconoce tres subfamilias: Podostemoideae, Tristichoideae y Weddellinoideae. Posteriormente Van Royen (1951), propone la separación solo en dos subfamilias: Tristichoideae, que incluye a *Tristicha* Thouars y *Weddellina* Tul. y el resto de los géneros en Podostemoideae. Les *et al.* (1997), apoya el reconocimiento de Tristichaceae como una familia independiente de Podostemaceae.

Con análisis moleculares basados en el gen *matK*, se encontró que la familia está conformada por dos subfamilias, Tristichoideae que incluye a *Weddellina* y Podostemoideae (Kita & Kato, 2001). Sin embargo, en 2012, también con estudios moleculares, se demostró que la familia comprende tres subfamilias: Podostemoideae y Weddellinoideae como taxa hermanos y Tristichoideae. Las subfamilias Tristichoideae y Weddellinoideae se reconocen por presentar flores actinomorfas, con tépalos prominentes, mientras que Podostemoideae tiene flores zigomorfas y tépalos reducidos, así como los brotes florales cubiertos por espatas. En APG IV (2016) se mantiene la separación de las tres subfamilias.

**Diversidad.** Familia con 54 géneros y 310 especies en el mundo, cuatro géneros y siete especies en México, un género y una especie en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

**Distribución.** Cosmopolita, en regiones tropicales y templadas.

**TRISTICHA** Thouars, Gen. Nov. Madagasc. 3. 1806.

*Dufourea* Bory ex Willd., Sp. Pl. 5: 55. 1810, *nom. illeg. hom.*

*Philocrena* Bong., Mém. Acad. Imp. Sci. Saint-Pétersbourg, Sér. 6, Sci. Math., Seconde Pt. Sci. Nat. 38(2): 80. 1835.

*Potambryon* Liebm., Förh. Skand. Naturf. Mötet 5: 512. 1849.

*Tristichopsis* A. Chav., Fl. Afrique Occ. Franc. 1: 291. 1938, *nom. illeg.*

*Heterotristicha* Tobler, Rev. Sudamer. Bot. 10: 103. 1953.

*Terniopsis* Hsiu C. Chao, Acta Bot. Yunnan. 2(3): 296. 1980.

*Malaccotristicha* C. Cousset & G. Cousset, Bull. Mus. Natl. Hist. Nat., B. Adansonia sér. 4. 10(2): 174. 1988.

**Hierbas** anuales o perennes, semejantes a musgos, ramificadas, formando densas poblaciones sobre las rocas. **Raíces** alargadas, postradas. **Tallos** teretes o ligeramente aplanados, en grupos, ascendentes o procumbentes. **Hojas** simples, semejantes a escamas,

sésiles, generalmente dispuestas en 3 hileras, membranáceas, sin nervaduras o 1-nervadas. **Flores** axilares, solitarias, envueltas por 2 espatelas en botón, pediceladas; **perianto** 3 tépalos, persistentes, generalmente unidos en la base; **androceo** con 1(-2) estambres, filamentos delgados, anteras introrsas o latrorsas, basifijas; **gineceo** con ovario 3-locular, estigmas en igual número que carpelos. **Cápsulas** 3-valvadas, valvas iguales, persistentes, cada valva 3 costillada, margen de las suturas no engrosado; **semillas** numerosas, diminutas.

**Discusión.** El género *Tristicha* Thouars, se puede diferenciar de los demás géneros por presentar hojas escumiformes, dispuestas en tres hileras, ovario 3-locular, 3 estigmas y una cápsula 3-valvada (Novelo & Philbrick, 1997).

A diferencia de otros géneros, que presentan una distribución restringida, éste se encuentra en todas las regiones tropicales del mundo (Bove & Philbrick, 2010), excluyendo Asia tropical, región de la cual se desplazaron hacia África, probablemente por el decremento en la temperatura y humedad durante el Oligoceno y Mioceno (Kita & Kato, 2004; Kato *et al.*, 2003).

Diferentes estudios moleculares soportan que el género *Tristicha* es el hermano de los demás géneros de la familia (Soltis *et al.* 1999). Asimismo, el género se ha dividido en tres subclados, el afroamericano, el afromadagascar y el africano, este último como hermano de los otros dos. Se ha propuesto que el género ocurrió primero en África y después migró a América (Koi *et al.*, 2012).

**Diversidad.** Género con una especie en el mundo, una en México, una en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

**Distribución.** América tropical, África y Australia, ausente en Asia.

*Tristicha trifaria* (Bory ex Willd.) Spreng., Syst. Veg. [Sprengel] 16a. ed. 1: 22. 1825[1824], *non Tristicha trifaria* (Bory ex Willd.) Tul. *Tristicha degreana* Tul., Ann. Sci. Nat., Bot., sér. 3 11: 111. 1849, *isonym*. TIPO: SOUTH AFRICA. Down river, J.F. Drege 2991, s.f. (holotipo: P 00179233!).

*Tristicha alternifolia* (Willd.) Tul., Ann. Sci. Nat., Bot. sér. 3, 11: 111. 1894. *Dufourea alternifolia* Willd., Ges. Naturf. Freunde. Berlin Mag. Neuesten Entdeck. Gesamnten Naturk. 6: 64. 1814. TIPO: MADAGASCAR. Sin localidad específica, L.M.A. du Petit-Thouars *s.n.*, 1818 (holotipo: BW 00086010! isotipos: BM 000910418! BM 000910418! P00178942!).

**Hierbas** 3.5-5.0(-10.0) cm alto. **Raíces** sin caliptra. **Tallos** con ramas de 2.0-4.0 cm. **Hojas** sésiles, imbricadas, verticiladas, hasta 4.0 mm largo, ovadas a espatuladas, enteras. **Flores** con pedicelos hasta 2.0 cm largo, sin ápice especializado; **perianto** 1-verticilado, con 3 tépalos, lanceolados o estrechamente ovados, libres o unidos, 1.0-2.0 mm largo; **androceo** con 1 estambre, 1.5-2.5 mm largo, anteras introrsas; **gineceo** con estigmas ca. 0.5 mm largo, oblongo-elípticos, unidos en la base. **Cápsulas** 1.5(-2.0) mm largo, elipsoidales a ovoidales, con costillas prominentes (Fig. 7).

**Discusión.** Especie común en México, se encuentra tanto en la vertiente del Pacífico como del lado del Atlántico, desde el nivel del mar hasta los 1300(-1628) m. Se distingue por presentar raíces sin caliptra, 1 solo estambre y estigmas oblongo-elípticos, unidos en la base.

Por la gran variación morfológica que presenta, se ha dividido en tres subespecies: subsp. *trifaria* que ocurre de México a Sudamérica, África, Madagascar y las islas Mascareñas;

subsp. *pulchella* (Wedd.) C. Cusset & G. Cusset en el norte de África y subsp. *tlatlayana* (Matuda) C. Cusset & G. Cusset en México. Algunos autores no encuentran suficientes diferencias para la subespecie mexicana.

**Distribución.** En América, desde México hasta Sudamérica y en África. En México se conoce de los estados de Chiapas, Colima, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas.

**Ejemplar examinado.** OAXACA. Dto. Cuicatlán: Río Quiotepec, *Conzatti 3914* (MEXU) (Fig. 8).

**Hábitat.** Rocas u otras superficies sólidas como raíces de árboles, expuestas a corrientes de agua, clara y poco profunda. En elevaciones ca. 550 m.

**Fenología.** Floración y fructificación de febrero a mayo (Perrier de la Bathie, 1952).

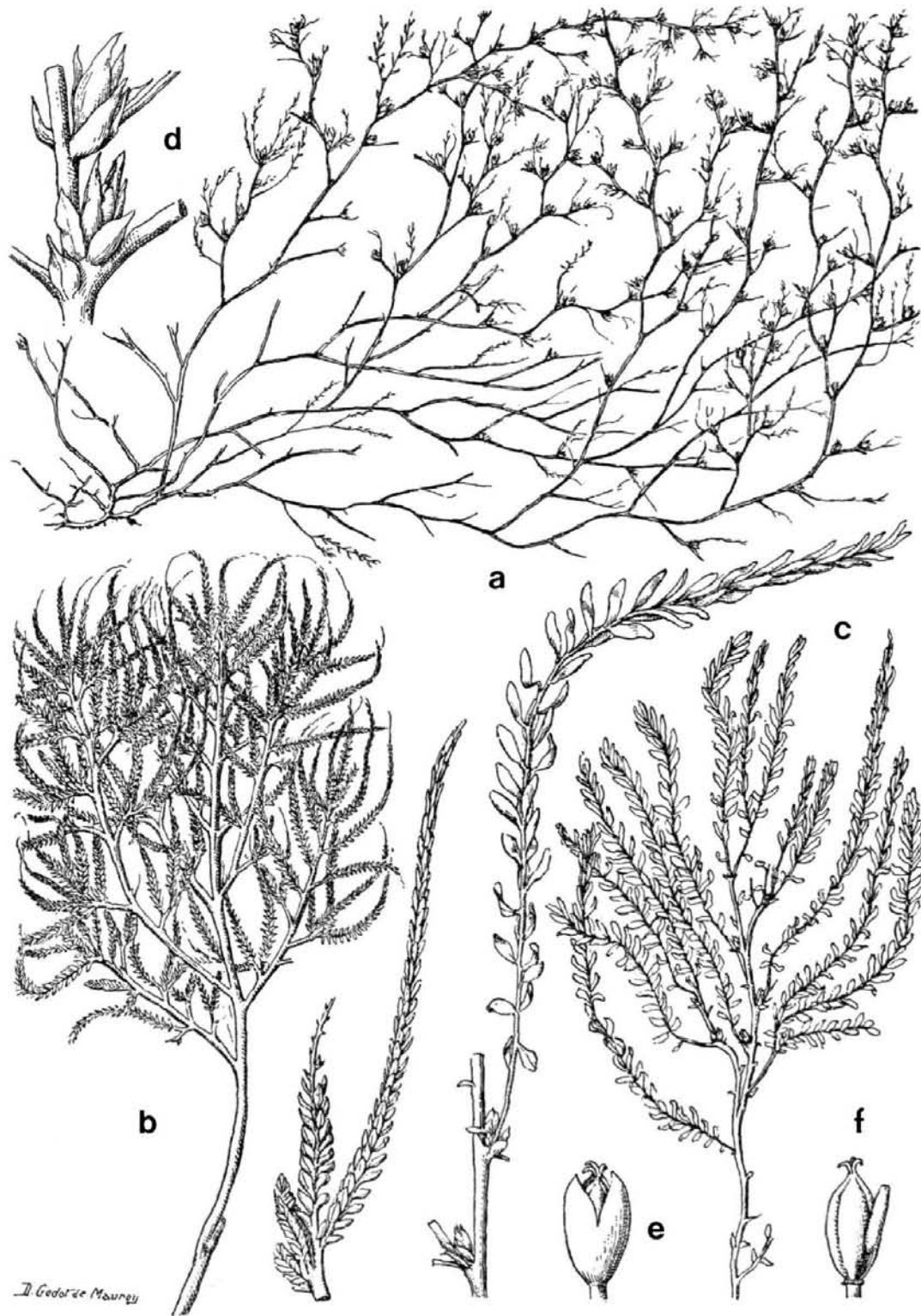


Fig. 7. *Tristicha trifaria*. a. Hábito. b. Rama madura y detalle de hojas. c. Rama joven y detalle de hojas. d. Detalle de rama con flores. e. Flor cubierta por la espata. f. Flor desprovista de la espata mostrando los carpelos y el estambre lateral. Ilustrado por D. Godot de Mauroy, reproducida de Flore de Madagascar et des Comores. Podostémonacées. H. Perrier de la Bathie. Paris. 1952. p. 3.



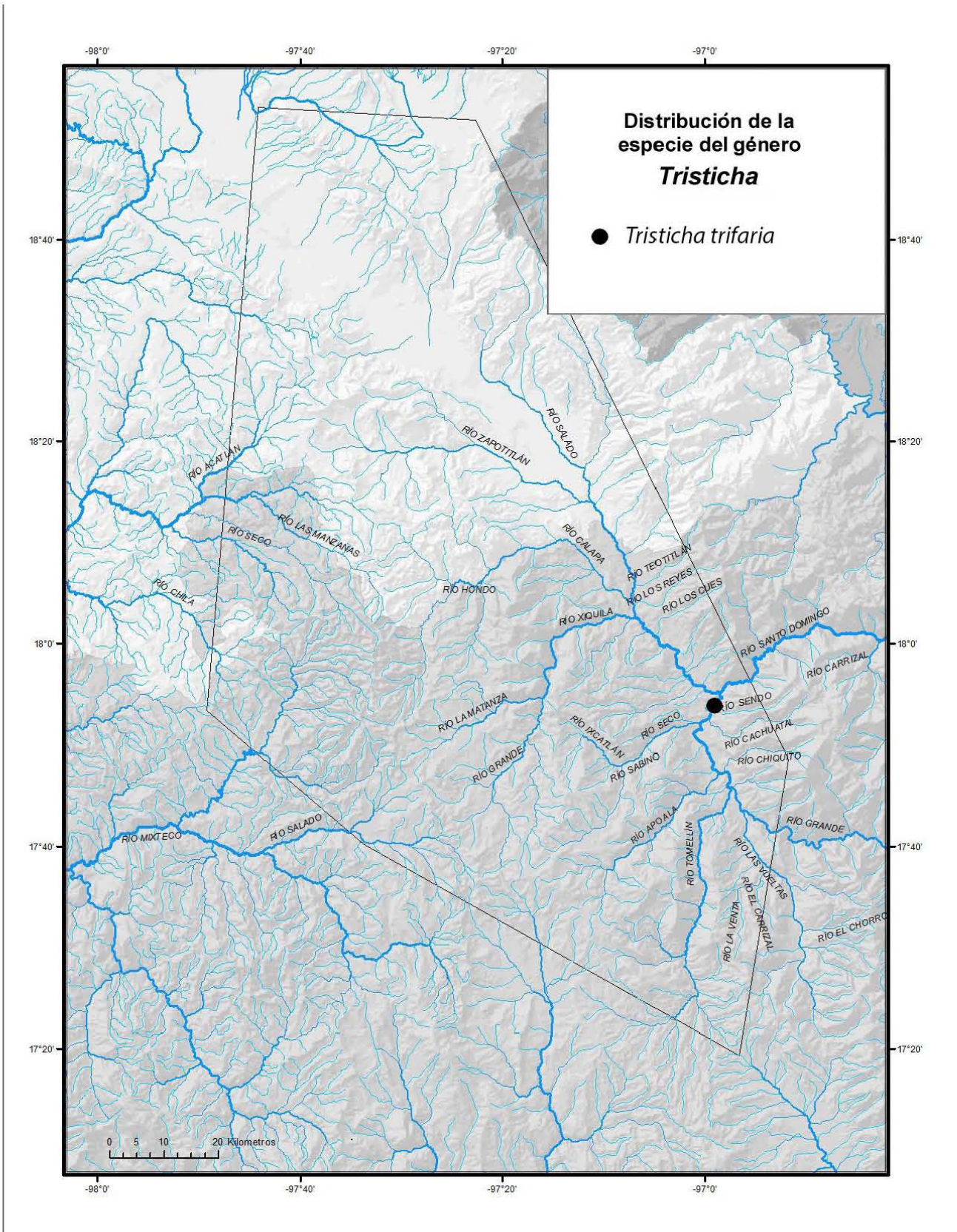


Fig. 8. Mapa de distribución de *Tristicha trifaria*. Elaborado por P. Díaz Maeda.

## HYDROCHARITACEAE Juss.

**Hierbas** acuáticas, enraizadas, sumergidas, emergentes o libres flotadoras, dulceacuícolas o marinas, anuales o perennes, monoicas o dioicas. **Tallos** rizomatosos y estoloníferos, sumergidos, flotantes o rastreros, ramificados o no, escamas pequeñas presentes en los nudos. **Hojas** simples, alternas, opuestas o verticiladas, sumergidas, emergentes o rara vez flotantes, basales o a lo largo del tallo, sésiles o pecioladas, sin estípulas; láminas lineares a orbiculares, base envainante, enteras, dentadas o serradas, 1-nervadas o nervaduras paralelas, rectas o curvas, con tricomas unicelulares, de pared engrosada, que simulan agujones, en margen y/o nervaduras. **Inflorescencias** axilares, racimos, cimosas o flores solitarias, con 2 brácteas subyacentes. **Flores** unisexuales, rara vez bisexuales, actinomorfas, desnudas o no, sésiles o pedunculadas; **perianto** 3(-6)-mero o ausente, segmentos libres, cuando en número de 6, diferenciados en cáliz y corola, cáliz verde, corola blanca o colorida, hipantio presente; las **masculinas** con **androceo** de 2-numerosos estambres, 1-varios verticilos, ocasionalmente estaminodios, filamentos libres o connatos, anteras (1)2-4 loculares, dehiscencia longitudinal; las **femeninas** con **gineceo** de ovario ínfero, 3-20 carpelos, connatos, 1-locular, 1-numerosos óvulos, estilo corto, simple, estigmas 2-4, alargados, papilosos. **Frutos** secos o carnosos, globosos a lineares; **semillas** 1-numerosas, testa lisa o punteada, espinosa o verrugosa, embrión recurvado, endospermo ausente.

**Discusión.** El único género de la familia presente en la región de estudio es *Najas* L., género que anteriormente se consideró parte de una familia independiente: Najadaceae Juss. Sin embargo, de acuerdo con la clasificación APG IV (2016), a través de análisis moleculares, basados en ADN de cloroplasto y los estudios morfológicos, la familia Najadaceae, actualmente, se sitúa en Hydrocharitaceae, dentro de la subfamilia Hydrilloideae y en el orden Alismatales.

La ubicación de la familia Najadaceae en los sistemas de clasificación de plantas ha sido controvertida a lo largo del tiempo. Bentham & Hooker (1883), la ubican dentro de la tribu Naiadeae en la familia Naiadaceae. Hutchinson (1959) la coloca como familia Najadaceae en el orden Najadales, Takhtajan (2009), Cronquist (1981) y Dahlgren (1980), siguen el mismo criterio que él.

Miki en 1937, fue el primero en sugerir que el género *Najas* está relacionado con la familia Hydrocharitaceae. Shaffer-Fehre (1991), a través del estudio anatómico de la estructura de la cubierta de la semilla, concuerda con la propuesta de Miki, además de encontrar que el probable ancestro entre estos taxones es el género *Blyxa* Noronha ex Thouars.

Les *et al.* (1993), ubican a las familias Najadaceae e Hydrocharitaceae, en órdenes diferentes, Najadales, Hydrocharitales o Alismatales. Sin embargo, en el mismo año, realizan el primer proyecto enfocado al estudio de las relaciones evolutivas entre todas las familias existentes del orden Alismatales, analizando ADN, a partir de este trabajo, se encontró que Najadaceae es más cercano a Hydrocharitaceae que a las familias de su orden. Tanaka (1997), propone la primera clasificación con base en un árbol filogenético molecular, realizado con secuencias *rbcL* y *matK*. A pesar de que el género *Najas* tiene características diferentes a la familia Hydrocharitaceae, el árbol combinado de genes que se obtuvo, sugiere que el género debe mantenerse dentro de esta última.

Les *et al.* (2006), a través de análisis combinados de caracteres morfológicos y *cpADN*, corroboran nuevamente, que *Najas* queda inmersa en la familia Hydrocharitaceae.

Actualmente, la familia Hydrocharitaceae Juss., comprende los siguientes géneros: *Appertiella* C. D. K. Cook & Triest, *Blyxa* Noronha ex Thouars, *Egeria* Planch., *Elodea* Michx., *Enhalus* Rich., *Halophila* Thouars, *Hydrilla* Rich., *Hydrocharis* L., *Lagarosiphon* Harv., *Limnobium* Rich., *Najas* L., *Nechamandra* Planch., *Ottelia* Pers., *Stratiotes* L., *Thalassia* Nakai y *Vallisneria* L.

**Diversidad.** Familia con 16 géneros y ca. 100 especies en el mundo, seis géneros y siete especies en México, un género con una especie en el Valle de Tehuacán- Cuicatlán.

**Distribución.** Cosmopolita, principalmente en regiones tropicales y subtropicales.

*NAJAS* L., Sp. Pl. 2: 1015. 1753.

*Fluvialis* Ség., Pl. Veron. 3: 99. 1754.

*Caulinia* Willd., Mém. Acad. Roy. Sci. Hist. 1798: 87. 1801.

*Ittnera* C. C. Gmel., Fl. Bad. 3: 590. 1808.

**Hierbas** de agua dulce o salobre, sumergidas obligadas, glabras, dioicas o monoicas, anuales o perennes. **Tallos** delgados, muy ramificados, enraizando en los nodos proximales, a veces con aguijones en los nudos. **Hojas** alternas, con apariencia de opuestas, pseudoverticiladas, lineares, base envainante, 1-nervadas, ápice agudo o acuminado, margen dentado. **Inflorescencias** axilares, en pequeños racimos o flores solitarias, sésiles o pedunculadas. **Flores** inconspicuas, unisexuales; las **masculinas** cubiertas por involucro membranáceo, hialino, verde o rojizo, **androceo** con 1 estambre, antera sésil, 1-4 locular; las **femeninas** desnudas o cubiertas por una espata o bráctea membranácea, sésiles, **gineceo** con óvulo solitario, basal, estilo terminal, estigmas 2-4, lineares. **Frutos** en aquenios, dehiscentes por el desprendimiento de la pared del ovario; **semillas** fusiformes a obovoides, testa lisa o punteada.

**Discusión.** La revisión del género, realizada por Haynes (1979), sintetiza la historia sobre los especialistas que atendieron este grupo. Braun en 1864, hizo la revisión del género, encontrando diferencias en la forma de la hoja y los dientes del margen para diferenciar entre especies (Lowden, 1986). La presencia o ausencia de septos en las hojas, ha sido útil también para la clasificación del género. La ubicación de *Najas*, dentro de Hydrocharitaceae, se justifica por los caracteres anatómicos de la cubierta de la semilla y por los análisis de las secuencias de ADN (Les *et al.*, 1993).

Ascherson (1864) divide el género *Najas* en dos subgéneros: *Najas* que comprende una sola especie cosmopolita, dioica, robusta, con aguijones y muchos taxones infraespecíficos y *Caulinia* Willd., con ca. 30 especies monoicas, delicadas y poco espinosas, endémicas o distribuidas en los trópicos.

El grupo hermano de *Najas* probablemente está entre *Hydrilla* y *Vallisneria*, o ambos géneros junto con *Nechamandra* (Ito *et al.* 2017).

**Diversidad.** Género con 38 especies en el mundo, tres en México y una en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

**Distribución.** Cosmopolita.

*Najas guadalupensis* (Spreng.) Magnus subsp. *guadalupensis*, Beitr. Kenntn. Najas VIII. 1870. *Caulinia guadalupensis* Spreng., Syst. Veg. 1: 20. 1825 [1824]. *Najas flexilis* (Willd.) Rostk. & W. L. E. Schmidt var. *guadalupensis* (Spreng.) A. Braun, J. Bot. 2: 276. 1864. *Najas microdon* A. Braun var. *guadalupensis* (Spreng.) A. Braun, Sitzungsber. Ges. Naturf. Freunde Berlin 1868: 17. 1868. *Najas punctata* (A. Braun)

Rendle, Trans. Linn. Soc. London, Bot. 5: 407. 1899. *Najas urbaniana* O. C. Schmidt, Repert. Spec. Nov. Regni Veg. 22: 99. 1925. TIPO: ANTILLAS MENORES. Isla Guadalupe, C.L.G. Bertero s.n., s.f. (lectotipo: TO; isolectotipo: M 172215! designado por Haynes, 1985).

*Caulinia flexilis* Willd., Mém. Acad. Roy. Sci. Hist. (Berlin) 1798: 89, pl. 1, f. 19. 1798 [1801]. *Fluvialis flexilis* (Willd.) Pers., Syn. Pl. 2: 530. 1807. *Najas flexilis* (Willd.) Rostk. & Schmidt, Fl. Sedin. 382. 1824. *Najas flexilis* (Willd.) Rostk. & Schmidt var. *fusiformis* Chapm., Fl. South. U.S. 444. 1860. TIPO: ESTADOS UNIDOS. Florida, A.W. Chapman s.n., sep 1867 (lectotipo: NY 00307457! isolectotipo: MO 104300! designado por Lowden, 1986).

**Hierbas** enraizadas, sumergidas, monoicas. **Tallos** muy ramificados, 3.0- 40.0 cm largo, 0.3-0.9 mm ancho, entrenudos sin agujones. **Hojas** 0.8-1.9 cm largo, 0.5-1.3 mm ancho, ápice agudo, margen serrulado, nervadura central sin agujones, vainas más anchas que la lámina de las hojas, redondeadas a truncadas, margen serrulado, denticillos unicelulares, 50-80 por lado. **Flores masculinas** 1-3 por axila, en las hojas superiores, ca. 1.7 mm largo, antera ca. 1.5 mm largo, elíptica; las **femeninas** en grupos de 3 por axila en las hojas inferiores, ca. 1.5 mm largo, estilo 0.5 mm largo, estigma 2-4 lóbulos, cada lóbulo con un agujón apical. **Frutos** ca. 2.0 mm largo; **semillas** 1.2-3.8 mm largo, 0.4-0.8 mm ancho, fusiformes, blanco-amarillentas, 18-60 hileras de aréolas, cuadradas o hexagonales (Fig. 9).

**Discusión.** Se reconocen para esta especie cuatro subespecies: *Najas guadalupensis* (Spreng.) Magnus subsp. *floridana* (R. R. Haynes & Wentz) R. R. Haynes & Hellq., la subsp. *muenscheri* (R. T. Clusen) R. R. Haynes & Hellq., la subsp. *olivacea* (Rosend. & Butters) R. R. Haynes & Hellq. y la variedad típica, que se encuentra en México (Haynes & Hellquist, 1996).

**Distribución.** Desde Canadá hasta Sudamérica, incluyendo las Antillas. En México se conoce de la Ciudad de México y los estados de Baja California, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz.

**Ejemplares examinados.** OAXACA. Dto. Cuicatlán: Río Grande, 5 km de San Juan Bautista Cuicatlán, *L. Ramos 418* (MEXU). Dto. Teposcolula: Llano grande, 1 km al este de San Isidro Lagunas, *García-Mendoza 758* (MEXU), *760* (MEXU); Laguna Yodotinducha, 1 km norte de San Pedro Yucunama, *García-Mendoza 1076* (MEXU) (Fig. 10).

**Hábitat.** Agua dulce, somera a profunda, en ríos, arroyos, lagos y charcos, sumergida y enraizada. En elevaciones de 550-2300 m.

**Fenología.** Floración y fructificación a lo largo del año.





Fig. 9. *Najas guadalupensis* subsp. *guadalupensis*. a. Rama con hojas e inflorescencias. b. Flor femenina. c. Antera madura. d. Fruto. Ilustrado por Elvia Esparza, reproducido de *Plantas acuáticas mexicanas: una contribución a la Flora de México* 1: 237. 2013, con autorización del editor.

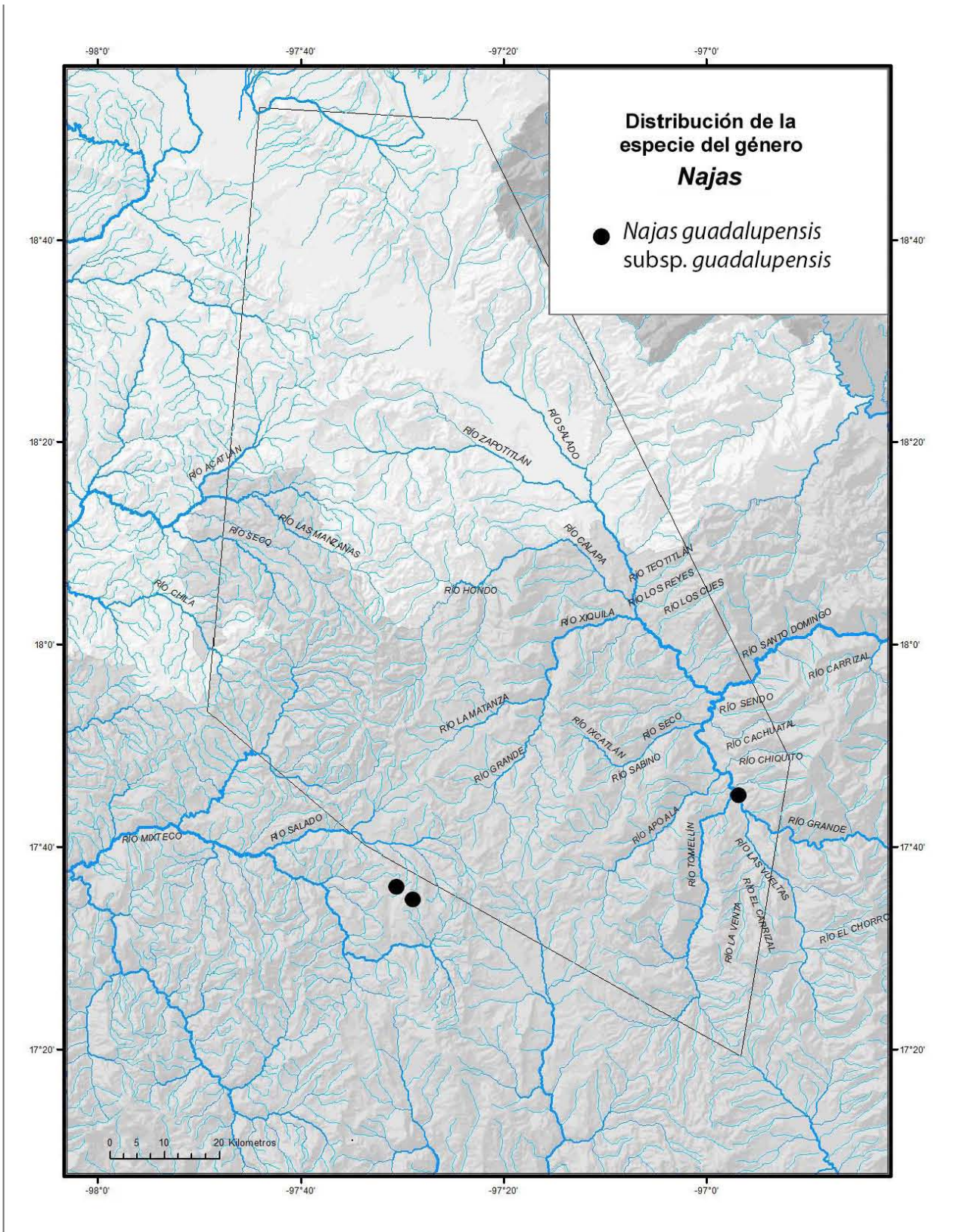


Fig. 10. Mapa de distribución de *Najas guadalupensis* subsp. *guadalupensis*. Elaborado por Pedro Díaz Maeda.

## LEMNACEAE Martinov

**Hierbas** acuáticas, libres flotadoras sobre o debajo de la superficie del agua, dulceacuícolas, monoicas. **Raíces** 1-numerosas o ausentes. **Fron­das** solitarias o coloniales; unidas por estípites, láminas orbiculares a lineares, ápice redondeado o ligeramente agudo en los extremos, margen entero, carnosas o membranáceas, planas o gibosas, verde brillante, con frecuencia rojizas en una o ambas superficies, glabras, nervaduras 1-numerosas o ausentes, generalmente con papilas en la nervadura central. **Inflorescencias** reducidas a 1 o 2 flores, en sacos laterales reproductores o en una cavidad dorsal, con 1 espata o esta ausente. **Flores** actinomorfas, unisexuales, extremadamente reducidas; **perianto** ausente; las **masculinas** 2, generalmente, **androceo** con 1-2 estambres, filamentos filiformes o fusiformes o ausentes, antera 1-2 loculares, dehiscencia longitudinal o transversal; las **femeninas** sólo 1, **gineceo** con ovario súpero, 1-carpelar, 1-locular, 1-7 óvulos, ortótopos, placentación basal, estilo 1, corto, estigma 1, infundibuliforme. **Frutos** en utrículos; **semillas** 1-4, ovoides, lisas o longitudinalmente costilladas, endospermo escaso, carnoso o ausente, embrión formado por un cotiledón relativamente largo, recto.

**Discusión.** APG III y APG IV (2009, 2016), a través de análisis moleculares basados en ADN de cloroplasto, ubican a Lemnaceae como subfamilia Lemnoideae, en la familia Araceae Juss. y en el orden Alismatales. En esta flora se sigue el criterio de Cronquist (1981) es decir, se le trata como familia Lemnaceae, por razones convenientes al hacer la revisión de los grupos de plantas acuáticas en la región.

Cronquist (1981) ubicó a Lemnaceae en el orden Arales junto con la familia Araceae, mencionando que Lemnaceae se relaciona directamente con Araceae a través del género *Pistia* L., una acuática libre flotadora con una espata relativamente pequeña y con pocas flores, la cual podría marcar el camino hacia *Spirodela* Schleid., el género menos reducido de la familia Lemnaceae. Sin embargo, esta relación sólo se basó en similitud morfológica y a través de análisis filogenéticos, no se observa ninguna relación entre ambos géneros.

Takhtajan (2009) reconoce dos subfamilias en Lemnaceae: Lemnoideae y Wolffioideae, siendo la presencia o ausencia de raíces, respectivamente, lo que las distingue. Les *et al.* (2002), coinciden en que la familia Lemnaceae está dividida en dos subfamilias, Lemnoideae y Wolffioideae. Les *et al.* (2002), mencionan que la subfamilia Lemnoideae, está conformada por el género *Lemna* L., que se divide en cuatro secciones, cada una con características morfológicas bien definidas: *Lemna* (8 spp.), *Alatae* (2 spp.), *Biformes* (1 sp.) y *Uninerves* (3 spp.) y los géneros *Landoltia* Les & D.J. Crawford (1 sp.) y *Spirodela* Schleid. (2 spp.). Por otro lado, la subfamilia Wolffioideae comprende dos géneros: *Wolffia* Horkel ex Schleid. con cuatro secciones: *Wolffia* (7 spp.), *Australiana* (1 sp.), *Pigmentatae* (2 spp.) y *Pseudorrhizae* (1 sp.); *Wolffiella* Hegeml. con tres secciones: *Wolffiella* (7 spp.), *Rotundae* (1 spp.) y *Stipitatae* (2 spp.).

La subfamilia Wolffioideae representa un clado monofilético, mientras que la subfamilia Lemnoideae resulta parafilética. Se ha sugerido que para resolver esta situación, los géneros *Landoltia* Les & D.J. Crawford y *Spirodela*, se jerarquicen a nivel de subfamilia; este arreglo es resultado de diversos análisis filogenéticos, utilizando datos morfológicos, anatómicos, alozimas, así como secuencias de ADN (genes de cloroplasto).

Por décadas, ha sido difícil establecer las relaciones de la familia Lemnaceae con otros grupos, por su tamaño diminuto y la gran reducción de los órganos. Cabrera *et al.* (2008), con base en análisis moleculares y apoyados en estudios palinológicos, encontraron que

Lemnaceae Martinov es el grupo hermano de Araceae Juss., e indican que, si Lemnaceae se reconoce como independiente, entonces Araceae resulta parafilética.

Stevens (2001) divide a la familia Araceae, en ocho subfamilias, una de ellas Lemnoideae con cinco géneros y 37 especies.

Les *et al.* (2002), a través de análisis morfológicos y moleculares, concuerdan con la inclusión de Lemnaceae en Araceae; sin embargo, mencionan que aún no se sabe cuál es el taxa más relacionado cercanamente a este clado. El registro fósil también ha sido importante, aunque es escaso, se asigna al género fósil *Limnobiophyllum*, como el eslabón entre las familias Lemnaceae y Araceae.

Lemnaceae tiene un papel ecológico muy importante, a pesar del pequeño tamaño. Por un lado, presentan un rápido crecimiento que, sin el debido control, puede volverse una plaga, afectando el mantenimiento de poblaciones de organismos acuáticos, al disminuir el intercambio gaseoso e impedir el suministro de oxígeno al ecosistema. Sin embargo, con un manejo adecuado, pueden ser aprovechables para diferentes actividades. Destacan la producción de alimento con altos contenidos proteicos, para animales como ganado, aves, pescados, entre otros (Cross, 2015). Son fuente importante de alimento para peces y se usan como ornamentales en lagos o acuarios. La dispersión es por agua o a través de animales. Puede ocurrir polinización cruzada, a través de insectos que entran directamente en contacto con las flores (Landolt, 1986).

Su papel en el tratamiento de aguas negras o cuerpos de agua contaminados es relevante, ya que estas plantas tienen la capacidad de absorción y retención de metales pesados, así como la remoción de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, sodio y magnesio (Zetina-Córdoba, 2010). También es relevante el papel que juegan en la regulación de ecosistemas acuáticos al proporcionar condiciones favorables de hábitat para otros organismos y se ha encontrado que impiden el desarrollo de las larvas de mosquitos (Ancona, 1930).

Bravo (1930), hace la primera revisión de la familia para México, en particular de la zona del Valle de México.

**Diversidad.** Familia con cinco géneros y 38 especies en el mundo, cuatro géneros y 15 especies en México, un género y una especie en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

**Distribución.** Cosmopolita, excepto regiones ártica, antártica y desérticas.

**Nombre vulgar.** “Lentejas de agua”.

**LEMNA** L., Sp. Pl. 2: 970. 1753.

*Lemna* Raf., Amer. Monthly Mag. & Crit. Rev. 2: 43. 1817. *illeg. hom. post.*

**Hierbas** libres flotadoras, sobre o debajo de la superficie del agua, hasta 5.0 mm alto. **Raíz** 1 por fronda, vaina tubular o a veces alada en la base. **Fronteras** solitarias o en colonias, planas o gibosas, lanceoladas, elípticas a obovadas, margen entero o denticulado, membranáceas, verdes, escama dorsal y ventral ausente, 1-5 nervaduras. **Flores** en sacos laterales, 2 flores masculinas, 1 flor femenina, rodeadas por una espata; **masculinas** con 2 estambres, filamentos delgados, anteras globosas, 2-loculares; **femeninas** con ovario 1-7 óvulos. **Frutos** ovoides a ampliamente ovoides, con o sin alas; **semillas** costilladas longitudinalmente.

**Discusión.** El género *Lemna*, comparado con los otros géneros de la subfamilia, es el que presenta individuos de mayor dimensión. A pesar de que muchos autores han considerado a *Lemna* y *Spirodela* Schleid. en uno solo, Landolt (1986) menciona que estos géneros pueden distinguirse por caracteres morfológicos y bioquímicos. En el primero, se presenta



una raíz por fronda, con 1-5 nervaduras, mientras que el segundo presenta de 2-21 raíces por fronda y 5-16 nervaduras. No debe confundirse con los géneros *Wolffia* Horkel ex Schleid. y *Wolffiella* Hegelm., ya que éstos no presentan raíces ni nervaduras.

Les *et al.* (2002), plantean que los análisis de datos moleculares combinados con morfológicos, colocan al género en un clado monofilético.

**Diversidad.** Género con 13 especies en el mundo, siete en México, una en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

**Distribución.** Cosmopolita, excepto regiones árticas y antárticas.

*Lemna minuta* Kunth, Nov. Gen. Sp. (4a. ed.) 1: 372. 1815[1816]. *Lemna minima* Thuill. ex P. Beauv., J. Phys. Chim. Hist. Nat. Arts 82. 1816. *Lemna minima* Chev., Fl. Gén. Env. Paris 2: 256. 1827. *Lemna minima* Humb. & Kunth ex Kunth, Enum. Pl. 3: 5. 1841, *nom. inval.* *Lemna minima* Phil., Linnaea 33: 239. 1864, *nom. inval.* *Lemna minima* Phil. ex Hegelm. Bot. Jahrb. Syst. 21: 298. 1895, *nom. illeg. hom.* *Lemna abbreviata* Hegelm., Bot. Jahrb. Syst. 21: 298. 1895. *Lemna minuscula* Herter, Rev. Sudam. Bot. 9: 185. 1954, *nom. illeg. superfl.* TIPO: CHILE. Santiago, R.A. *Philippi* 730, may 1857 (neotipo: S SR9222! designado por Reveal, 1990).

**Hierbas** libres flotadoras sobre la superficie del agua. **Fronδας** solitarias o colonias pequeñas de 2-4 frondas, 1.2-2.3 mm largo, 0.6-1.4 mm ancho, elípticas a oblongas, base simétrica, sin alas, 1 nervadura central, marcada por una hilera de papilas esponjosas en el envés, verde-amarillentas, rara vez florecen y fructifican. **Flores** rodeadas por una espata; **masculinas** no vistas; **femeninas** con un óvulo, estilo corto, ápice papilado. **Frutos** ovoides, ligeramente comprimidos; **semilla** 1 (Fig. 11).

**Discusión.** Es una de las especies de menor tamaño, con las frondas más pequeñas. Frecuentemente es confundida con las especies *L. valdiviana* Phil. y *L. obscura* (Austin) Daubs; sin embargo, *L. minuta*, se diferencia por la base simétrica de las frondas y la hilera de papilas en la nervadura central del envés.

**Distribución.** Estados Unidos a Sudamérica, incluyendo Antillas. Introducida en Europa y Asia. En México se tienen registros de la Ciudad de México y los estados de Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, México, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí y Sonora.

**Ejemplar examinado.** OAXACA. Dto. Teposcolula: camino de Teposcolula a San Vicente Nuño, Arroyo Palenque, *Lorence et al.* 3398 (MEXU) (Fig. 12).

**Hábitat.** Ambiente dulceacuícola tranquilo, de ligero movimiento, en un arroyo. En elevaciones ca. 2200 m.

**Nombres vulgares.** “Chichicastle”, “lentejilla”.

**Fenología.** Floración y fructificación a lo largo del año, aunque mayormente se multiplican vegetativamente.

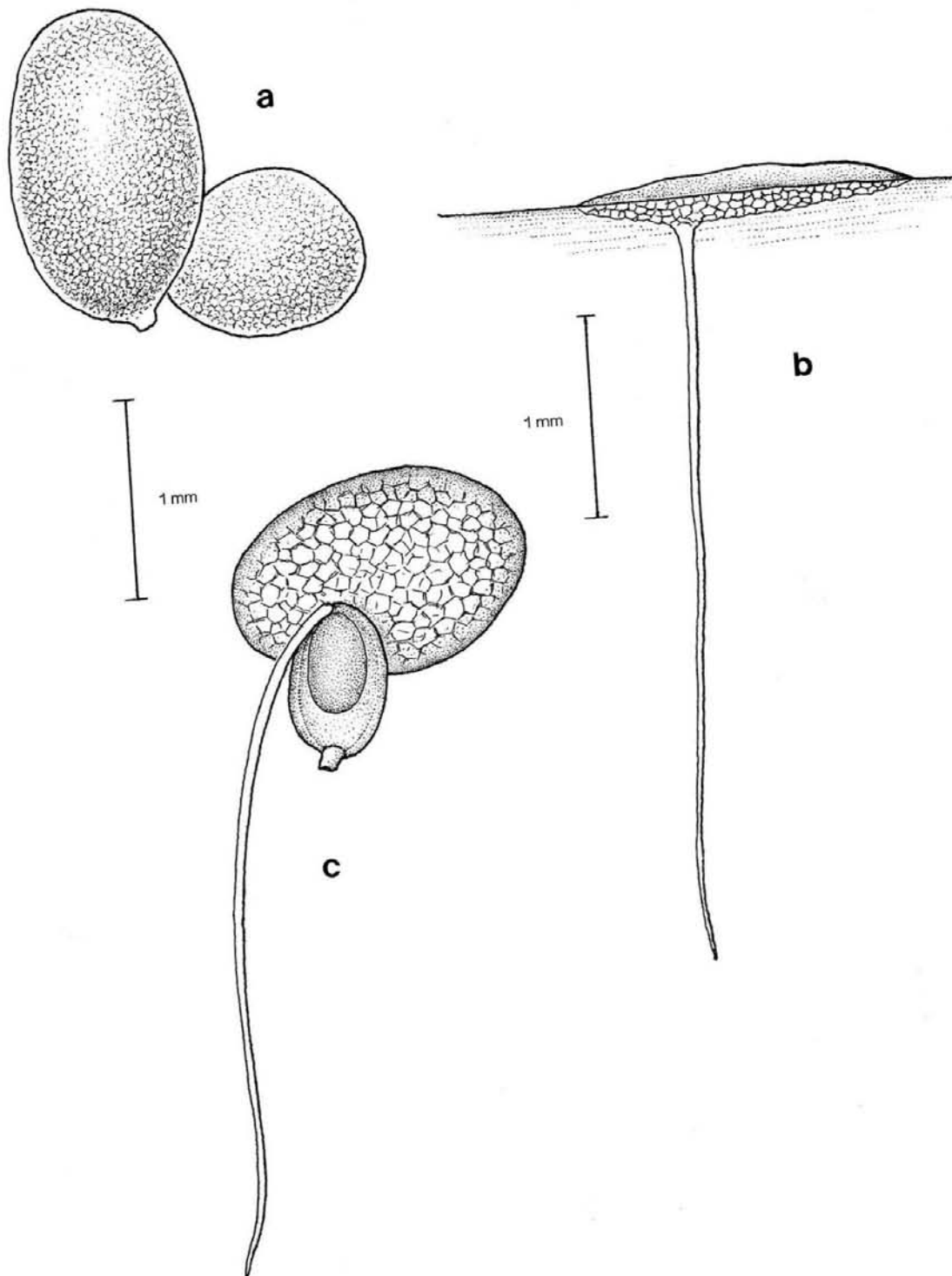


Fig. 11. *Lemna minuta*. a. Frondas vistas por la parte superior. b. Fronda en vista lateral, mostrando la raíz. c. Fronda vista por la parte inferior mostrando la inflorescencia, en el interior detalle de fruto inmaduro. a. y b. Ilustrado por Elvia Esparza, reproducido de Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la Ciudad de México y sus alrededores p. 32. 2004, con autorización del editor; c. ilustrado por Albino Luna.

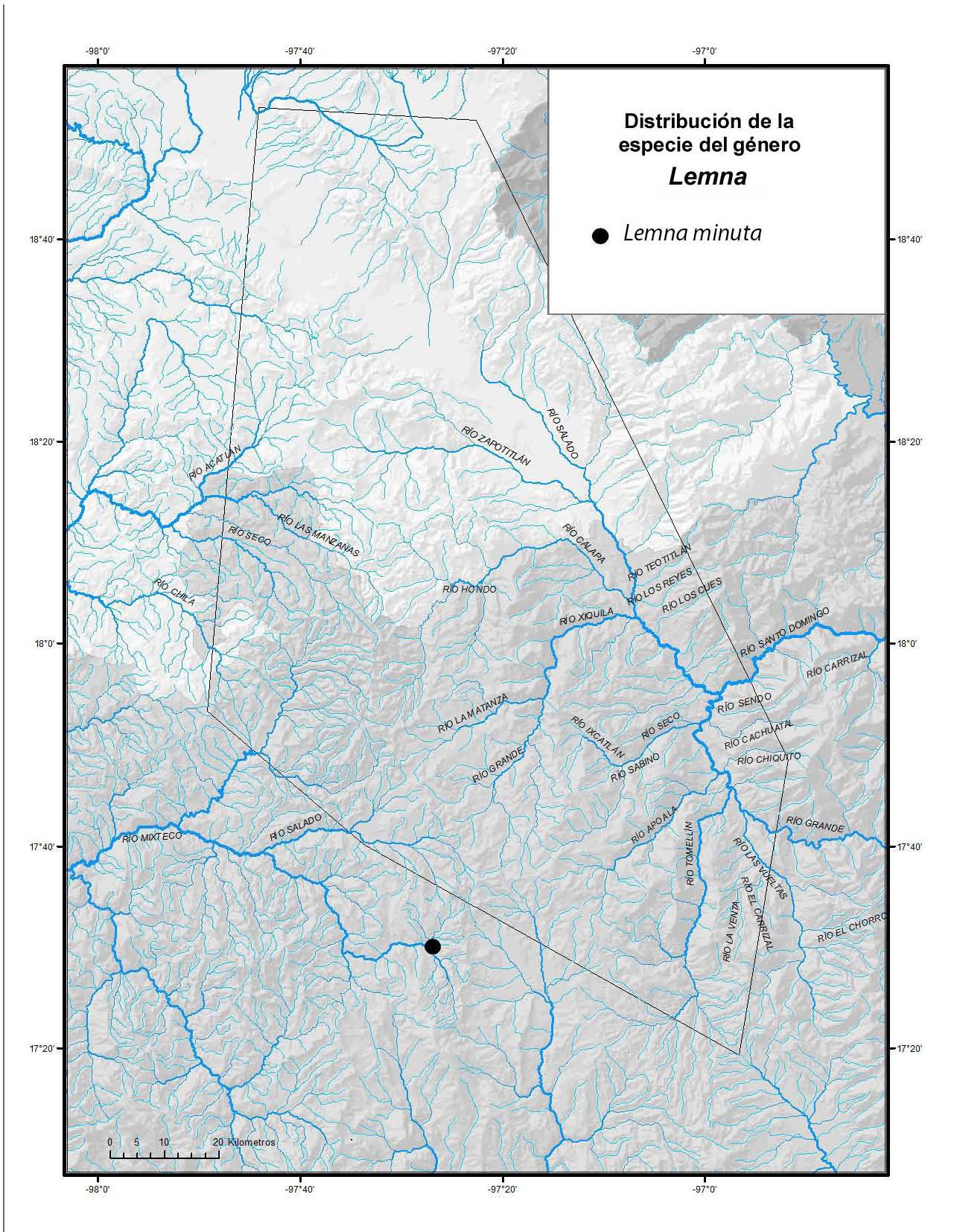


Fig. 12. Mapa de distribución de *Lemna minuta*. Elaborado por Pedro Díaz Maeda.

## PONTERIACEAE Kunth

**Hierbas** acuáticas, enraizadas, sumergidas, emergentes o libres flotadoras, anuales o perennes. **Raíces** adventicias, ramificadas. **Tallos** dimorfos, los vegetativos sumergidos o emergentes, con muchas hojas, glabros, rizomatosos o estoloníferos, los asociados a la inflorescencia terminal, emergentes, con 1 sola bráctea o espata. **Hojas** simples, alternas o verticiladas, sumergidas o emergentes, estípulas generalmente presentes; las **sumergidas** o basales pecíolo ausente, láminas lineares, con base envainante, membranáceas, las **emergentes** diferenciadas en lámina y pecíolo, pecíolo ocasionalmente inflado, láminas lineares, obovadas, ovadas o ensiformes, base atenuada, cuneada, truncada, sagitada o cordata, ápice agudo a obtuso, a veces acuminado, margen entero, nervaduras paralelas, frecuentemente curvadas hacia la base. **Inflorescencias** terminales, en racimos, panículas, espiciformes o umbelas, flores pareadas o en grupos pequeños a lo largo del pedúnculo o solitarias; pediceladas o sésiles, pedicelo grueso o delgado, piloso o glabro; 2 espatas, subyacentes, la inferior similar a la lámina de hojas estériles, la superior infundibuliforme o lanceolada, entrenudos entre las espatas, corto o largo; pedicelos cortos o ausentes. **Flores** bisexuales, actinomorfas o zigomorfas, algunas cleistógamas, generalmente coloreadas; **perianto** hipocrateriforme o infundibuliforme, petaloide, 6-lobulado, lóbulos desiguales, el superior interno de mayor tamaño, con máculas, externamente pubescente, persistente en fruto; **androceo** generalmente con 6 estambres, dimorfos, adnatos al tubo del perianto a diferente nivel, generalmente lineares, ocasionalmente coloridos, pubescentes o glabros, anteras 2-loculares, introrsas, basifijas o versátiles, dehiscencia longitudinal o poricida; nectarios septales generalmente presentes; **gineceo** con ovario súpero, 3-carpelar, carpelos libres o fusionados, 1-3-loculares (2 lóculos abortivos), placentación parietal u ocasionalmente axial, estilo heterostílico u homostílico, delgado o clavado, ocasionalmente colorido, pubescente o glabro, estigma terminal o ligeramente lateral, 3-6 lobulado o dentado. **Frutos** en cápsulas loculicidas, con numerosas semillas o utrículos 1-seminados; **semillas** lisas o costilladas longitudinalmente.

**Discusión.** Schwartz, en 1930, divide a Pontederiaceae en tres tribus: a) Eichhornieae: *Eichhornia* Kunth, b) Heteranthereae: *Heteranthera* J. Agardh, *Monochoria* C. Presl, *Zostera* Small, *Hydrothrix* Hook. f., *Scholleropsis* H. Perrier y *Eurystemon* Alexander y c) Pontederieae: *Pontederia* L. (Simpson & Burton, 2006). Cronquist (1981), la ubica en el orden Liliales. Sin embargo, Cook (1996) mantiene la misma clasificación de las tribus de Schwartz, mencionando que el género *Monochoria* debe estar en la tribu Eichhornieae y no en Heteranthereae, por las características morfológicas, además de incluir a la familia en el orden Commelinales.

Eckenwalder & Barrett (1986), la describen como una pequeña familia, compuesta por seis géneros, exclusivamente palustre y principalmente nativa de los trópicos del Nuevo Mundo. Los géneros tienen distribución específica, *Pontederia* e *Hydrothrix* son exclusivas del Nuevo Mundo, *Monochoria* y *Scholleropsis* en el Viejo Mundo, *Eichhornia* y *Heteranthera* en los neotrópicos. Algunas especies americanas se han introducido al trópico del Viejo Mundo, por su uso ornamental.

La tristilia es una condición que se presenta en esta familia de monocotiledóneas, en los géneros *Eichhornia* y *Pontederia*. Dicha condición se cree que sólo evolucionó una vez en la familia. Ésta se ha observado en otras familias, como Oxalidaceae R. Br. y Lythraceae J. St. Hil. (Judd *et al.*, 2002 y Zomlefer, 1994). Además de la tristilia, otras dos condiciones más se dan en este grupo, el polimorfismo floral en *Heteranthera* y *Monochoria* y la



homostilia en los otros cuatro géneros (Kohn *et al.* 1996). Morfológicamente se respaldan dos grupos monofiléticos, *Eichhornia* Kunth y *Pontederia* L., por el hábito perenne, el eje de la inflorescencia, las flores zigomorfas y trísticas (Judd *et al.*, 2002).

Simpson & Burton (2006), a través de análisis filogenéticos, destacan la relación de Pontederiaceae Kunth, con las familias Commelinaceae Mirb., Haemodoraceae R. Br. y Philydraceae Link. Con base en diversos estudios morfológicos se corrobora la relación con Haemodoraceae y Philydraceae. También se ha sugerido que comparte un ancestro común con la familia Haemodoraceae, por características similares en la exina del polen y nectarios septales, siendo éste un carácter ancestral para las monocotiledóneas. Takhtajan (2009), sigue la misma clasificación que Cook (1996), en cuanto a las tribus y orden; también relaciona a la familia con Philydraceae y Haemodoraceae.

Ness *et al.* (2011), utilizan cinco familias de genes nucleares y un conjunto de datos de cloroplasto, previamente publicados, para reconstruir la filogenia de la familia Pontederiaceae, concluyendo que los estudios filogenéticos en los que se usan sólo plastidios apoyan fuertemente la parafilia de *Eichhornia* y, a la vez, demuestran resultados tan confiables y congruentes como los inferidos a partir de los genes nucleares, además ayudan a definir el clado de *E. meyeri* A. G. Schulz. como el grupo hermano del resto de la familia. Además de ser una de las primeras familias estudiadas a nivel molecular, también cuenta con una historia de vida muy diversa, destacando diferentes estrategias reproductivas, desde taxa altamente clonales y de larga vida, que habitan cuerpos de agua permanentes, hasta especies exclusivamente anuales, que ocurren en cuerpos de agua efímeros, zanjas o campos de arroz.

APG III y IV (2009, 2016), ubican a la familia Pontederiaceae en el orden Commelinales, junto con cuatro familias: Hanguanaceae Airy Shaw, Commelinaceae, Philydraceae y Haemodoraceae.

Pellegrini (2017), menciona que a pesar de que la familia Pontederiaceae ha sido una de las primeras familias de plantas con flor en la que se realizaron estudios con base en datos morfológicos y moleculares, se ha encontrado que algunos de los géneros no son monofiléticos. En su propuesta, la familia Pontederiaceae queda integrada por dos géneros monofiléticos. Por un lado, *Pontederia* s.l. en el que quedan inmersos los géneros *Eichhornia*, *Monochoria* C. Presl y *Pontederia*, que presentan inflorescencias tipo tirso, con más de un cincino, seis estambres y nectarios septales. Por otra parte, *Heteranthera* s.l. con el género *Heteranthera* Ruiz & Pav. con tirso reducido a un cincino solitario, a veces reducido a 1 o 2 flores, 1 a 3 estambres y sin nectarios septales; se descarta la clasificación de Horn (1987) en la que reconoce 23 géneros.

Olvera & Lot (2013), reconocen para México la presencia de tres géneros: *Heteranthera*, *Pontederia* y *Eichhornia*, bajo el criterio de Pellegrini (2017), esta familia queda representada en nuestro país sólo por los dos primeros géneros, criterio que se sigue en este trabajo.

**Diversidad.** Familia con dos géneros y ca. 33 especies en el mundo (Stevens, 2001), dos géneros y 15 especies en México, un género y una especie en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

**Distribución.** Pantropical.

**HETERANTHERA** Ruiz. & Pav., Fl. Peruv. Prodr. 9: 1794.

*Schollera* Schreb., Gen. Pl. 785. 1791.

*Heterandra* P. Beauv., Trans. Amer. Philos. Soc. 4: 175. 1799.

*Leptanthus* Michx., Fl. Bor.-Amer. 1: 24. 1803.

*Lunania* Raf., Med. Fl. 2: 106. 1830, *nom. hom.*

*Triexastima* Raf., Fl. Tellur. 4: 121. 1836.

*Hydrothrix* Hook. f., Ann. Bot. (Oxford) 1: 89. 1887.

*Hookerina* Kuntze, Revis. Gen. Pl. 2: 718. 1891.

*Phrynium* Loefl. ex Kuntze, Revis. Gen. Pl. 3(3): 318. 1898.

*Zosterella* Small, Fl. Lancaster Co. 68. 1913.

*Scholleropsis* H. Perrier, Notul. Syst. Paris. 5: 158. 1936.

*Eurystemon* Alexander, N. Amer. Fl. 19: 55. 1937.

**Hierbas** sumergidas o emergentes, anuales o perennes. **Tallos** sumergidos, postrados sobre el agua, flotantes o erectos, rizomatosos o estoloníferos. **Hojas** sumergidas, flotantes o emergentes; estípulas persistentes, largas, membranáceas; las **sumergidas** sésiles, con láminas lineares y membranáceas, las **emergentes** pecioladas, pecíolos septados, nunca inflados y láminas lanceoladas, reniformes, ovadas, base truncada a cordata. **Inflorescencias** espiciformes o 1-7 flores; pedúnculos delgados, ápice obtuso a agudo, generalmente pubescentes, entrenudo entre espatas presente; espata inferior con lámina de igual tamaño y forma a la de las hojas estériles; espata superior infundibuliforme. **Flores** sésiles, homostilas, actinomorfas o zigomorfas; **perianto** blanco o coloreado, lóbulos externos más angostos que los internos, margen entero, externamente glandular-pilosos; **androceo** con 3 estambres, desiguales, 2 laterales más cortos que el medio o el medio más corto que los laterales, pubescentes o glabros, coloreados, anteras heteromorfas, la central mayor que las 2 laterales, sagitadas, coloreadas, basifijas; nectarios septales ausentes; **gineceo** con ovario 1-locular, óvulos numerosos, estilo filiforme, a veces coloreado, generalmente glandular-pubescente, estigma capitado o 3-lobulado. **Cápsulas** alargadas, marcadamente pedunculadas, generalmente maduran debajo del agua; **semillas** numerosas, cilíndricas a elipsoidales, obtusas en los extremos.

**Discusión.** En *Heteranthera*, al igual que en los géneros *Eichhornia* Kunth y *Pontederia* L., se ha observado que hay dos tipos de hojas, las juveniles que son lineares y sésiles y las adultas que son pecioladas. Esta característica, que se presenta en otras plantas acuáticas, es una convergencia evolutiva que les permite desarrollarse en un ambiente sumergido (Horn, 1988). Diversas especies de *Heteranthera*, presentan tres adaptaciones a los ambientes acuáticos: a) hojas sésiles en número variable, que les permiten establecerse en un ambiente sumergido; b) hojas pecioladas, morfológicamente plásticas, que permiten la transición de un ambiente sumergido a uno emergente; c) alargamiento del tallo, que permite el desarrollo de la planta en la superficie del agua (Horn, 1988).

Eckenwalder & Barret (1986), sugieren que *Monochoria* C. Presl es el grupo hermano de *Heteranthera*, por las diferentes características compartidas y estudios realizados.

**Diversidad.** Género con 11 especies en el mundo, nueve en México, una en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

**Distribución.** Regiones tropicales y templadas de América y África. Algunas especies introducidas a Europa.

***Heteranthera reniformis*** Ruiz & Pav., Fl. Peruv. 1: 43, pl. 71, f.a. 1798. *Schollera reniformis* (Ruiz & Pav.) Kuntze, Revis. Gen. Pl. 1: 719. 1891. *Phrynium reniforme* (Ruiz & Pav.) Kuntze, Revis. Gen. Pl. 3: 318. 1898. TIPO: PERÚ. Provincia de Cercado, H. Ruiz L. & J.A. Pavón 12/49, s.f. (holotipo: MA 810479!).

*Heterandra reniformis* P. Beauv., Trans. Amer. Philos. Soc. 4: 175. 1799. *Leptanthus reniformis* (P. Beauv.) Michx., Fl. Bor.-Amer. 1: 25. 1803. TIPO: ESTADOS UNIDOS. Sin localidad específica, A.M.F. Palisot de Beauvois, s.n., s.f. (lectotipo: G 00168078! isolectotipo: CAS 00123623!).

*Heteranthera acuta* Vahl, Enum. Pl. 2: 42. 1837. *nom. illeg. hom. Phrynium reniforme* (Ruiz & Pav.) Kuntze var. *acuta* (Vahl) Kuntze, Revis. Gen. Pl. 3: 318. 1898 (tipo no localizado). *Heteranthera acuta* Willd., Ges. Naturf. Freun de Berlin Neue Schriften 3: 438. 1801. *Phrynium reniforme* (Ruiz & Pav.) Kuntze var. *acutum* (Willd.) Kuntze, Revis. Gen. Pl. 3(3): 318. 1898. TIPO: ESTADOS UNIDOS. Pensylvania, W. Mühlenberg s.n., s.f. (holotipo: probablemente B 01034-10!).

*Leptanthus virginicus* Pers., Syn. Pl. 1: 56. 1805. *Heteranthera virginica* (Pers.) Steud., Nomencl. Bot. (ed. 2) 2: 29. 1841, *nom. inval.*

*Leptanthus peruvianus* Pers., Syn. Pl. 1: 56. 1805, *nom. inval.*

**Hierbas** anuales o perennes. **Tallos** alargados, postrados, erectos o flotantes, ramificados. **Hojas** alternas, emergentes o flotantes, pecíolos 3.8-10.5 cm largo, no inflados; láminas emergentes, 1.3-3.0 cm largo, 1.5-3.4 cm ancho, reniformes, base cordata, ápice obtuso. **Inflorescencias** espiciformes, con 3-5 flores solitarias, alternas a lo largo del eje de la inflorescencia; pedúnculos 1.0-1.5 cm largo, glabros; entrenudo entre espatas ca. 0.5 cm largo; lámina de la espata inferior ca. 2.8 cm largo, ca. 3.2 cm ancho, semejante en forma y tamaño a la lámina de las hojas estériles; la espata superior ca. 2.0 cm largo, abierta a todo lo largo o a partir de la mitad, ápice mucronulato. **Flores** zigomorfas, hasta 1.0 cm largo; **perianto** blanco, tubo 0.5-1.0 cm largo, externamente glabro; lóbulos 3.0-7.0 mm largo, externos e internos, desiguales, dispuestos en arreglo 5+1; **androceo** con 1 estambre central, 2 estambres laterales, el filamento central 1.8-2.2 mm largo, linear, escasamente pubescente, antera 2.2-4.5 mm largo, los filamentos laterales 0.9-2.2 mm largo, mechón de tricomas en la inserción con la antera, anteras 0.5-0.8 mm largo, anchamente elipsoidales, base sagitada, amarillas; **gineceo** 1-locular o 3-locular, por intrusión de la placenta, generalmente con estilo pubescente, estigma ligeramente lateral. **Cápsulas** 0.8-1.0 cm largo, oblongo elipsoidales con los extremos truncados; **semillas** 5.0-9.0 mm largo, con 10-11 costillas, con estrías transversales, finas y numerosas (Fig. 13).

**Discusión.** Especie que puede distinguirse de las demás, por presentar inflorescencias con 4 o más flores y el perianto blanco. Las hojas maduras son tan anchas como largas y cordado-reniformes, las inmaduras generalmente orbiculares y ligeramente apiculadas.

**Distribución.** De Estados Unidos a Sudamérica, incluyendo las Antillas. En México se conoce de los estados de Chiapas, Coahuila, Colima, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco y Veracruz.

**Ejemplares examinados. OAXACA. Dto. Cuicatlán:** San Juan Bautista Cuicatlán, *Conzatti 644* (MEXU); El Puente, Santiago Quiotepec, *Izazola-Rodríguez et al. 213* (MEXU); El Sabino, Santiago Quiotepec, *Izazola-Rodríguez et al. 234* (MEXU) (Fig. 14).

**Hábitat.** Orilla de ríos, lagunas, canales y ciénaga. En elevaciones de 500- 600 m.

**Fenología.** Floración de mayo a julio. Fructificación julio a septiembre.

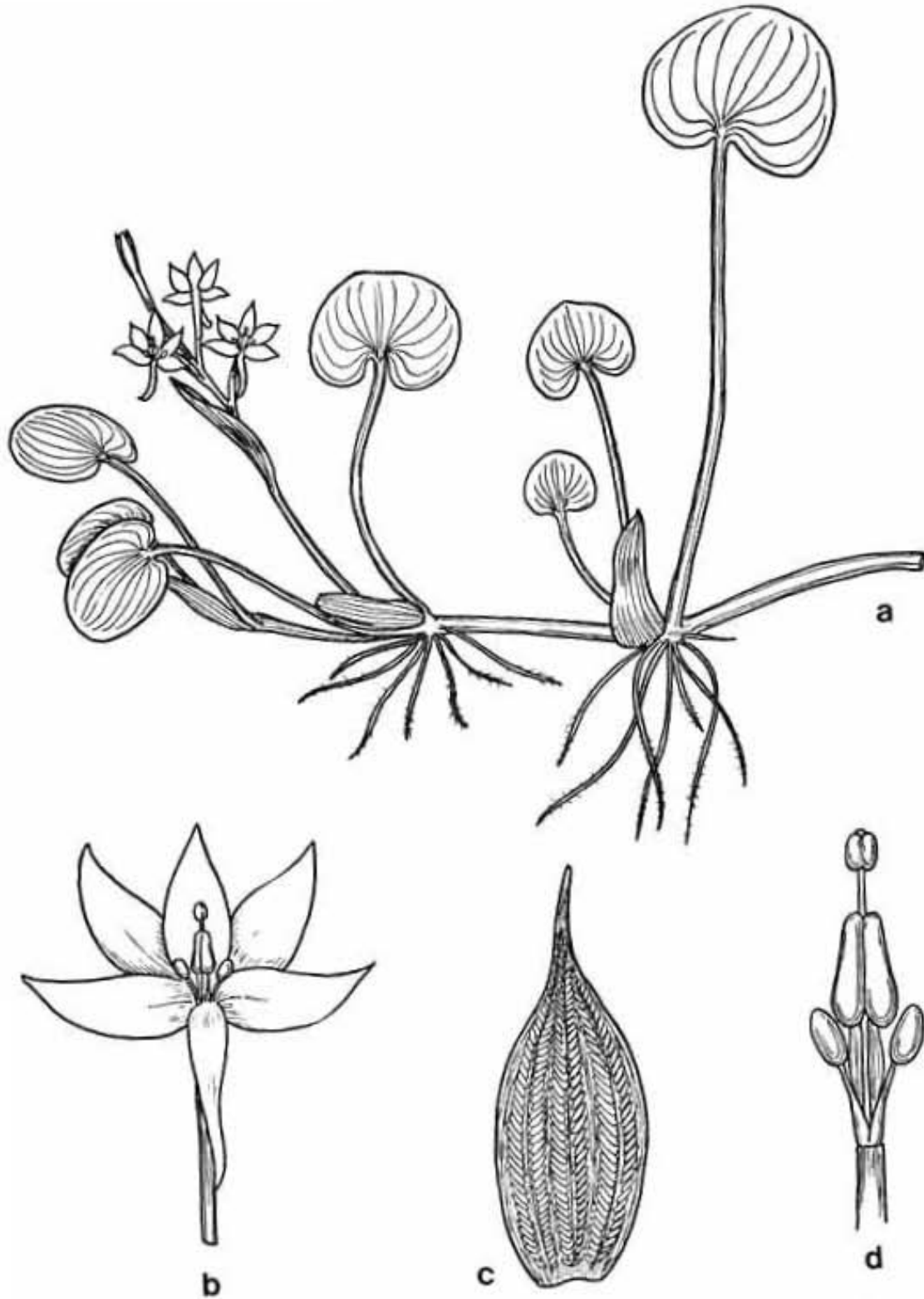


Fig. 13. *Heteranthera reniformis*. a. Hábito x 3/4. b. Flor x 3. c. Fruto x 4 1/2. d. Flor, mostrando estambres y estilo, x 6. Reproducido de P.C. Standley & J.A. Steyermark. 1946-1977. Flora of Guatemala. *Fieldiana Bot.* 24(3): 49, fig. 12.



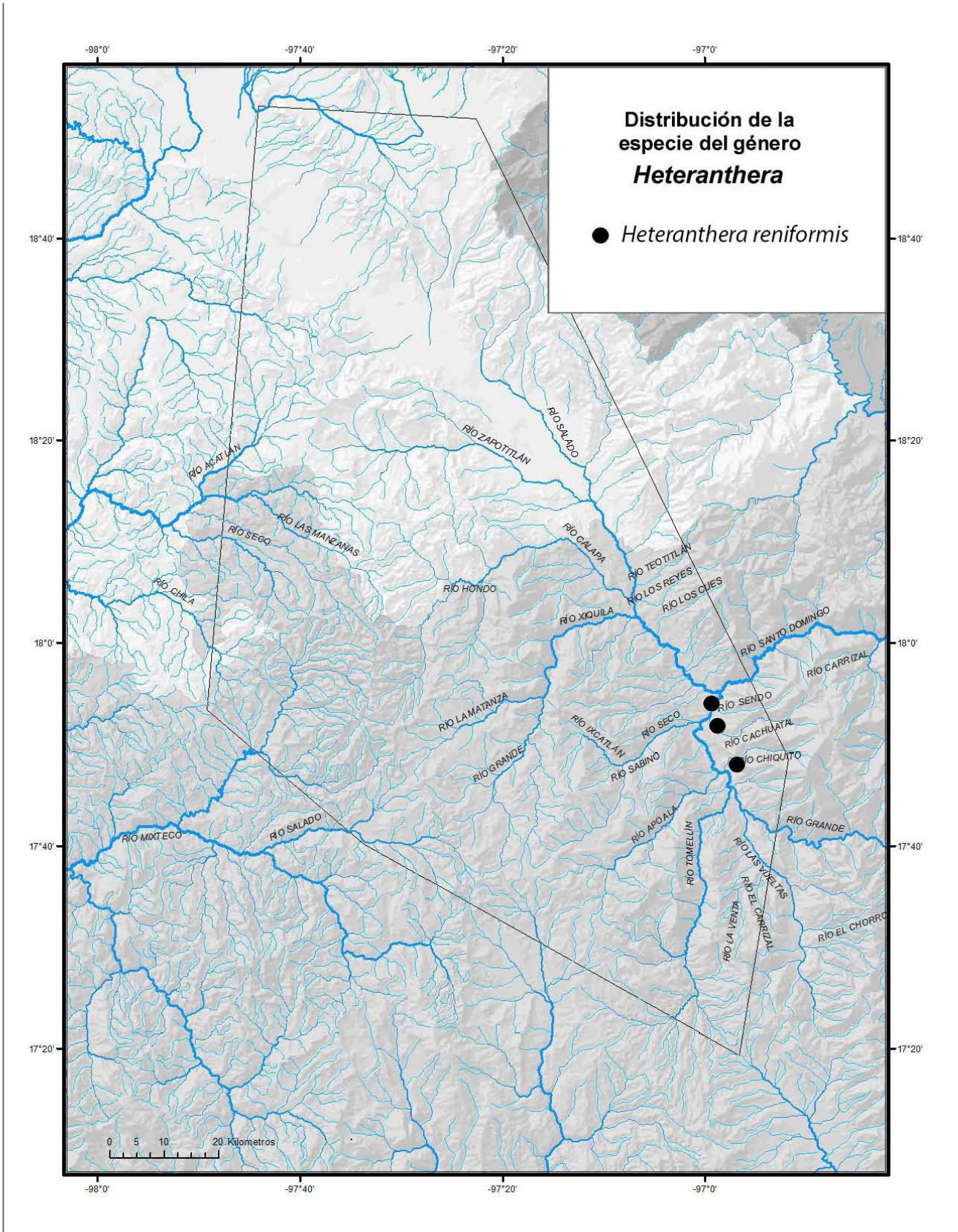


Figura 14. Mapa de distribución de *Heteranthera reniformis*. Elaborado por Pedro Díaz Maeda.

## POTAMOGETONACEAE Bercht. & J. Presl

**Hierbas** acuáticas enraizadas, sumergidas, perennes o anuales, de agua dulce, alcalina o salobre. **Tallos** dimorfos o monomorfos, los inferiores rizomatosos, con raíces fibrosas, no septadas en los nudos, los superiores erectos, foliáceos, teretes o ligeramente comprimidos lateralmente, entrenudos no espinulosos, glándulas en los nudos presentes o ausentes, frecuentemente con hibernáculos en las puntas (turiones). **Hojas** simples, alternas o ligeramente opuestas, generalmente flotantes y sumergidas; estípulas presentes o ausentes, si presentes libres o adnatas a la base de hojas sumergidas, y entonces con una lígula variable en tamaño; sésiles o pecioladas; láminas iguales o desiguales, las **sumergidas** lineares, lanceoladas a ampliamente ovadas, margen entero a serrulado, raro crispado, traslúcidas, membranáceas, 1-multinervadas, las **flotantes** ovadas, elípticas a lanceoladas u ovadas, base envainante, ápice agudo, truncado, redondeado o mucronato, margen entero, coriáceas, con 35 nervaduras. **Inflorescencias** terminales y/o axilares, en espigas pedunculadas, erectas, emergiendo o flotando sobre la superficie del agua o sumergidas (*Zannichellia* L.), verticilos de flores 1-20, compactos o moniliformes, con 2-4 flores por verticilo. **Flores** bisexuales o unisexuales, sésiles; **perianto** ausente o 1-seriado, con 4 tépalos, libres, redondeados, escasamente unguiculados, verdosos o pardos; **androceo** con (1-2-4 estambres, filamentos adnatos al perianto o ausentes, 2 tecas, 2-loculares; **gineceo** con ovario 1-9 carpelar, 1-ocular, ginóforo presente o ausente, óvulo 1, estilo corto y persistente, terminal o ligeramente lateral o estigma sésil, capitado, peltado. **Frutos** en forma de aquenios o drupas (*Potamogeton* L. y *Stuckenia* Börner), dorsalmente redondeados, oblongos, asimétricos, encorvados, crestados o dorsalmente verrugosos, lisos o carinados, endocarpio endurecido, generalmente maduran debajo de la superficie del agua; **semilla** 1, embrión recto o curvo, endospermo ausente.

**Discusión.** Generalmente, las plantas acuáticas muestran reducción morfológica y variación intraespecífica muy alta, lo que repercute en un problema para poder clasificarlas, eso conlleva a tener poca claridad taxonómica (Volkova *et al.*, 2017). En el caso de la familia Potamogetonaceae, otros factores como la alta plasticidad fenotípica, hibridación, poliploidía y aneuploidía, han influido también para la delimitación de géneros y especies (Lopes *et al.*, 2012).

La delimitación de la familia Potamogetonaceae, de acuerdo con Cronquist (1981) y Dahlgren (1989), consta de un solo género y reconocen a la familia Zannichelliaceae Chevall., con cuatro géneros, a ambas familias las incluyen en el orden Najadales. Cook (1996), reconoce a la familia Zannichelliaceae con cuatro géneros, en Potamogetonaceae reconoce tres géneros: *Potamogeton*, *Groenlandia* J. Gay y *Ruppia* L. como parte de la familia. Sin embargo, la inclusión de este último género, hace a la familia polifilética (Judd *et al.* 2002).

De acuerdo con Flora Novo Galiciana (Haynes, 1983), miembros de otras familias, como Zosteraceae Dumort., Cymodoceaceae Vines y Zannichelliaceae, se han combinado con otros integrantes de la familia Potamogetonaceae en una familia única. Sin embargo, por características morfológicas como la presencia de flores bisexuales, brácteas tipo espata y formación de turiones en algunos casos, se mantiene separada. Existen diversas hipótesis sobre la posición de las familias Potamogetonaceae y Zannichelliaceae, en la subclase Alismatidae, orden Alismatales. Lindqvist *et al.* (2006), realizaron estudios filogenéticos moleculares, basados en secuencias *rbcL*, encontrando que la familia Potamogetonaceae se ubica dentro de la subclase Alismatidae, junto con los miembros de Zannichelliaceae,

teniendo como clado hermano a Zosteraceae Dumort. y no a Ruppiaceae Horan, o a algún otro miembro del orden Najadales.

En APG II (2003), se hace la inclusión de la familia Zannichelliaceae Chevall., en Potamogetonaceae Bercht. & J. Presl, estudios moleculares basados en secuencias *rbcL* lo respaldan, al obtener que la familia, junto con el género *Zannichellia* L., forman un grupo monofilético. Caracteres morfológicos, como la envoltura que rodea a la inflorescencia en *Zannichellia*, lo diferencia de los otros géneros de la familia (Lindqvist *et al.*, 2006).

APG IV (2016) mantiene a Zannichelliaceae inmersa en Potamogetonaceae dentro del orden Alismatales, junto con otras 13 familias: Alismataceae Vent., Hydrocharitaceae Juss., Juncaginaceae Rich., Zosteraceae, Ruppiaceae y Cymodoceaceae Vines, entre otras.

Aquí se sigue la clasificación de APG IV (2016), donde el género *Zannichellia*, se incluye en la familia Potamogetonaceae.

**Diversidad.** Familia con cuatro géneros y 102 especies en el mundo, tres géneros y 12 especies en México tres géneros y tres especies en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

**Distribución.** Cosmopolita.

#### CLAVE PARA LOS GÉNEROS

1. Estípulas presentes.
  2. Estípulas adnatas a la base de las hojas, en menos de 1/2 de su longitud; inflorescencia con una espiga interrumpida. 2. *Stuckenia*
  2. Estípulas adnatas a la base de las hojas, en más de 2/3 de su longitud; inflorescencia con una espiga continua. 1. *Potamogeton*
1. Estípulas ausentes o sin formar una vaina. 3. *Zannichellia*

#### 1. *POTAMOGETON* L., Sp. Pl. 1: 126. 1753.

*Potamogeton* Walter, Fl. Carol. 10, 90. 1788, *nom. hom.*

**Hierbas** perennes o anuales. **Tallos** ramificados, teretes o ligeramente comprimidos, glándulas en los nudos, presentes o ausentes, hibernáculos o turiones presentes. **Hojas** sumergidas o algunas sumergidas y otras flotantes, generalmente alternas; estípulas tubulares, envainando el tallo e inflorescencias jóvenes, libres o adnatas a la base de las hojas, en más de 2/3 de su longitud, persistentes o deciduas; láminas **sumergidas** sésiles o pecioladas, lineares hasta orbiculares, base cuneada a perfoliada, ápice agudo a obtuso, margen entero o serrado, translúcidas, membranáceas, 1-35 nervaduras, las **flotantes** generalmente pecioladas, lanceoladas a elípticas, base cuneada, obtusa a casi cordata, ápice agudo a obtuso, margen entero, coriáceas, 1-51 nervaduras. **Inflorescencias** postradas sobre la superficie del agua, o erectas, emergiendo del agua, espigas capitadas o teretes, compactas, con 1-20 verticilos de flores, cada verticilo con 2-4 flores o panículas de espigas; pedúnculo rígido. **Flores** con **perianto** de tépalos libres, redondeados y corto unguiculados; **androceo** con estambres adnatos a la base de los tépalos, anteras extrorsas; **gineceo** con 4 carpelos, sésiles, estigma papiloso. **Drupas** dorsalmente redondeadas o con una prominente costilla, ligeramente comprimidos, lateral y dorsalmente lisos.

**Discusión.** El género *Potamogeton*, habita en una gran variedad de ambientes acuáticos. Es importante como refugio y fuente de alimento, aunque también puede llegar a ser una planta nociva, por invasión en zanjas y canales, algunas especies se utilizan como ornamento (Cook, 1996).

Lindqvist *et al.* (2006), reportan al género como estabilizador de sustrato, para remover partículas del agua o como indicador de la calidad del agua. La plasticidad fenotípica es la principal fuente de variación morfológica dentro del género, ocasionando problemas para su identificación y muchas veces, ocasiona que los fenotipos sean indistinguibles morfológicamente, si no se cuenta con frutos u hojas sumergidas bien conservadas (Kaplan 2002, 2005).

Wang *et al.* (2007), dividieron al género en dos subgéneros: *Potamogeton* L. y *Coleogeton* (Rchb.) Les & R. R. Haynes, con base, principalmente, en morfología, anatomía y citología. Sin embargo, análisis moleculares de cloroplasto, sugieren que el subgénero *Coleogeton* debe elevarse a categoría de género bajo el nombre de *Stuckenia* Börner. Tradicionalmente, también se ha separado en dos grupos morfológicos, los que presentan hojas anchas y los de hojas lineares, análisis moleculares corroboran dicha división (Lopes *et al.*, 2012).

**Diversidad.** Género ca. 95 especies en el mundo, nueve en México, una en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

**Distribución.** Cosmopolita, en aguas dulces o salobres.

*Potamogeton nodosus* Poir., *Encycl.*, Suppl. 4(2): 535. 1816. TIPO: ESPAÑA. Islas Canarias, *P.M.A. Broussonet s.n.*, s.f. (lectotipo: P 00083340! designado por Haynes & Holm-Nielsen, 2003).

*Potamogeton americanus* Cham & Schltld., *Linnaea* 2(2): 226. 1827. TIPO: ESTADOS UNIDOS. Sin localidad específica, *J. E. Leconte s.n.*, 1797 (lectotipo: P: 00738651! designado por Haynes & Holm-Nielsen, 2003).

*Potamogeton americanus* Cham & Schltld. var. *novaeboracensis* (Morong) A. Benn., *J. Bot.* 31: 297: 1893. *Potamogeton fluitans* Roth var. *novaeboracensis* (Morong) Graebn., *Pflanzenr.* 11: 62. 1907. *Potamogeton lonchites* Tuck., *Amer. J. Sci. Arts*, ser. 2, 6: 226. 1848. *Potamogeton lonchites* Tuck. var. *novaeboracensis* Morong, *Mem. Torrey Bot. Club* 3(2): 20. 1983. *Spirillus lonchites* (Tuck.) Nieuwl., *Amer. Midl. Naturalist.* 3:16. 1913. TIPO: ESTADOS UNIDOS. Nueva York, *E. Tuckerman s.n.*, s.f. (lectotipo: NY 00120649! isolectotipo: AC, designado por Haynes & Holm-Nielsen, 2003).

*Potamogeton mexicanus* A. Benn., *J. Bot.* 25: 289. 1887. TIPO: MÉXICO, Valle de México, *A. Schmitz 1457*, s.f. (lectotipo: BM 001191017! isolectotipo: P00622904! designado por Haynes & Holm-Nielsen, 2003).

*Potamogeton natans* L. var. *mexicana* M. Martens & Galeotti, *Bull. Acad. Roy. Sci. Bruxelles* 10(1): 121. 1843. TIPO: MÉXICO. Veracruz, Riveiere de l'Antigua, *H.G. Galeotti 5600*, jun 1840 (isolectotipo: P 00622903! designado por Haynes & Holm-Nielsen, 2003).

*Potamogeton occidentalis* Sieber ex. Cham. & Schltld., *Linnaea* 2: 224. 1827. TIPO: ANTILLAS MENORES. Martinica, *F.W. Sieber 275*, s.f. (lectotipo: LE 00009133! isolectotipos: P 00622902! LE 00009132! HAL 0063363! GOET 009683! MPU 019859! designado por Haynes & Holm-Nielsen, 2003).

*Potamogeton rotundatus* Hagstr., *Kongl. Svenska Vetensk. Acad. Handl.*, n.s. 55(5): 153. 1916. TIPO: MÉXICO. Chihuahua: Guerrero, *C.G. Pringle 1390*, 8 sep 1887 (lectotipo: LD 1574905A! isolectotipo: G 00099988! designado por Haynes & Holm-Nielsen, 2003).



**Hierbas** acuáticas, enraizadas. **Tallos** erectos, teretes o ligeramente comprimidos, mayores 1.0 m largo. **Hojas** inferiores alternas, las superiores ligeramente opuestas; estípulas 3.0-9.0 cm largo, libres en la base de las hojas, en hojas sumergidas delicadas y deciduas, 9.0-20.0 cm largo, 1.0-3.5 cm ancho, lineares, ápice atenuado, en las hojas flotantes persistentes, 3.0-4.5 cm largo, lineares, membranosas; **hojas sumergidas** con láminas 10.0-19.0 cm largo, 0.5-2.0 cm ancho, lineares a lanceoladas, base atenuada, ápice agudo, margen entero o crispado, translúcidas, membranáceas, verde oscuro, 3-15 nervadas, las lineares sésiles, las lanceoladas con pecíolo hasta 13.0 cm largo; **hojas flotantes** con pecíolos 5.0-21.0 cm largo; láminas 3.0-9.5 cm largo, 1.0-4.0 cm ancho, estrechamente elípticas a obovadas, base cuneada a obtusa, ápice obtuso a ligeramente agudo, 8-15 nervaduras. **Inflorescencias** erectas, espigas 2.0-12 cm largo, teretes, compactas, pedúnculos 3.0-20.0 cm largo, 9-15 verticilos florales. **Flores** con **perianto** de segmentos hasta 1.2 mm largo, 1.7-2.0 mm ancho, orbiculares o elípticos, corto unguiculados; **androceo** con anteras 0.8-1.2 mm largo, oblongas. **Drupas** 1.7-3.5 mm largo, 1.0-2.5 mm ancho, obovadas, rojizas o pardas, quilla abaxial bien desarrollada, las laterales muricadas (Fig. 15).

**Discusión.** Es la única especie del género que presenta hojas amplias, sumergidas, aunque también se reconoce por presentar hojas flotantes muy abundantes, ápice obtuso a ligeramente agudo y pecíolos largos. En estado estéril, puede confundirse con *Potamogeton illinoensis* Morong o *P. natans* L.; se puede diferenciar de *P. illinoensis*, porque *P. nodosus* Poir., presenta, tanto en hojas sumergidas como en flotantes, una nervadura media prominente y nervaduras paralelas medias con nervaduras transversales. De *P. natans* se distingue porque esta última tiene la base de las hojas flotantes cordada, semicordada a obtusa, en contraste con la base de las hojas flotantes de *P. nodosus* donde son cuneadas a redondeadas.

**Distribución.** América, incluyendo las Antillas, Asia y Europa. En México se conoce de Aguascalientes, Baja California, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Colima, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas.

**Ejemplares examinados.** Oaxaca. Dto. Teposcolula: 1 km norte de San Pedro Yucunama, laguna Yodotinducha, *García-Mendoza 1074* (MEXU); Llano Grande, 1 km al este de San Isidro Lagunas, *García-Mendoza 758* (MEXU); Yocoñoluchi, San Andrés Lagunas, *Izazola-Rodríguez et al. 247* (MEXU), *248* (MEXU), *251* (MEXU), *252* (MEXU); arroyo cerca de Guadalupe Tixá, *Izazola-Rodríguez et al. 284* (MEXU) (Fig. 18).

**Hábitat.** Arroyos, lagos y zonas pantanosas, de aguas dulces o salinas tranquilas, permanentes o temporales. En elevaciones de 2276-2300 m.

**Fenología.** Floración de agosto a noviembre. Fructificación de agosto a diciembre.

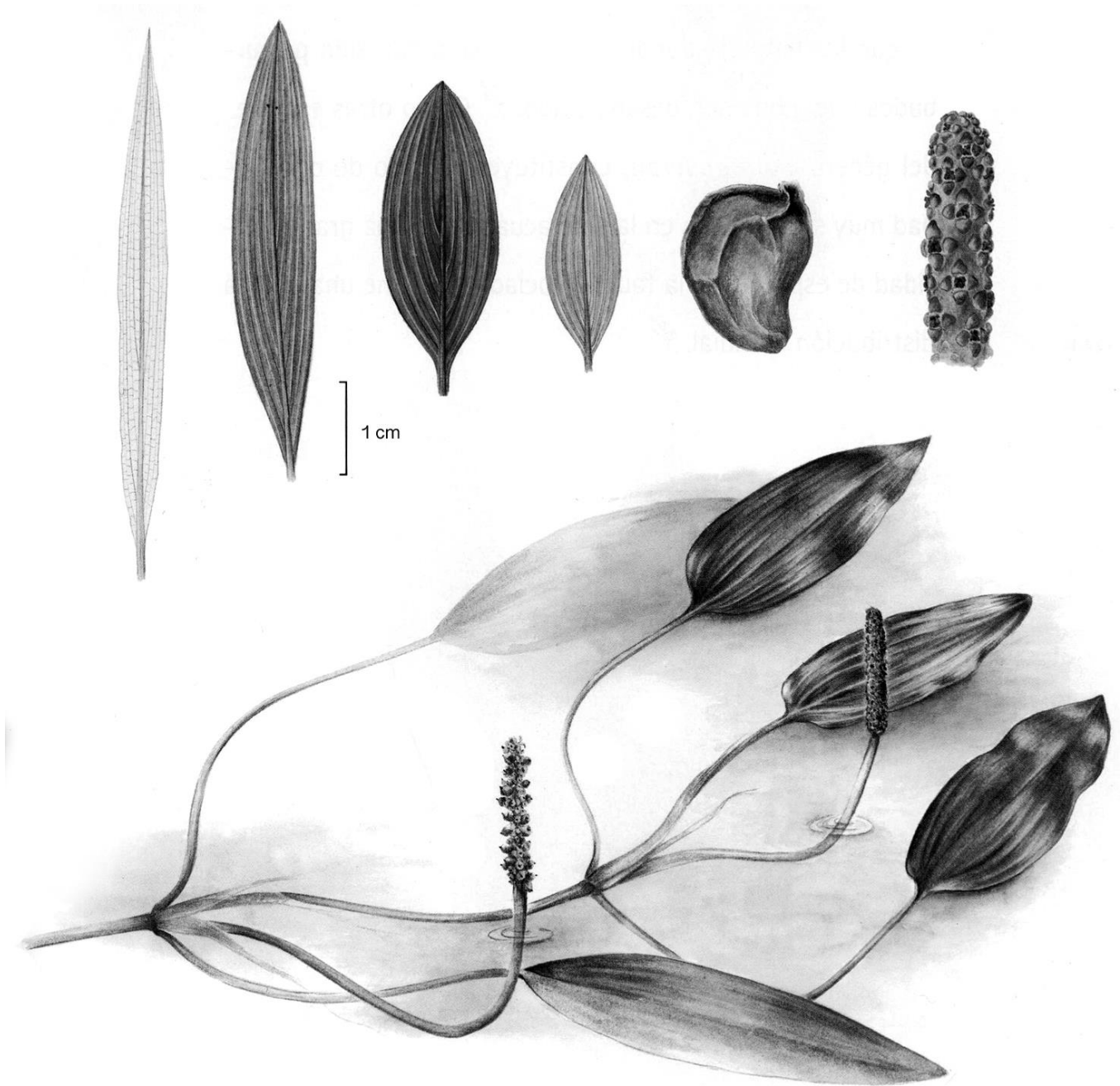


Fig. 15. *Potamogeton nodosus*. a. Hábito. b. Hojas vistas por el envés, variación de sumergidas y flotantes. c. Porción de la inflorescencia. d. Aquenio. Ilustrado por Elvia Esparza, reproducido de *Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la Ciudad de México y sus alrededores*. 2004. p. 143 con autorización del editor.

2. **STUCKENIA** Börner, Abh. Naturwiss. Vereins Bremen 21: 258. 1912.

*Coleogeton* (Rchb.) Dostál, Sezn. Čevn. Rostl. Květ. Českosl. 309. 1982, *nom. inval.*

*Potamogeton* [unranked] *Coleogeton* Rchb., Icon. Fl. Germ. Helv. 7: 10. 1845.

**Hierbas** perennes o anuales bajo condiciones desfavorables. **Tallos** ramificados, teretes, sin glándulas en los nudos, hibernáculos o turiones ausentes. **Hojas** sumergidas, alternas; estípulas tubulares, envainando a tallos e inflorescencias jóvenes, adnatas a la base de las hojas en menos de la 1/2 de su longitud; hojas sésiles; láminas lineares o filiformes, ápice acuminado a redondeado o apiculado, margen entero, opacas, acanaladas, 1-5 nervaduras. **Inflorescencias** flotando sobre la superficie del agua, espigas interrumpidas, capitadas o teretes, 1-20 verticilos de flores, cada uno con 2-4 flores, pedúnculo flexible. **Flores** con **perianto** 1-seriado; **androceo** con anteras extrorsas; **gineceo** con **ovario** 4-carpelar, carpelos sésiles, estilo con estigma papiloso, papilas alargadas. **Drupas** esferoidales u obovadas y ligeramente comprimidas, lateral y dorsalmente lisas.

**Diversidad.** Género con nueve especies en el mundo, una en México y una en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

**Discusión.** El género *Stuckenia*, se caracteriza por la presencia de estípulas largas, un pedúnculo y por la anatomía característica de la hoja. Taxonómicamente, ha tenido diversos cambios, se consideraba dentro del género *Potamogeton* L., en la tribu Pectinati, posteriormente, se consideró dentro del mismo género, pero en el subgénero *Coleogeton* (Rchb.) Les & R. R. Haynes. Wang *et al.* (2007), a través de análisis moleculares de cloroplasto, así como por diferencias morfológicas y cariológicas, además de formar un grupo monofilético, sugirieron que dicho subgénero debe elevarse a categoría de género y quedar bajo el nombre de *Stuckenia*.

Asimismo, Kaplan (2008), con análisis moleculares, indica que *Potamogeton* representa dos linajes separados, *Potamogeton* s.s. y *Stuckenia*. Debido a la amplia variación morfológica presente dentro de las especies, se han identificado caracteres morfológicos que son importantes para la diferenciación entre éstas; destacan la estructura de las estípulas de las hojas, el tamaño del fruto y en menor medida, la forma del ápice de la hoja.

**Distribución.** Cosmopolita.

*Stuckenia pectinata* (L.) Börner, Fl. Deut. Volk 713. 1912. *Potamogeton pectinatus* L., Sp. Pl. 1: 127. 1753. *Spirillus pectiniformis* (L.) Nieuwl., Amer. Midl. Naturalist 3: 18. 1913. *Coleogeton pectinatus* (L.) Les & R. R. Haynes, Novon 6(4): 390. 1996. TIPO: AUSTRIA. sin localidad específica, *O. Celsius* 29, s.f. (lectotipo: UPS, designado por Haynes, 1985).

**Hierbas** perennes. **Tallos** mayores 1.0 m largo, ligeramente comprimidos, muy ramificados hacia la parte distal. **Hojas** con estípulas 0.9-1.5 cm largo, adnatas a la base de las hojas, ápice obtuso o redondo, ocasionalmente agudo a acuminado, membranáceas; láminas 3.5-8.0 cm largo, 1.0-4.0 mm ancho, lineares o filiformes, ápice acuminado, 1-3 nervadas, generalmente verde oscuro, a veces verde brillante, menos frecuente pardo oscuro. **Inflorescencias** erectas o postradas sobre la superficie del agua; espigas 1.2-2.0 cm largo, teretes, moniliformes, con 3-5 verticilos de flores, cada uno con 4 flores; pedúnculos 2.3-10.0 cm largo, erectos, teretes. **Flores** con **perianto** de tépalos 7.0-8.0 mm largo, 1.1-1.2 mm ancho, ovales a reniformes; **androceo** con estambres ca. 1.0 mm largo, filamentos 0.7 mm largo; **gineceo** con ovario obovado, estilo lateral, corto. **Drupas** ca. 3.5 mm largo,

2.3-2.5 mm ancho, obovadas, comprimidas lateralmente a esferoidales, con una cresta dorsal, lisas, pardas (Fig. 16).

**Discusión.** Kaplan (2008), menciona que la especie tiene amplia distribución, ya que ocurre en todos los continentes a excepción de la Antártida, además de presentar tolerancia a las aguas salobres. También es una de las más variables dentro de la familia por la plasticidad fenotípica y la variación ontogenética que presenta. La estructura de la estípula es considerada como un carácter clave y la única estructura vegetativa confiable para delimitar y definir entre *S. pectinata* (L.) Börner y *S. filiformis* (Pers.) Börner, especie con la que presenta mayor parecido y, por lo tanto, mayor dificultad para delimitarlas.

**Distribución.** Cosmopolita. En México se conoce de la Ciudad de México y los estados de Aguascalientes, Baja California, Chiapas, Durango, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas.

**Ejemplares examinados.** PUEBLA. **Mpio. Coxcatlán:** Río Salado, 1.5 km oeste de Pueblo Nuevo, *Salinas y Ramos F-3913* (MEXU). **Mpio. Tehuacán:** estanque de almacenamiento de agua para riego, 1 km sur de Tehuacán, *Bonilla et al. 302* (MEXU). **Mpio. Zinacatepec:** La Ciénaga, *Izazola-Rodríguez et al. 102* (MEXU) (Fig. 18).

**Hábitat.** Lagos, canales de irrigación, ríos y charcas, en agua dulce o salobre, limpia o contaminada. En elevaciones de 900-1087 m.

**Fenología.** Floración y fructificación de mayo a agosto.

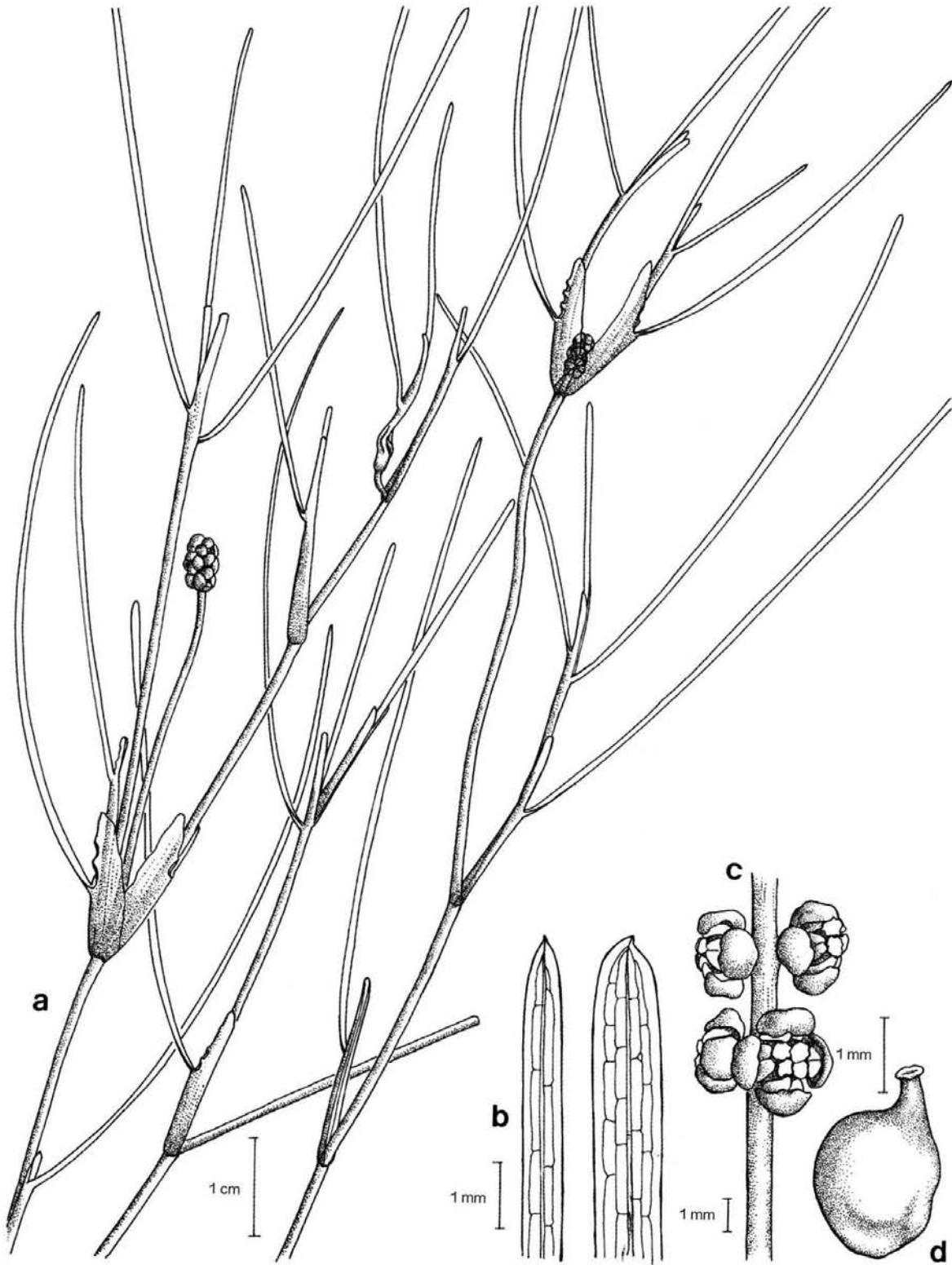


Fig. 16. *Stuckenia pectinata*. a. Rama con hojas, estípulas e inflorescencias. b. Variación de la hoja. c. Detalle de la inflorescencia. d. Fruto. Ilustrado por Elvia Esparza, reproducido de *Plantas acuáticas mexicanas: una contribución a la Flora de México* 1: 325. 2013, con autorización del editor.

**3. ZANNICHELLIA L., Sp. Pl. 2: 969. 1753.**

*Aponogeton* Hill, Brit. Herb. 480. 1756, *nom. rejic.*

*Algoides* Vail. A.I. t.if, I, 1719.

**Hierbas** sumergidas, anuales o perennes, monoicas o dioicas. **Raíces** 1-2 por nudo. **Tallos** dimorfos o monomorfos, los inferiores estoloníferos, los superiores erectos y foliáceos. **Hojas** en pseudoverticilos, rara vez opuestas o alternas; estípulas ausentes o si presentes sin formar una vaina cerrada, libres de las hojas, generalmente diminutas; láminas estrechamente lineares a filiformes, margen entero. **Inflorescencias** axilares, formadas por 2-más flores, cubiertas por una espata. **Flores** unisexuales; las **masculinas** escasamente pediceladas, **perianto** ausente o reducido a una membrana; **androceo** con 1 estambre, filamento a veces presente o anteras sésiles, anteras 2-tecas; las **femeninas** cortamente pediceladas, **perianto** en forma de copa lobulada, traslúcida; **gineceo** 1-9-carpelar, carpelos estipitados, libres, óvulo 1, péndulo, estilo simple, corto, persistente en el fruto, estigma peltado, irregularmente espatulado o infundibuliforme. **Aquenos** oblongo-comprimidos, asimétricos, lisos o verrugosos, dehiscentes.

**Diversidad.** Género con seis especies en el mundo, una en México, una en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

**Discusión.** El género *Zannichellia*, se puede reconocer en condiciones vegetativas por el hábito sumergido y presentar hojas lineares a filiformes, ligeramente opuestas o pseudoverticiladas en la misma planta.

Dependiendo del autor, se considera como género monotípico con una sola especie polimórfica o quienes reconocen entre 4-8 especies (Haynes, 1983). De acuerdo con Talavera *et al.* (1986), el género cuenta con seis especies y se divide en dos secciones: sect. *Zannichellia*, caracterizada por la presencia de flores masculinas y femeninas en el mismo nudo, estambres con filamentos cortos, anteras 2-loculares y poliploidía; sect. *Monopus*, con flores masculinas y femeninas en diferentes nudos, estambres con filamentos largos, anteras 4-loculares y diploidía. Sin embargo, otros especialistas consideran que estos taxones son variedades, subespecies o sinonimias de *Z. palustris*. Es el género que presenta mayor distribución, las descripciones están basadas en la morfología del fruto, estambres y estigma, así como el hábito. Junto con el género *Potamogeton* L., forma un grupo monofilético (Lindqvist *et al.*, 2006).

**Distribución.** Cosmopolita.

***Zannichellia palustris* L., Sp. Pl. 2: 969. 1753. *Algoides palustre* (L.) Lunell, Amer. Midl. Naturalist 4: 162. 1915. TIPO: EUROPA. Sin datos específicos (lectotipo: LINN-HL1085-1, designado por Obermeyer, 1966).**

**Hierbas** flotantes por debajo de la superficie del agua, perennes. **Tallos** hasta 50.0 cm largo, simples o ramificados, flexibles, filiformes. **Hojas** sésiles, en pseudoverticilos de 3, 2.0- 7.0 cm largo, 0.1-0.5 mm ancho, lineares a filiformes, ápice acuminado, margen entero, membranáceas, glabras, 1-nervadas, vainas basales hasta 6.0 mm largo, transparentes. **Flores masculinas** con **androceo** reducido a 1 estambre, filamento 1.0-2.0 mm largo, antera 0.2-0.8 mm largo, oblonga a obovada, conectivo prolongado en forma de apéndice; **gineceo** con perianto ca. 2.0 mm largo, en forma de copa, ovario 2-8 carpelar, carpelos libres, en forma de botella, estilo 0.3-1.0 mm largo, estigma infundibuliforme,

asimétrico, margen irregular. **Aquenios** 1.5-2.2 mm largo, 0.5-0.7 mm ancho, oblongos, asimétricos, encorvados, dorsalmente verrugosos (Fig. 17).

**Discusión.** Es una especie que florece y fructifica todo el año, puede crecer en abundancia y formar poblaciones densas o tener un crecimiento escaso (Olvera, 2013). A pesar de considerarse una de las especies con mayor variabilidad, es cada vez más raro encontrarla debido a la contaminación y desaparición del hábitat acuático (Novelo & Lot, 2001). Se ha reportado que sirve como alimento y refugio para los animales (Cook, 1996).

**Distribución.** Cosmopolita. En México se conoce de la Ciudad de México y los estados de Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Veracruz y Zacatecas.

**Ejemplares examinados.** **OAXACA. Dto. Cuicatlán:** Santa Catarina Tlaxila, *Salinas 7164* (MEXU). **PUEBLA. Mpio. Coxcatlán:** Río Salado, oeste de Guadalupe Victoria, Pueblo Nuevo, *Salinas y Martínez Correa 8077* (MEXU). **Mpio. Zapotitlán:** Agua Tempesquixtle, sur de Zapotitlán Salinas, *Salinas et al. F-3760* (MEXU). **Mpio. Vicente Guerrero:** Laguna Grande, *Izazola-Rodríguez et al. 68* (MEXU) (Fig. 18).

**Hábitat.** Fondo de arroyos, manantiales, bordes de lagos y ciénagas. En elevaciones de 1700-2507 m.

**Fenología.** Floración y fructificación a lo largo del año.



Fig. 17. *Zannichellia palustris*. a. Rama con hojas e infrutescencias. b. Detalle de la hoja. c. Detalle de Inflorescencia con flor masculina y femeninas envueltas por la espata. d. Fruto. Ilustrado por Elvia Esparza, reproducido de *Plantas acuáticas mexicanas: una contribución a la Flora de México* 1: 347. 2013, con autorización del editor.



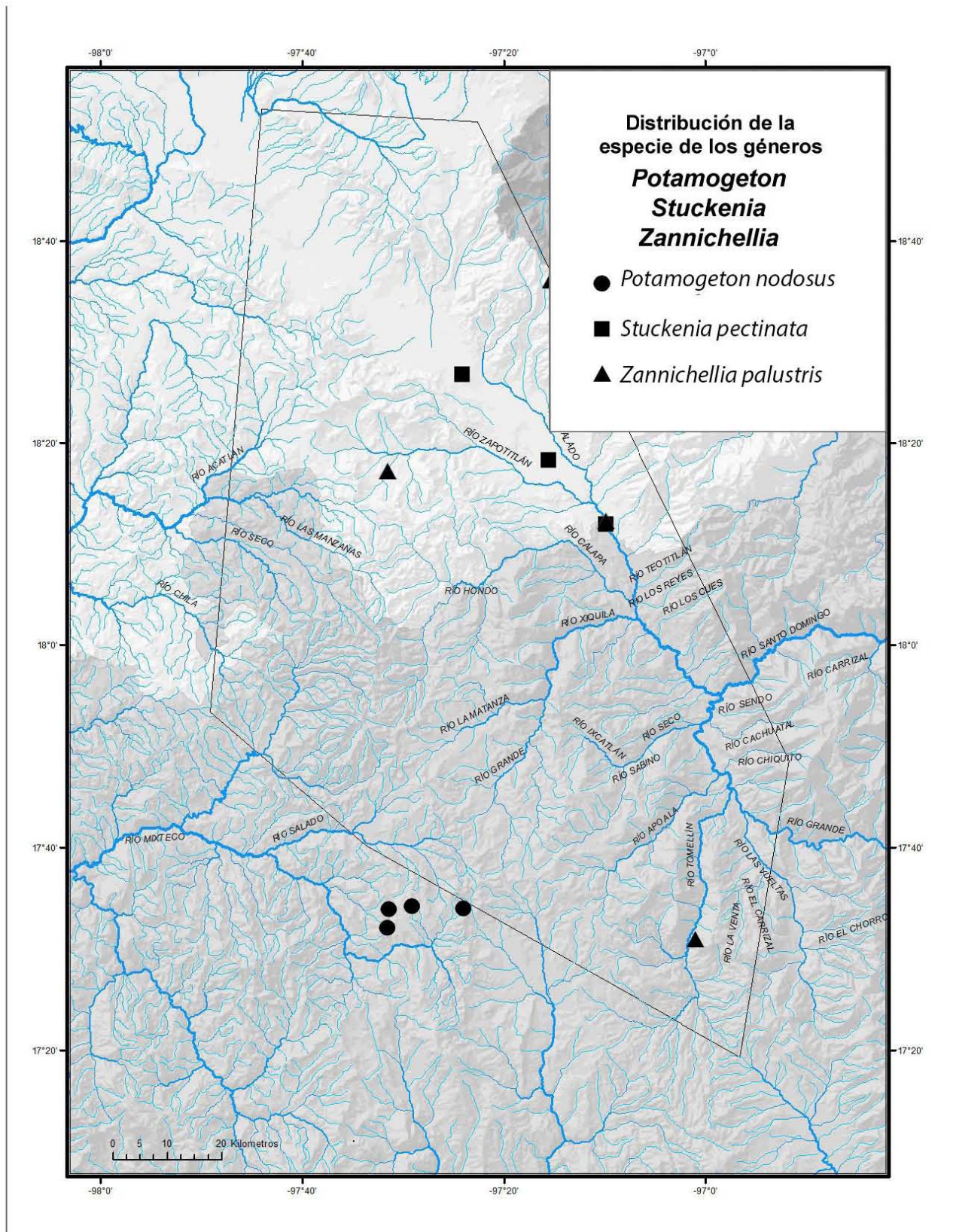


Fig. 18. Mapa de distribución de *Potamogeton nodosus*, *Stuckenia pectinata* y *Zannichellia palustris*. Elaborado por Pedro Díaz Maeda.

## TYPHACEAE Juss.

**Hierbas** perennes, acuáticas, enraizadas, emergentes, monoicas. **Tallos** dimórficos, los inferiores sumergidos, rizomatosos, postrados, con raíces secundarias, los superiores erectos, simples, teretes, foliosos, glabros. **Hojas** alternas, simples, dísticas, las inferiores sumergidas y escuamiformes, las superiores emergentes, erectas; estípulas ausentes; sésiles; láminas lineares, base envainante, ápice obtuso a agudo, margen entero, vaina abierta, con glándulas mucilaginosas en la superficie ventral. **Inflorescencias** terminales, en espigas erectas, teretes, pardo claras u oscuras, 1-2 brácteas subyacentes, deciduas, foliáceas, lineares o linear lanceoladas, las flores masculinas dispuestas en la porción superior, las femeninas en la inferior y separadas por una porción de raquis desnudo, flores densamente agrupadas; brácteas florales subyacentes 1-numerosas, foliáceas, deciduas, lineares o linear-lanceoladas a cuneadas. **Flores** actinomorfas, estériles y fértiles mezcladas, generalmente estipitadas, reducidas a inconspicuas; **perianto** reducido a bractéolas diminutas o a tricomas numerosos, setosos o ausente; las **masculinas** efímeras, con bractéolas simples o ramificadas, filiformes o lanceolado-espátuladas, **androceo** con 1-8 estambres, filamentos ramificados, libres o basalmente connatos, capilares, incoloros, anteras basifijas, extrorsas, 2-loculares, lineares a oblongas, dehiscencia longitudinal, conectivo obtuso o apiculado, a veces, con ápice ensanchado; nectarios ausentes; las **femeninas** hipóginas (numerosas son estériles), estipitadas, con un ginóforo rodeado por cerdas capilares; **gineceo** con ovario súpero, 1-3-carpelar (2 carpelos abortivos), fusiforme en flores fértiles, obovoide en las estériles, óvulo 1, péndulo, placentación apical, estilo erecto, alargado, unilateral, filiforme o rudimentario en las estériles, persistente, estigma linear a espátulado, decurrente hacia el estilo. **Frutos** estipitados, semejantes a aquenios (*Typha* L.), fusiformes o elipsoidales e indehiscentes o drupáceos (*Sparganium* L.); **semillas** 1, angostamente teretes o fusiformes, testa membranacea, embrión recto, alargado, endospermo abundante, amiláceo.

**Discusión.** Familia con alto grado de variabilidad, tanto en los caracteres vegetativos como en los reproductivos, lo que ha dificultado establecer las relaciones filogenéticas con otros grupos. Cronquist (1981) y Dahlgren (1985) la ubican en un orden taxonómicamente independiente Typhales, que comprende dos familias monotípicas: Typhaceae y Sparganiaceae Hanin.

También se le ha asociado al orden Pandanales por la presencia de flores unisexuales e inflorescencias complejas; pero difieren de éstas por el hábito arborescente y el patrón de crecimiento en espiral, la similitud en la inflorescencia puede explicarse por paralelismo o convergencia, más que por tener una ancestría común. Es posible también una relación con Arales (Dahlgren, 1985), por la similitud con la inflorescencia, rizomas y endospermo con almidón, así como por la reducción floral.

Zomlefer (1994) las considera como dos familias muy cercanas, que constituyen un orden; sin embargo, diversos autores concluyen que la familia Sparganiaceae queda inmersa en Typhaceae. Judd *et al.* (2002) mencionan que es una familia con dos géneros y cerca de 28 especies.

Chase *et al.* (2006), aceptan que el reconocimiento de Sparganiaceae como familia en APG II (2003) fue un error no intencionado y, por lo tanto, el género *Sparganium* queda dentro de la familia Typhaceae como taxa hermano de *Typha*.

Tamura *et al.* (2004), en sus análisis de secuencias moleculares con *matK* y *rbcL*, revelan que la familia se encuentra dentro del orden Poales, junto con trece familias más, como

Juncaceae Juss., Cyperaceae Juss., Flagellariaceae Dumort. y Poaceae Barnhart, además de ser el grupo hermano del resto del clado.

APG IV (2016), mediante análisis combinados de datos morfológicos y moleculares de 18S nuclear, 26S rDNA, *atpB*, *matK*, *ndhF* y *rbcL*, respalda la monofilia de la familia y su ubicación en el orden Poales, con Bromeliaceae Juss. como taxa hermano.

La polinización en esta familia es anemófila, al igual que la dispersión de los frutos, las cerdas persistentes del aquenio le permiten flotar y recorrer grandes distancias (Judd *et al.*, 2002).

**Diversidad.** Familia con dos géneros y ca. 25 especies en el mundo, un género y dos especies en México, un género y una especie en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

**Distribución.** *Typha* L., con distribución cosmopolita, en regiones tropicales y templadas, a diferencia de *Sparganium* L., que se restringe principalmente al hemisferio norte, en regiones subárticas, generalmente pueden establecerse en agua dulce o salobre.

**TYPHA** L., Sp. Pl. 2: 971. 1753

**Hierbas** acuáticas. **Tallos** simples o ramificados. **Hojas** basales, caulinares, emergentes, erectas, vainas largas con la parte superior atenuada o auriculada hacia la lámina, simétricas o asimétricas, verdes a glaucas, epidermis de la superficie ventral con glándulas mucilaginosas, incoloras o pardo oscuro; láminas planas o planoconvexas en el envés, ápice obtuso a agudo, coriáceas, nervaduras paralelas. **Inflorescencias** espiciformes, con flores agrupadas densamente. **Flores** estipitadas, brácteas foliáceas deciduas, lineares, linear-lanceoladas a cuneadas; las **masculinas** con numerosas bractéolas simples o ramificadas, **androceo** con 1-8 estambres, filamentos libres o connatos, anteras lineares a oblongas, ápice del conectivo obtuso, apiculado o subulado; las **femeninas** con o sin bractéolas filiformes, estípите alargado, cubiertas con tricomas sedosos, **gineceo** romboide-fusifor-me, estilo filiforme o rudimentario en flores estériles, estigma generalmente lanceolado-espátulado, linear o filiforme, rudimentario en flores estériles, blanco o verde, pardo cuando seco. **Aquénios** largamente estipitados, fusiformes a elipsoidales; **semillas** solitarias, generalmente fusiformes.

**Discusión.** Las relaciones filogenéticas dentro del género y la identificación de especies han sido difíciles por la variabilidad de caracteres vegetativos y reproductivos que presenta, además de la alta capacidad para hibridizar (Smith, 1986).

Kim & Choi (2011), tradicionalmente, han reconocido dos secciones por la presencia o ausencia de bractéolas en las flores femeninas, *Ebracteolatae* y *Bracteolatae*, respectivamente. Además, destacan diferentes sinapomorfias dentro del género como inflorescencias en espigas densas, alargadas, teretes y flores femeninas con muchas cerdas capilares. Así como caracteres derivados, como la pérdida de bractéolas, estigma espátulado, falta de espacio entre las inflorescencias masculinas y femeninas y polen en mónadas. Basados en caracteres morfológicos como la presencia o ausencia de bractéolas en las inflorescencias femeninas, la relación de la longitud de la inflorescencia masculina con la femenina y la altura de la planta, la forma del estigma o las unidades de polen, se han establecido diferentes clasificaciones. Sin embargo, la delimitación por morfología, a veces no es posible por la plasticidad en dichos caracteres. Estudios moleculares con ADN, ubican a las especies en dos clados y muestran que *Typha minima* Funck & Hoppe, es el taxón hermano de todas las otras especies del género y cuenta con una bractéola en la flor femenina (Kim & Choi, 2011). En la literatura se menciona que el verticilo más externo o

perianto de la flor, conformado por bractéolas puede ser equivalente a los tépalos, sólo que estos han tenido una gran reducción.

Se ha registrado en otras regiones que el polen y los rizomas son una fuente de alimento para los humanos, en particular los rizomas que tienen un alto contenido de almidón, además de utilizar las hojas para tejer utensilios muy diversos; las inflorescencias secas se usan como ornamento (Dahlgren, 1985).

Las extensas colonias que forman estas especies son refugio importante para la vida silvestre, pero también pueden volverse un problema, convertirse en plaga en los sistemas de irrigación, bloqueando el libre flujo del agua (Cook, 1996).

**Diversidad.** Género con ca. 13 especies en el mundo, dos en México y una en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

**Distribución.** Cosmopolita, en regiones tropicales y templadas de todo el mundo.

*Typha domingensis* Pers., Syn. Pl. 2: 532. 1807. *Typha angustifolia* L., Sp. Pl. 2: 971. 1753. *Typha angustifolia* L. subsp. *domingensis* (Pers.) Rohrb., Verh. Bot. Vereins Prov. Brandenburg 11: 97. 1870. *Typha angustifolia* L. var. *domingensis* (Pers.) Griseb., Fl. Brit. W. I. 512. 1864. *Typha angustifolia* L. var. *domingensis* (Pers.) Hemsl., Rep. Challenger, Bot. 1(1): 73. 1885. TIPO: SANTO DOMINGO. Sin localidad específica, *C.H. Persoon 7732*, s.f. (holotipo: NHN).

*Typha bracteata* Greene, Bull. Calif. Acad. Sci. 2(7C): 413-414. 1887. TIPO: ESTADOS UNIDOS. California: Isla Santa Cruz, Cañón Laguna, *E.L. Greene s.n.*, 1886 (holotipo: NDG 05909!).

*Typha angustifolia* L. var. *virginica* Tidestr., Rhodora 13(156): 242-243. 1911. TIPO: ESTADOS UNIDOS. Virginia: Maryland, *I. Tidestrom 5141*, s.f. (holotipo: GH?).

*Typha domingensis* Pers. var. *eudomingensis* Geze, Bull. Soc. Bot. France 58: 459. 1911. TIPO: AMÉRICA (no localizado).

**Hierbas** 1.0-2.3 m alto. **Tallos** erectos, hasta 4.0 mm diámetro cerca de la espiga. **Hojas** 8-numerosas, vainas atenuadas en el ápice, con aurículas membranáceas, asimétricas, rara vez simétricas, glándulas pardo oscuras, dispuestas en líneas longitudinales, y extendidas hasta 10.0 cm hacia la base de la lámina; láminas 2.0-2.3 m largo, 1.0-1.8 cm ancho, 0.8-1.5 cm ancho en seco, lineares, ápice agudo, envés convexo ligeramente cerca de la vaina, plano hacia la porción distal. **Inflorescencias** con 1-numerosas, brácteas lineares, amarillento-verdosas a glaucas, escariosas, deciduas; porción masculina de la espiga 25.0-35.0 cm largo, 1.3-2.0 cm ancho, pardo claro a pardo rojiza, distancia entre la espiga masculina y la femenina 1.5-4.0 cm largo, porción de la espiga femenina 25.0-30.0 cm largo, 1.5-1.8 cm ancho, pardo rojiza a pardo anaranjada. **Flores masculinas** con bractéolas 2.1-3.0 mm largo, espatuladas, simples o fimbriadas, ápice con puntos pardo oscuro, **androceo** con 2-4 estambres, filamentos 1.5-2.0 mm largo, anteras 1.8-2.2 mm largo, conectivo prolongado, obtuso; las **femeninas** pediceladas, con bractéolas 5.0-6.0 mm largo, filiformes, con ápice ensanchado, agudo o acuminado, pardo claro a amarillentas, 40-60 tricomas setosos, tan largos como el estilo, simples, hialinos o ápice ligeramente pardo, **gineceo** con ovario 1.0-1.2 mm largo, fusiforme, estilo 1.0-1.5 mm largo, estigma hasta 1.0 mm largo, linear o angostamente lanceolado-espatulado, pardo claro; las **estériles** entremezcladas con las femeninas, hasta 5.5 mm largo, estípites ca. 4.0 mm largo, con glándulas lineares, pardas. **Aquenios** 1.0- 1.5 mm largo, fusiformes, estipitados, rodeados

de tricomas setosos, con estilo persistente, dehiscencia longitudinal; **semillas** hasta 1.3 mm largo, semiteretes, amarillentas (Fig. 19).

**Discusión.** *T. domingensis* Pers. suele confundirse con *T. latifolia* L.; sin embargo, pueden diferenciarse por el color de las inflorescencias femeninas (rojizas a pardo anaranjadas vs. pardo oscuro a negro), presencia o ausencia de los pedicelos en la porción femenina después de que las flores se desprenden (persistentes vs. deciduos), la presencia o ausencia de bractéolas en las flores femeninas (bracteoladas vs. ebracteoladas), el estigma (linear vs. lanceolado), el color y disposición de las glándulas mucilaginosas en la vaina de la hoja (pardo oscuro, continuándose hasta la base de la lámina vs. incoloras, sin extenderse a la base de la lámina), el ápice de la vaina (atenuado vs. auriculado).

De acuerdo con Smith (1986), es una especie que aparentemente está restringida a ambientes ricos en minerales, siendo tolerante a la sal. En ambientes tropicales son muy inestables en agua dulce, pero estables en agua salobre. Gracias a las hojas largas, angostas y rectas, pueden escapar de la competencia al crecer en aguas profundas. Suelen formar híbridos.

**Distribución.** Cosmopolita. En México se conoce de la Ciudad de México y prácticamente todos los estados, excepto de Tlaxcala.

**Ejemplares examinados.** **OAXACA. Dto. Cuicatlán:** 300 m de la unión con Puente Grande, en camino de grava, hacia la presa Matamba y San Francisco Tutepetongo, *Calzada 24229* (MEXU); a 100 m del río de San José del Chilar, *Cruz-Espinosa y San Pedro 629* (MEXU); 3 km norte de San José del Chilar, orilla del río Chilar, *Cruz-Espinosa y San Pedro 1514* (MEXU); cañada, en los límites de Santiago Quiotepec, sobre el río, *García-García et al. 967* (MEXU); El Sabino, Santiago Quiotepec, *Izazola-Rodríguez et al. 241* (MEXU). **Dto. Teotitlán:** 2 km norte de San Gabriel Casa Blanca, *Salinas y Ramos F-3893* (MEXU). **Dto. Teposcolula:** Salinas de San Felipe Ixtapa, *Izazola-Rodríguez et al. 308* (MEXU), *309* (MEXU), *310* (MEXU), *311* (MEXU). **PUEBLA. Mpio. Caltepec:** Barranca de Coatepec, *Izazola-Rodríguez et al. 140* (MEXU). **Mpio. Coxcatlán:** 3 km adelante de Coxcatlán, *Medina-Lemos et al. 5883* (MEXU). **Mpio. Tehuacán:** canal a 1.5 km de Tehuacán, costado de la Meseta del Riego, *Bonilla et al. 307* (MEXU); Las Arboledas, Magdalena Cuayucatepec, *Castañeda-Zárate 516* (MEXU); Valle de Tehuacán, *Leonard s.n.* (MEXU); Hacienda del Riego, estanque de tierra, La Presa, *Patoni 1207* (MEXU); 2 km noroeste de Tehuacán, junto a colinas calizas de El Riego, *Salinas et al. F-3764a* (MEXU). **Mpio. Zinacatepec:** La Ciénaga, *Izazola-Rodríguez et al. 105* (MEXU); Barranca Seca, *Izazola-Rodríguez et al. 111* (MEXU) (Fig. 20).

**Hábitat.** Dulceacuícola, en lugares con poca corriente, como lagos, lagunas, manantiales, zanjas y canales. En elevaciones de 530-2136 m.

**Nombre vulgar.** “Tule”.

**Fenología.** Floración y fructificación a lo largo del año.



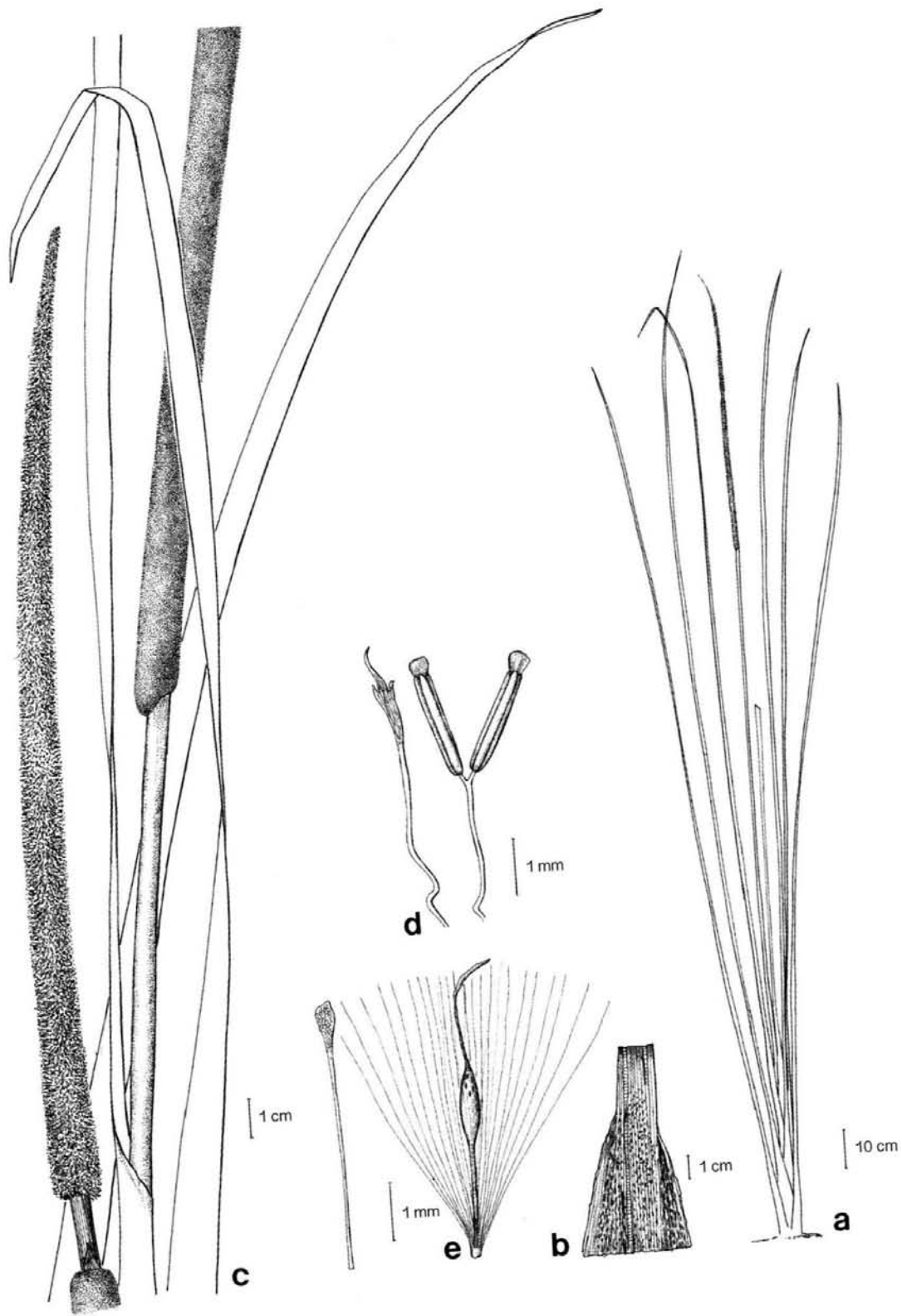


Fig. 19. *Typha domingensis*. a. Hábito. b. Ápice de la vaina de la hoja. c. Hojas e inflorescencia masculina (izquierda) y femenina (derecha). d. Bractéola de la inflorescencia masculina y estambres. e. Bractéola de la inflorescencia femenina y gineceo. Ilustrado por Elvia Esparza, reproducido de *Plantas acuáticas mexicanas: una contribución a la Flora de México* 1: 337. 2013, con autorización del editor.

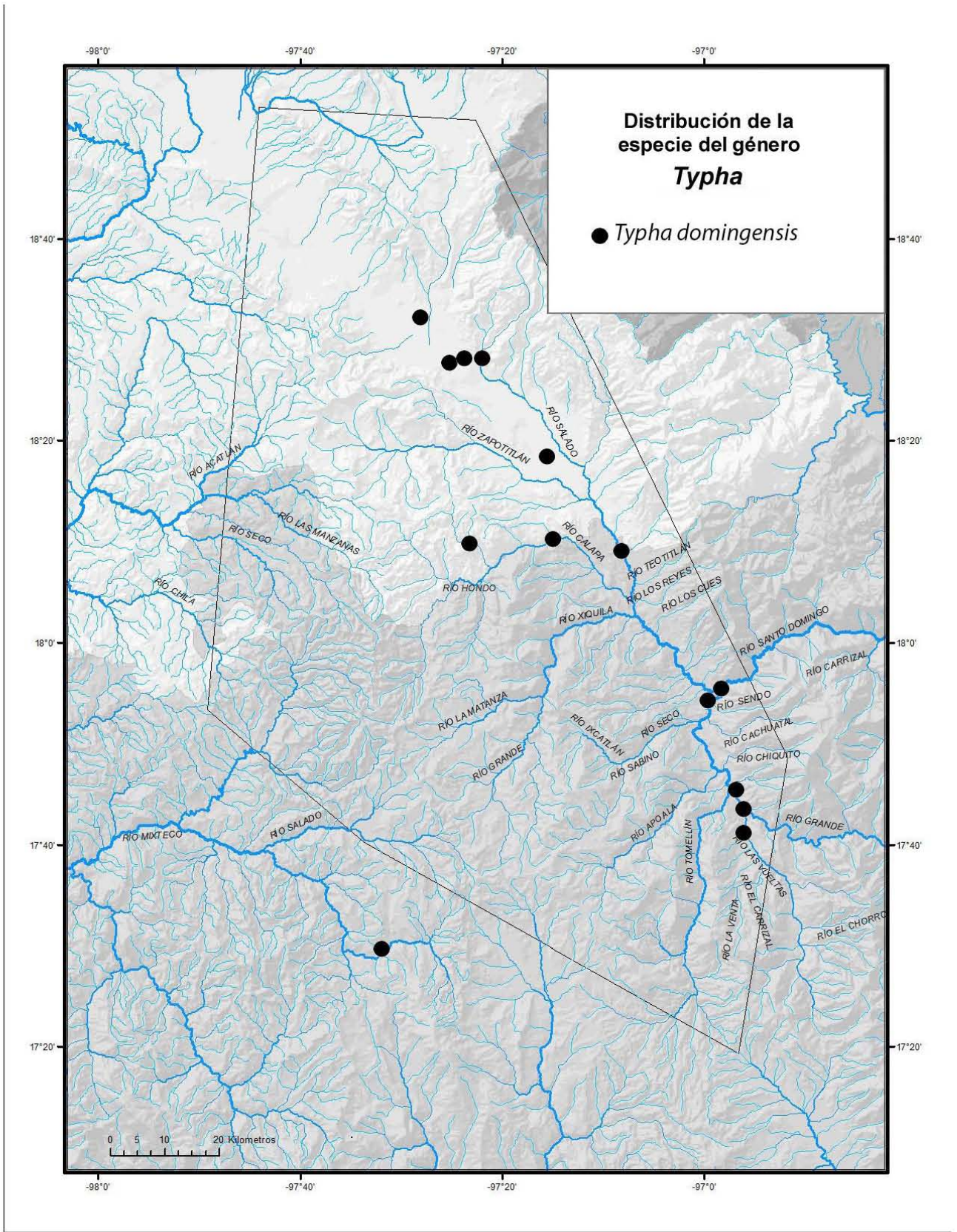


Fig. 20. Mapa de distribución de *Typha domingensis*. Elaborado por Pedro Díaz Maeda.

## Capítulo 6

### 6. Discusión

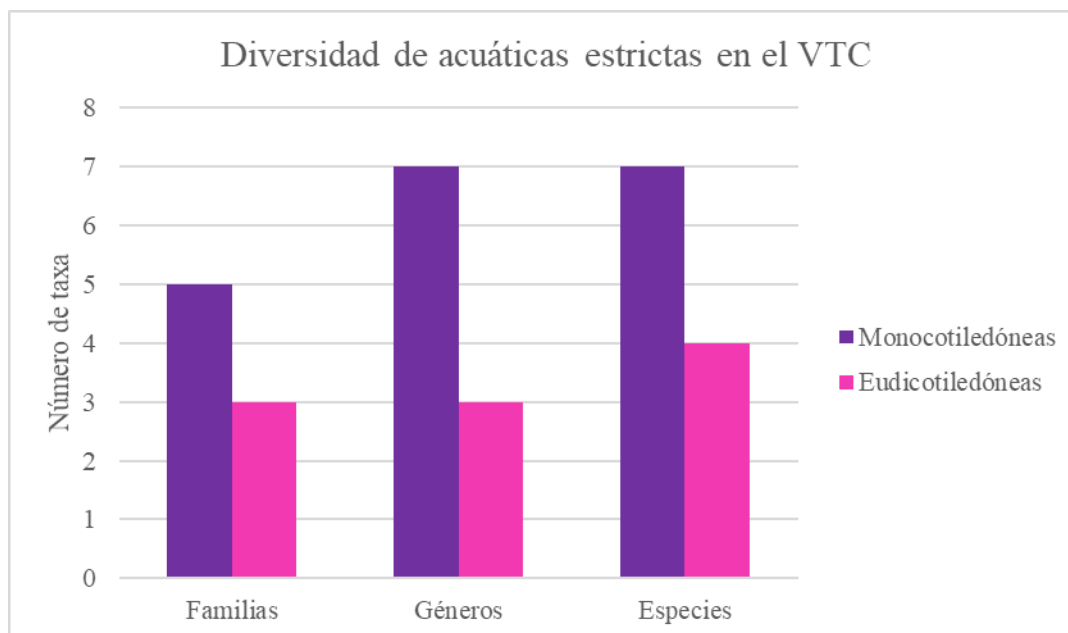
#### 6.1. Diversidad de plantas acuáticas estrictas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán

Con respecto al conocimiento que se tenía de estos grupos (Dávila *et al.*, 1993), la revisión de herbarios y el trabajo de campo, se aportaron nuevos registros para la región, destacando las familias Ceratophyllaceae, Lemnaceae y Pontederiaceae (Tabla 5).

Tabla 6. Comparación de registros de familias para la región del VTC.

1993	2018
Hydrocharitaceae	Ceratophyllaceae
Nymphaeaceae	Lemnaceae
Podostemaceae	Pontederiaceae
Potamogetonaceae	
Typhaceae	

Se registraron 11 especies de acuáticas estrictas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán que pertenecen a cinco familias, siete géneros y siete especies de Monocotiledóneas, y tres familias, tres géneros y cuatro especies de Eudicotiledóneas (Gráfica 1).



Gráfica 1. Diversidad de plantas acuáticas estrictas en el VTC.



La familia con mayor diversidad de géneros y especies para la región es Potamogetonaceae con tres géneros, cada uno con una especie, seguida de Nymphaeaceae con un género y dos especies. Las familias restantes sólo están representadas por un género y una especie (Tabla 6).

Tabla 7. Lista de familias encontradas en el VTC.

Familia	VTC	
	Géneros	Especies
Ceratophyllaceae	1	1
Hydrocharitaceae	1	1
Lemnaceae	1	1
Nymphaeaceae	1	2
Podostemaceae	1	1
Pontederiaceae	1	1
Potamogetonaceae	3	3
Typhaceae	1	1

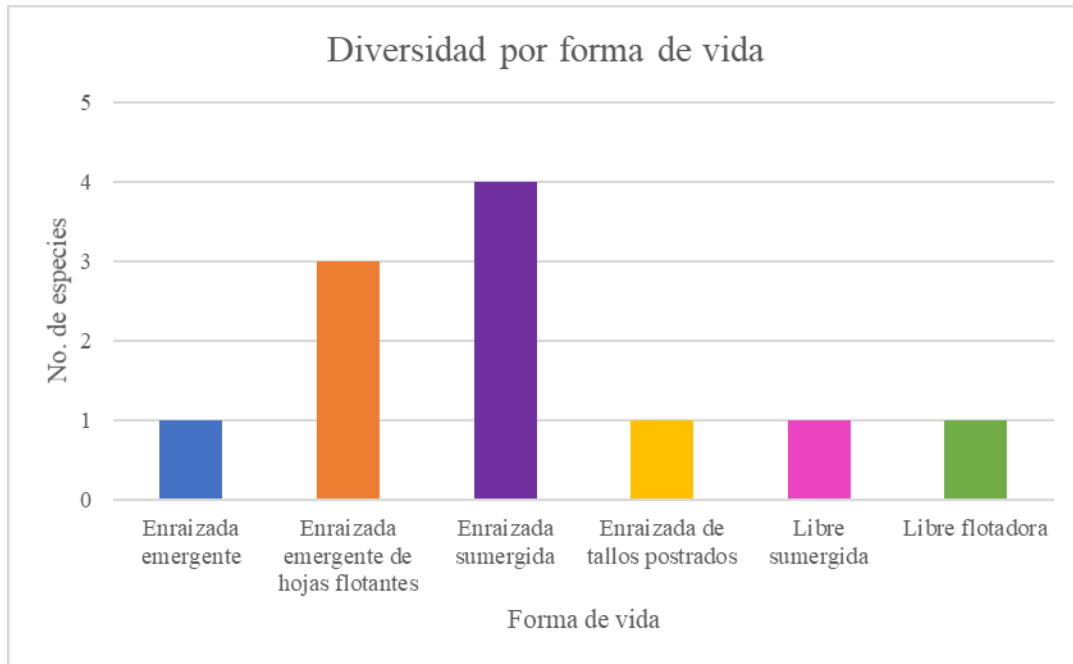
## 6.2. Formas de vida de las acuáticas estrictas

De acuerdo con la clasificación de Lot *et al.* (1999), las plantas acuáticas estrictas son aquellas que completan todo su ciclo de vida dentro del agua y, al salir de ésta, no pueden prosperar y pueden ser enraizadas o libres. Es por ello, que todas las plantas que se presentan en este trabajo caen en dicha definición y, por ende, pueden clasificarse de la siguiente manera (Tabla 7).

Tabla 8. Formas de vida de las plantas acuáticas estrictas del VTC.

<b>Forma de vida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Especies</b>
Enraizada emergente.	Arraigada al sustrato, partes vegetativas y reproductivas fuera del agua.	<i>Typha domingensis</i>
Enraizada emergente de hojas flotantes.	Arraigada al sustrato con las hojas flotando en la superficie al igual que las flores, a veces pueden estar ligeramente levantadas.	<i>Nymphaea ampla</i> <i>Nymphaea gracilis</i> <i>Potamogeton nodosus</i>
Enraizada sumergida.	Arraigada al sustrato, todas sus partes vegetativas inmersas en el agua, órganos reproductores pueden estar sumergidos, emergentes o por encima de la superficie del agua.	<i>Najas guadalupensis</i> <i>Tristicha trifaria</i> <i>Stuckenia pectinata</i> <i>Zannichellia palustris</i>
Enraizada de tallos postrados.	Arraigada al sustrato con tallos de tipo estolonífero, que reptan o ascienden a través del agua, estructuras vegetativas y reproductoras en la superficie del agua.	<i>Heteranthera reniformis</i>
Libre sumergida.	Partes sumergidas sin raíces, estructuras vegetativas sumergidas y sólo las reproductoras emergen ligeramente de la superficie del agua.	<i>Ceratophyllum demersum</i>
Libre flotadora.	Raíces sumergidas, no sujetas al sustrato, partes vegetativas y reproductivas emergentes o en la superficie del agua.	<i>Lemna minuta</i>

Analizando todas las formas de vida presentes, cabe destacar que las especies enraizadas sumergidas son cuatro, tres corresponden a monocotiledóneas y una a eudicotiledóneas, siguiendo las enraizadas emergentes de hojas flotantes con dos especies de eudicotiledóneas y una de monocotiledónea. Las demás formas de vida están representadas por una sola especie. Es importante mencionar que las formas de vida enraizada de tallos postrados, libre sumergida y libre flotadora, se registraron por primera vez para la región (Gráfica 2).



Gráfica 2. Diversidad de plantas acuáticas estrictas por forma de vida.

### 6.3. Tipos de vegetación

En el Valle de Tehuacán-Cuicatlán se reconocen cuatro tipos de vegetación, de acuerdo con la clasificación de Rzedowski (1978): matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosque de *Quercus* y bosque de *Pinus*. Para efectos de este trabajo, se contempla también la vegetación acuática que se encuentra inmersa en estos diferentes tipos de vegetación, la cual se caracteriza por ser comunidades vegetales ligadas al medio acuático o al suelo permanentemente saturado de agua (Rzedowski, 1978). Se presentan las especies encontradas por tipo de vegetación (Tabla 8).

Tabla 9. Tipo de vegetación donde se localizan las plantas acuáticas estrictas.

Tipo de vegetación	Altitud (msnm)	Especies presentes	Localidad
Matorral xerófilo	1632	<i>Typha domingensis</i>	Barranca de Coatepec
	1087	<i>Stuckenia pectinata</i> <i>Nymphaea ampla</i> <i>Ceratophyllum demersum</i> <i>Typha domingensis</i>	La Ciénaga
	948	<i>Typha domingensis</i>	Barranca Seca
Bosque tropical caducifolio	2290	<i>Najas guadalupensis</i>	Río Grande
	550	<i>Tristicha trifaria</i>	Río Quiotepec
	550	<i>Heteranthera reniformis</i> <i>Typha domingensis</i>	Santiago Quiotepec, El Sabino
Bosque de <i>Pinus</i> / bosque de <i>Quercus</i>	2300	<i>Najas guadalupensis</i>	Laguna Yodotinducha
	2290	<i>Najas guadalupensis</i>	Llano Grande
	2200	<i>Lemna minuta</i>	Arroyo Palenque
	2507	<i>Zannichellia palustris</i>	Laguna Grande
	2294	<i>Nymphaea gracilis</i> <i>Potamogeton nodosus</i>	Yocoñoluchi
	2276	<i>Potamogeton nodosus</i>	Arroyo cerca de Guadalupe Tixá
	2136	<i>Typha domingensis</i>	Salinas de San Felipe Ixtapa

La vegetación acuática estricta se encontró principalmente en cuerpos de agua dulce, destacando ríos, lagos, lagunas, ciénagas, estanques, arroyos, presas y canales con profundidad y corriente variables, así como con un intervalo de altitud de 550 a 2507 m. Además de los cuerpos de agua dulce, destaca la presencia de la especie *Typha domingensis* en ambientes salobres. De acuerdo con Smith (1986), dicha especie está restringida a ambientes ricos en minerales que le permiten la tolerancia a la sal, siendo más estable que

en lugares tropicales. No se considera que la población llegue a formar un tular debido al bajo número de individuos presentes.

Siguiendo una clasificación artificial pero práctica, la vegetación acuática estricta aquí encontrada puede dividirse en flotante, sumergida y emergente. Destacan los géneros *Lemna*, *Nymphaea* y *Potamogeton* para el primer caso; *Ceratophyllum*, *Najas* y *Zannichellia* para el segundo y *Typha* como emergente. Un caso particular, es la familia Podostemaceae, de acuerdo con Rzedowski (1978), se encuentra clasificada dentro de la vegetación sumergida. Sin embargo, Cook (1996), la clasifica como haptofita, destacando que son plantas unidas al sustrato, pero sin penetrarlo. Esta familia, tiene preferencia por corrientes de aguas claras y poco profundas, que se anclan a rocas o cualquier otra superficie sólida dentro del agua.

Con la información anterior, además de presentar los tipos de vegetación donde se encuentran las plantas acuáticas estrictas, se recalca la importancia de continuar con exploraciones en dichos lugares, para mantener y, de ser posible, aumentar el registro de las especies acuáticas en una zona semiárida como es el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, para el mejor conocimiento de la biodiversidad de esta área.

#### **6.4. Vegetación acuática estricta en México y el mundo**

Gracias a los trabajos de Lot *et al.* (2013, 2017) y a Stevens (2001), es posible comparar las plantas acuáticas estrictas encontradas en la zona de estudio, tanto a nivel nacional como mundial (Tabla 9). El Valle de Tehuacán-Cuicatlán cuenta con el 11% de los géneros registrados a nivel mundial por Stevens (2001) para las ocho familias encontradas y sólo el 2% de las especies. Comparado con México, cuenta con 43% de los géneros y 15% de las especies acuáticas estrictas citadas por Lot *et al.* (2013, 2017).

A nivel de género, las familias Ceratophyllaceae, Potamogetonaceae y Typhaceae están totalmente representadas. Le siguen en orden descendente, las familias Nymphaeaceae y Pontederiaceae (50%), Lemnaceae y Podostemaceae (25%) e Hydrocharitaceae (17%).

A nivel de especie, las familias mejor representadas son Ceratophyllaceae y Typhaceae, con 50% cada una, seguido de Potamogetonaceae (25%), Nymphaeaceae (15%), Hydrocharitaceae y Podostemaceae (14%), Lemnaceae y Pontederiaceae (7%).

Tabla 10. Comparación de las plantas acuáticas estrictas del VTC con México y el mundo.

Familia	Mundo (Stevens, 2001)		México (Lot <i>et al.</i> , 2013, 2017)		VTC	
	Géneros	Especies	Géneros	Especies	Géneros	Especies
Ceratophyllaceae	1	6	1	2	1	1
Hydrocharitaceae	18	116	6	7	1	1
Lemnaceae	5	38	4	15	1	1
Nymphaeaceae	3	58	2	13	1	2
Podostemaceae	54	300	4	7	1	1
Pontederiaceae	2	33	2	15	1	1
Potamogetonaceae	4	102	3	12	3	3
Typhaceae	2	25	1	2	1	1
<b>Total</b>	<b>89</b>	<b>678</b>	<b>23</b>	<b>73</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
Porcentaje México					<b>43%</b>	<b>15%</b>
Porcentaje Mundo					<b>11%</b>	<b>2%</b>

### 6.5. Nuevos registros para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán

La mayoría de las especies tratadas en este trabajo ya habían sido recolectadas, se encontraban registradas en la base de datos y algunas se recolectaron nuevamente para enriquecer sus registros. Sin embargo, es importante destacar que, gracias al trabajo de campo, fue posible el registro de tres nuevas familias para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, una de ellas Ceratophyllaceae (eudicotiledóneas), con la presencia de la especie *Ceratophyllum demersum*, encontrada en el estado de Puebla; la otra Pontederiaceae (monocotiledóneas) representada por la especie *Heteranthera reniformis* y, la tercera, Lemnaceae (monocotiledóneas) con la especie *Lemna minuta*, ambas encontradas en el estado de Oaxaca.

## 6.6. Estado de conservación

A pesar de que la vegetación acuática puede estar representada en las diversas comunidades vegetales, en esta región semiárida, se encuentran escasamente representadas.

Debido a la gran amenaza que actualmente los cuerpos de agua están sufriendo, un gran número de las especies de plantas acuáticas se encuentran vulnerables o en riesgo de desaparecer. Es importante señalar que las plantas acuáticas estrictas ocupan superficies limitadas, estando en forma dispersa y sus poblaciones disminuyen según la temporada. Son muy susceptibles a diferentes factores ambientales como la temperatura, luminosidad, pH, salinidad, entre otros (Rzedowski, 1978).

Dentro de las actividades que dañan a la vegetación acuática estricta, destacan la desecación de lagos, ciénagas, ríos, arroyos y manantiales, conversión de corrientes de agua permanentes en intermitentes, uso excesivo para riego y consumo humano, entubamiento de ríos y arroyos, contaminación por desechos del drenaje, ocasionando cambios irreversibles para el medio ambiente, así como para los humanos (Rzedowski, 1978). Es el caso de los manantiales de aguas termales que han desaparecido por la urbanización de la ciudad de Tehuacán.

Algunas especies tratadas en este trabajo se encuentran sujetas a programas de protección especial, por su grado de endemismo, bajo número de individuos o la desaparición de su hábitat. Es el caso de la especie *Nymphaea gracilis*, la cual es endémica a México y de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 se encuentra bajo la categoría de “Amenazada”, sugiriendo que puede desaparecer a corto o mediano plazo sin algún tipo de protección.

## Capítulo 7

### 7. Conclusiones

- Se registran ocho familias, con 10 géneros y 11 especies en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.
- Por primera vez, se registran las familias Ceratophyllaceae, Lemnaceae y Podostemaceae para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.
- A pesar de que el Valle de Tehuacán-Cuicatlán es una zona semiárida, cuenta con el 42% de los géneros y 15% de las especies citadas en México.
- Potamogetonaceae es la familia con mayor número de especies para la región con 3 spp., seguido de Nymphaeaceae con 2 spp. y el resto sólo presenta una especie.
- La especie *Nymphaea gracilis*, además de ser endémica a México, se encuentra amenazada de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.
- Las dos formas de vida con mayor número de especies son la enraizada sumergida con 4 spp. y la enraizada emergente de hojas flotantes con 3 spp.
- Con base en los ejemplares de herbario y los materiales colectados, se realizaron los tratamientos taxonómicos para cada familia, se identificó a cada una de las especies y se actualizó la nomenclatura, se integraron las ilustraciones representativas de las especies y los mapas de distribución correspondientes.
- La mayoría de las plantas acuáticas ya mencionadas, se encontraron en cuerpos de agua dulce, como ríos, lagunas, arroyos, zanjas, canales, entre otros. Aunque también destaca la presencia de *Typha domingensis* en agua salobre.
- Es importante continuar con el estudio de la flora acuática estricta y subacuática, ya que es parte importante de la biodiversidad mexicana, además de estar en estrecha relación con un gran número de especies animales. Asimismo, es necesaria la promoción de programas de manejo y conservación, para evitar el deterioro y pérdida de los ambientes acuáticos, los cuales son susceptibles a las actividades humanas y se encuentran en constante riesgo.



## Literatura citada

- Aboy, H. E. 1936. A study of the anatomy and morphology of *Ceratophyllum demersum*. M. S. Thesis, Cornell University, Ithaca 35 p.
- Aguilar-Jaime, C. E. 1996. El género *Ageratina* (Asteraceae: Eupatorieae) en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, Distrito Federal, México. 80 pp.
- Ancona, L. 1930. Las lemnáceas y las larvas de mosquitos. Sección de botánica, sistemática y ecología. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Biol.* 1: 33-37.
- APG II. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *J. Linn. Soc., Bot.* 141(4): 399-436.
- APG III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *J. Linn. Soc., Bot.* 161(2): 105-121.
- APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *J. Linn. Soc., Bot.* 181(1): 1-20.
- Azer, S. A. 2013. Taxonomic revision of genus *Lemna* L. (Lemnaceae Gray) in Egypt. *Ann. Agric. Sci.* 58(2): 257-263.
- Aziz, K. 1974. Ceratophyllaceae. *Fl. W. Pakistan* 70: 4.
- Bonilla-Barbosa, J. R. 2000. Sistemática del género *Nymphaea* (Nymphaeaceae) en México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 122 pp.
- Bonilla-Barbosa, J. 2001. Nymphaeaceae. In: Diego-Pérez, N. & R. Fonseca (eds.). *Fl. de Guerrero*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 13: 1-17.
- Bonilla-Barbosa, J. y B. Santamaría. 2010. Hydrocharitaceae. In: J. Rzedowski & G. Calderón de Rzedowski (eds.). *Fl. del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Instituto de Ecología A.C. Pátzcuaro, Michoacán, México 168: 1-11.
- Bonilla-Barbosa, J. & B. Santamaría A. 2012. Typhaceae. In: J. Rzedowski & G. Calderón de Rzedowski (eds.). *Fl. del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Instituto de Ecología A.C. Pátzcuaro, Michoacán, México 176: 1-11.
- Bove, C. P. & C. T. Philbrick. 2010. Neotropical Podostemaceae. In: W. Milliken, B. Klitgård & A. Barakat (2009 onwards), Neotropikey - Interactive key and information resources for flowering plants of the Neotropics. <http://www.kew.org/science/tropamerica/neotropikey/families/Podostemaceae.htm>
- Borsch, T., K. W. Hilu, J. H. Wiersema, C. Löhne, W. Barthlott and V. Wildes. 2007. Phylogeny of *Nymphaea* (Nymphaeaceae): evidence from substitutions and microstructural changes in the chloroplast *trnT-trnF* region. *Int. J. Plant Sci.* 168(5): 639-671.
- Bravo, H. 1930. Contribución al estudio de la flora mexicana: Las lemnáceas del Valle de México. Sección de botánica, sistemática y ecología. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Biol.* 1: 7-32.
- Brummitt, R. K. 1992. *Vascular plant families and genera*. Londres: Royal Botanic Gardens, Kew 804 pp.
- Calderón de Rzedowski, G. 2001. Ceratophyllaceae In: G. Calderón de Rzedowski & J. Rzedowski (eds.). *Fl. Fanerogámica del Valle de México*. 2a. ed. Instituto de Ecología, A.C. Pátzcuaro, Michoacán, México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México 169-172 pp.

- Cabrera, L., G. Salazar, M. W. Chase, S. Mayo, J. Bogner & P. Dávila. 2008. Phylogenetic relationships of aroids and duckweeds (Araceae) inferred from coding and noncoding plastid DNA. *Amer. J. Bot.* 95(9): 1153-1165.
- Chase, M. W., D. E. Soltis & R. G. Olmstead. 1993. Phylogenetics of seed plants: an analysis of nucleotide sequences from the plastid gene *rbcL*. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 80(3): 528-580.
- Chase, M. W., D. E. Soltis, R. G. Olmstead, D. Morgan, D. H. Les, B. D. Mishler, M. R. Duvall, R. A. Price, H. G. Hills, Y. Qiu, K. A. Kron, J. H. Rettig, E. Conti, J. D. Palmer, J. R. Manhart, K. J. Sytsma, H. J. Michaels, W. J. Kress, K. G. Karol, W. D. Clark, M. Hedren, B. S. Gaut, R. K. Jansen, K. Kim, C. F. Wimpee & J. F. Smith. 1993. Phylogenetics of seed plants: an analysis of nucleotide sequences from the plastid gene *rbcL*. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 80(3): 528-548, 550-580.
- Chase, M. W., M. F. Fay, D. S. Devey, O. M. Maurin, N. Ronsted, T. J. Davies, Y. Pillon, G. Petersen, O. Seberg, M. N. Tamura, C. B. Asmussen, K. Hilu, T. Borsch, J. I. Davis, D. W. Stevenson, J. C. Pires, T. J. Givnish, K. J. Sytsma, M. A. McPherson, S. W. Graham & H. S. Rai. 2006. Multigene analyses of monocot relationships: a summary. *Aliso* 22: 63-75.
- CONABIO. Base de datos digital de regiones territoriales prioritarias de México RTP-121 Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Consultada el 25 de julio de 2018 en: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp\\_121.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_121.pdf)
- Cook, C. D. K. 1996. *Aquatic plant book*. 2a. ed. Amsterdam: SPB Academic Publishing 228 pp.
- Cook, C. D. K. 1998. Pontederiaceae. In: K. Kubitski (ed.). *The families and genera of vascular plants IV. Flowering plants. Monocotyledons: Alismatanae and Commelinanae*. Berlin: Springer-Verlag 395- 403 pp.
- Cook, C. D. K. & R. Rutishauser. 2007. Podostemaceae. In: K. Kubitzki. (ed.). *The families and genera of vascular plants IX*. Berlin: Springer-Verlag 304-344 pp.
- Cronquist, A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. New York: Columbia University Press 1262 pp.
- Cross, J. W. 2015. The Charms of Duckweed: An introduction to the smallest flowering plants. <http://www.mobot.org/jwccross/duckweed/duckweed.htm> Consultado el 27 de julio de 2018.
- Cusimano, N., J. Bogner, S. J. Mayo, P. C. Boyce, S. Y. Wong., M. Hesse, W. L. Hetterscheid, R. C. Keating & J. C. French. 2011. Relationships within the Araceae: comparison of morphological patterns with molecular phylogenies. *Amer. J. Bot.* 98(4): 654- 668.
- Cusset, G. & Cusset, C. 1988. Etude sur les Podostemales. 10. Structures florals et vegetatives des Tristichaceae. *Adansonia* 2: 179-218.
- Dávila-Aranda, P., J. L. Villaseñor-Ríos, R. Medina-Lemos, A. Ramírez-Roa, A. Salinas-Tovar, J. Sánchez-Ken & P. Tenorio-Lezama. 1993. *Listados florísticos de México. X. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 195 pp.
- Davenport, L. J. & R. R. Haynes. 2001. Lemnaceae. In: Stevens, W.D., C. Ulloa Ulloa, A. Pool & O. M. Montiel. *Fl. de Nicaragua. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 85(2): 1211-1213.
- Dahlgren, R. M. T. 1980. A revised system of classification of the angiosperms. *J. Linn. Soc., Bot.* 80(2): 91-124.

- Dahlgren, R. M. T., H. T. Clifford & P. F. Yeo. 1985. *The Families of the Monocotyledons: structure, evolution, and taxonomy*. Berlin: Springer-Verlag 520 pp.
- Dahlgren, G. 1989. *An updated angiosperm classification*. *J. Linn. Soc., Bot.* 100(3): 197-203.
- Dilcher, D. & H. Wang. 2009. An early Cretaceous fruit with affinities to Ceratophyllaceae. *Amer. J. Bot.* 96(12): 2256-2269.
- Dkhar, J., S. Kumaria, S. Rama Rao & P. Tandon. 2010. Molecular phylogenetics and taxonomic reassessment of four Indian representatives of the genus *Nymphaea*. *Aquat. Bot.* 93: 135-139.
- Duvall, M. R., M. T. Clegg, M. W. Chase, W. D. Clark, W. J. Kress, H. G. Hills, L. E. Eguiarte, J. F. Smith, B. S. Gaut, E. A. Zimmer & G. H. Learn & Jr. 1993. Phylogenetic hypotheses for the monocotyledons constructed from *rbcL* sequence data. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 80(3): 607-619.
- Eckenwalder, J. E. & S. C. H. Barrett. 1986. Phylogenetic systematics of Pontederiaceae. *Syst. Bot.* 11(3): 373-391.
- Fonseca, R. M. 2016. Pontederiaceae y Typhaceae. In: J. Jiménez, R. M. Fonseca & M. Martínez (eds.). *Fl. de Guerrero*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México 70: 1-32.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 246 pp.
- González-Gutiérrez, M. 1989. El género *Potamogeton* (Potamogetonaceae) en México. *Acta Bot. Mex.* 6: 1-43.
- Graham, S. W. & R. G. Olmstead. 2000. Utility of 17 chloroplast genes for inferring the phylogeny of the basal angiosperms. *Amer. J. Bot.* 87(11): 1712-1730.
- Gray, S. F. 1821. A natural arrangement of British plants. *Nat. Arr. Brit. Pl.* 2: 395, 554.
- Guo, Y., R. Sperry, C. D. K. Cook & P. Cox. 1990. The pollination ecology of *Zannichellia palustris* L. (Zannichelliaceae). *Aquatic Bot.* 38: 341-356.
- Haynes, R. R. 1979. Revision of North and Central American *Najas* (Najadaceae). *Sida* 8(1): 34-56.
- Haynes, R. R. 1983. Potamogetonaceae. In: W. Anderson (ed.). *Flora Novogaliciana: a descriptive account of the vascular plants of western Mexico*. The University of Michigan Press 13: 28-37, 45-47.
- Haynes, R. R. 1986. Typification of Linnean species of *Potamogeton* (Potamogetonaceae) *Taxon* 35(3): 563-573.
- Haynes, R. R. & C. B. Hellquist. 1996. New combination in North American Alismatidae. *Novon* 6(4) 370-371.
- Haynes, R. R., D. H. Les & L. B. Holm-Nielsen. 1998. Potamogetonaceae. In: K. Kubitski (ed.). *The families and genera of vascular plants IX. Flowering plants. Monocotyledons: Alismatanae and Commelinanae*. Berlin: Springer-Verlag 408-415 pp.
- Haynes, R. R. & L. B. Holm-Nielsen. 2001. Hydrocharitaceae. In: W. D. Steven, C. Ulloa Ulloa, A. Pool & O. M. Montiel. *Fl. de Nicaragua*. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 85(2): 1151-1154, 1580-1581 pp.

- Haynes, R. R. 2001. Podostemaceae. *In*: W.D. Stevens, C. Ulloa Ulloa, A. Pool & O. M. Montiel (eds.). *Fl. de Nicaragua. Monogr. Syst. Missouri Bot. Gard.* 85(3): 2150-2152 pp.
- Haynes, R. R. & L. B. Holm-Nielsen. 2003. Potamogetonaceae. *In*: Organization for Fl. Neotropica, UNESCO (eds.). *Fl. Neotrop. Monogr.* 85: 1-52.
- Horn, C. N. 1987. Pontederiaceae. *In*: G. W. Harling & B. B. Sparre (eds.). *Fl. Ecuador. University of Göteborg & Swedish Museum of Natural History, Göteborg & Stockholm* 29: 1-20.
- Horn, C. N. 1988. Developmental heterophylly in the genus *Heteranthera* (Pontederiaceae). *Aquat. Bot.* 31(3): 197-209.
- Horn, C. N. & R. R. Haynes. 2001. Pontederiaceae. *In*: Stevens, W. D., C. Ulloa Ulloa, A. Pool & O. M. Montiel (eds.). *Fl. de Nicaragua. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 85(3): 2177-2180.
- Hutchinson, G. E. 1975. *A treatise on limnology*. Limnological Botany. John Wiley & Sons. New York 3: 660.
- Hutchinson, J., 1959. *The families of flowering plants*. 2a. ed. Oxford: Clarendon Press 2: 792.
- Hyde, M. A., B. T. Wursten, P. Ballings & M. Coates Palgrave. 2018. *Fl. of Zimbabwe: Tristicha*.  
[https://www.zimbabweflora.co.zw/speciesdata/genus.php?genus\\_id=638](https://www.zimbabweflora.co.zw/speciesdata/genus.php?genus_id=638)
- Ito, M. 1987. Phylogenetic systematics of the Nymphaeales. *Bot. Mag.* 100: 17-35.
- Ito, Y., N. Tannaka, S. Gale, O. Yano & J. Li. 2017. Phylogeny of *Najas* (Hydrocharitaceae) revisited: implications for systematics and evolution. *Taxon* 66(2): 309-323.
- INEGI. Síntesis geográfica del estado de Puebla. 2000. Consultado el 14 de agosto de 2018 en:  
[http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825222949/702825222949\\_12.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825222949/702825222949_12.pdf)
- Jaramillo-Luque, V. y F. González-Medrano. 1983. Análisis de la vegetación arbórea en la provincial florística de Tehuacán-Cuicatlán. *Bol. Soc. Bot. México* 45: 49-64.
- Jones, E. N. 1931. The morphology and biology of *Ceratophyllum demersum*. *Stud. Nat. Hist. Iowa Univ.* 13: 11-55.
- Judd, W. S., C. S. Campbell, E. A. Kellogg, P. F. Stevens & M. J. Donoghue. 2002. *Plant systematics: a phylogenetic approach*. 2a. ed. Massachusetts: Sinauer Associates Inc. 576 pp.
- Kaplan, Z. 2002. Phenotypic plasticity in *Potamogeton* (Potamogetonaceae). *Folia Geobot.* 37: 141-170.
- Kaplan, Z. & J. J. Symoens. 2005. Taxonomy, distribution and nomenclature of three confused broad-leaved *Potamogeton* species occurring in Africa and on surrounding islands. *J. Linn. Soc., Bot.* 148(3): 329-357.
- Kaplan, Z. 2008. A taxonomic revision of *Stuckenia* (Potamogetonaceae) in Asia, with notes on the diversity and variation of the genus on a worldwide scale. *Folia Geobot.* 43: 159-234.
- Kaplan, Z. & J. L. Reveal. 2013. Taxonomic identity and typification of selected names of North American Potamogetonaceae. *Brittonia* 65(4): 452-468.

- Kato, M., Y. Kita & S. Koi. 2003. Molecular phylogeny, taxonomy and biogeography of *Malaccostristicha australis comb. nov.* (syn. *Tristicha australis*) (Podostemaceae). *Australian Syst. Bot.* 16: 177-183.
- Kim, C. & H. Choi. 2011. Molecular systematics and character evolution of *Typha* (Typhaceae) inferred from nuclear and plastid DNA sequence data. *Taxon* 60(5): 1417-1428.
- Kita, Y. & M. Kato. 2001. Intrafamilial phylogeny of the aquatic angiosperm Podostemaceae inferred from the nucleotide sequences of the *matK* gene. *Pl. Biol.* 3: 156-163.
- Kita, Y. & M. Kato. 2004. Phylogenetic relationships between disjunctly occurring groups of *Tristicha trifaria* (Podostemaceae). *J. Biogeogr.* 31(10): 1605-1612.
- Kohn, J.R., S.W. Graham, B. Morton, J.J. Doyle & S.C.H. Barrett. 1996. Reconstruction of the evolution of reproductive characters in Pontederiaceae using phylogenetic evidence from chloroplast DNA restriction-site variation. *Evolution* 50(4): 1454-1469.
- Koi, S., Y. Kita, Y. Hirayama, R. Rutishauser, K. A. Huber & M. Kato. 2012. Molecular phylogenetic analysis of Podostemaceae: implications for taxonomy of major groups. *J. Linn. Soc., Bot.* 169(4): 461-492.
- Landolt, E. 1986. *The family of Lemnaceae a monographic study*. Zurich: Veroff. Geobot. Inst. ETH, Stift. Rubel Zuer. 1: 71-566.
- Landolt, E. & U. Schmidt-Mumm. 2009. Lemnaceae. In: J. Betancourt, G. Galeano & J. Aguirre-C. (eds.). *Fl. de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia 24: 1-54.
- Les, D. H. 1986a. The evolution of achene morphology in *Ceratophyllum* (Ceratophyllaceae), I. Fruit-spine variation and relationships of *C. demersum*, *C. submersum*, and *C. apiculatum*. *Syst. Bot.* 11(4): 549-558.
- Les, D. H. 1986b. The phytogeography of *Ceratophyllum demersum* and *C. echinatum* (Ceratophyllaceae) in glaciated North America. *Canad. J. Bot.* 64(3): 498-509.
- Les, D. H. 1986c. Systematics and evolution of *Ceratophyllum* L. (Ceratophyllaceae): a monograph. PhD. Dissertation, The Ohio State University, Columbus 418 p.
- Les, D. H. 1988a. The origin and affinities of the Ceratophyllaceae. *Taxon* 37(2): 326-345.
- Les, D. H. 1988b. The evolution of achene morphology in *Ceratophyllum* L. (Ceratophyllaceae), II. Fruit variation and systematics of the “spiny-margined” group. *Syst. Bot.* 13(1): 73-86.
- Les, D. H. 1988c. The evolution of achene morphology in *Ceratophyllum* L. (Ceratophyllaceae), III. Relationships of the “facially-spined” group. *Syst. Bot.* 13(4): 509-518.
- Les, D. H. 1989. The evolution of achene morphology in *Ceratophyllum* (Ceratophyllaceae), IV. Summary of proposed relationships and evolutionary trends. *Syst. Bot.* 14(2): 254-262.
- Les, D. H., D. K. Garvin & C. F. Wimpee. 1991. Molecular evolutionary history of ancient aquatic angiosperms. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 88: 10119-10123.

- Les, D. H., D. Garvin & C. Wimpee. 1993. Phylogenetic studies in the monocot subclass Alismatidae: evidence for a reappraisal of the aquatic order Najadales. *Molec. Phy. Evol.* 2(4): 304-314.
- Les, D. H., C. T. Philbrick & A. Novelo. 1997. The phylogenetic position of riverweeds (Podostemaceae): insights from *rbcL* sequence data. *Aquat. Bot.* 57(1): 5-27.
- Les, D. H., E. L. Schneider, D. J. Padgett, P. S. Soltis, D. E. Soltis & M. Zanis. 1999. Phylogeny, classification and floral evolution of water lilies (Nymphaeaceae, Nymphaeales): a synthesis of non-molecular, *rbcL*, *matK* and 18S *rDNA* data. *Syst. Bot.* 24(1): 28-46.
- Les, D. H. 2001. Ceratophyllaceae. *In*: W.D. Stevens, C. Ulloa Ulloa, A. Pool & O. M. Montiel. *Fl. de Nicaragua. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 85(1): 601-602.
- Les, D. H. 2002. Nymphaeales. *Encyclopedia of life sciences.* 3 p.
- Les, D. H., D. J. Crawford, E. Landolt, J. D. Gabel & R. T. Kimball. 2002. Phylogeny and systematics of Lemnaceae, the duckweed family. *Syst. Bot.* 27(2): 221-240.
- Les, D. H., M. Moody & C. Soros. 2006. A reappraisal of phylogenetic relationships in the monocotyledon family Hydrocharitaceae (Alismatidae). *Aliso* 22: 211-230.
- Li, H. 1955. Classification and phylogeny of Nymphaeaceae and allied families. *Amer. Mid. Nat.* 54(1): 33-41.
- Li, X. & Z. Zhou. 2009. Phylogenetic studies of the core Alismatales inferred from morphology and *rbcL* sequences. *Progr. Nat. Sci.* 19: 931-945.
- Lindqvist, C., J. De Laet, R. R. Haynes, L. Aagesen, B. R. Keener & V. A. Albert. 2006. Molecular phylogenetics of an aquatic plant lineage, Potamogetonaceae. *Cladistics* 22: 568-588.
- Lot, A., A. Novelo & P. Ramírez. 1993. Diversity of Mexican aquatic vascular plant flora. *In*: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological Diversity of Mexico: origins and distributions.* Oxford University Press. New York, USA 577-594.
- Lot, A., A. Novelo, M. Olvera & P. Ramírez. 1999. *Catálogo de angiospermas acuáticas de México: hidrófitas estrictas, emergentes, sumergidas y flotantes.* Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. Cuadernos 33. 161 p.
- Lot, A. 2004. Fanerógamas acuáticas. *In*: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca.* IB-UNAM, Fondo Oaxaqueño para la conservación de la naturaleza y WWF. México, D.F. 237-248.
- Lot, A. 2012. Las monocotiledóneas acuáticas y subacuáticas de México. *Acta Bot. Mex.* 100: 135-148.
- Lot, A. & A. Novelo. 2004. *Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la Ciudad de México y sus alrededores.* Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México 206 p.
- Lot, A. & M. Olvera. 2013. Hydrocharitaceae. *In*: A. Lot, R. Medina-Lemos & F. Chiang (eds.). *Plantas acuáticas mexicanas: una contribución a la Flora de México.* Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 1: 175-185.
- Lot, A., M. Olvera, C. Flores y A. Díaz. 2015. *Guía ilustrada de campo: plantas indicadoras de humedales.* Instituto de Biología, UNAM, México 238 pp.

- Lopes, E., M. Cortes, M. de Chiara & A. Ike. 2012. Floral development in *Potamogeton* (Potamogetonaceae, Alismatales) with emphasis of gynoecial features. *Aquat. Bot.* 100: 56-61.
- Lowden, R. M. 1986. Taxonomy of the genus *Najas* L. (Najadaceae) in the neotropics. *Aquat. Bot.* 24(2): 147-184.
- Mabberley, D. 2002. *The Plant-book*. 2a. ed. Edinburgh: Cambridge University Press. 705 pp.
- Martínez, M. 2013. Potamogetonaceae. In: A. Lot, R. Medina-Lemos & F. Chiang (eds.). *Plantas acuáticas mexicanas: una contribución a la Flora de México*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México 1: 321-326.
- McVaugh, R. 1983. Pontederiaceae. In: W. Anderson (ed.). *Flora Novo-Galiciana: a descriptive account of the vascular plants of western Mexico*. Bromeliaceae a Dioscoreaceae. The University of Michigan Press 15: 110-119.
- McVaugh, R. & S. D. Koch. 1983. Lemnaceae. In: W. Anderson (ed.). *Flora Novo-Galiciana: a descriptive account of the vascular plants of Western Mexico*. The University of Michigan Press 13: 109-120.
- McVaugh, R. & S. D. Koch. 1983. Typhaceae. In: W. Anderson (ed.). *Fl. Novo-Galiciana: a descriptive account of the vascular plants of Western Mexico*. The University of Michigan Press 13: 441-449.
- Miki, S. 1937. The origin of *Najas* and *Potamogeton*. *Bot. Mag.* 51: 472-480.
- Mora-Olivo, A. & J. Mora-López. 2013. Najadaceae. In: A. Lot, R. Medina-Lemos & F. Chiang (eds.). *Plantas acuáticas mexicanas: una contribución a la Flora de México*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México 1: 235-237.
- Mora-Olivo, A., J. L. Villaseñor y M. Martínez. 2013. Las plantas vasculares acuáticas estrictas y su conservación en México. *Acta Bot. Mex.* 103: 27-63.
- Mora-Olivo, A. & C. T. Philbrick. 2017. Podostemaceae. In: A. Lot (ed.). *Plantas acuáticas mexicanas una contribución a la Flora de México*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México Versión digital 2(1): 179-188.
- Ness, R. W., S. W. Graham & S. C. H. Barrett. 2011. Reconciling gene and genome duplications events: using multiple nuclear gene families to infer the phylogeny of the aquatic plant family Pontederiaceae. *Mol. Biol. Evol.* 28(11): 3009-3018.
- Novelo, A. & C. T. Philbrick. 1997. Taxonomy of mexican Podostemaceae. *Aquat. Bot.* 57(4): 275-303.
- Novelo, A. & J. Bonilla-Barbosa. 1999. Nymphaeaceae. In: J. Rzedowski & G. Calderón de Rzedowski (eds.). *Fl. del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Instituto de Ecología A.C. Pátzcuaro, Michoacán, México 77: 1-13.
- Novelo, A. & C. T. Philbrick. 2000. Podostemaceae. In: J. Rzedowski & G. Calderón de Rzedowski (eds.). *Fl. del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Instituto de Ecología A.C. Pátzcuaro, Michoacán, México 87: 1-5.
- Novelo, A. & A. Lot. 2001. Potamogetonaceae. In: G. Calderón de Rzedowski & J. Rzedowski. *Fl. Fanerogámica del Valle de México*. 2a. ed. Instituto de Ecología, A.C. Pátzcuaro, Michoacán. México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México 981-986 pp.
- Novelo, A. & A. Lot. 2001. Lemnaceae. In: G. Calderón de Rzedowski & J. Rzedowski. (eds.) *Fl. Fanerogámica del Valle de México*. 2a. ed. Instituto de

- Ecología, A.C. Pátzcuaro, Michoacán, México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México 1170-1176 pp.
- Novelo, A. & A. Lot. 2001. Hydrocharitaceae. *In*: G. Calderón de Rzedowski & J. Rzedowski (eds.). *Fl. Fanerogámica del Valle de México*. 2a. ed. Instituto de Ecología, A.C. Pátzcuaro, Michoacán, México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México 169-172 pp.
  - Novelo, A. & A. Lot. 2001. Pontederiaceae. *In*: G. Calderón de Rzedowski & J. Rzedowski (eds.). *Fl. Fanerogámica del Valle de México*. 2a. ed. Instituto de Ecología A.C. Pátzcuaro, Michoacán. México y Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México 1198-1202 pp.
  - Novelo, A. 2005. Potamogetonaceae. *In*: J. Rzedowski & G. Calderón de Rzedowski (eds.). *Fl. del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Instituto de Ecología A.C. Pátzcuaro, Michoacán, México 133: 1-21.
  - Obermeyer, A. A. 1966. Zannichelliaceae. *In*: L.E. Codd, B. de Winter & H.B. Rycroft (eds.). *Fl. Southern Africa* 1: 73-81.
  - Olvera, M. & A. Lot. 2013. Lemnaceae. *In*: A. Lot, R. Medina-Lemos & F. Chiang (eds.). *Plantas acuáticas mexicanas: una contribución a la Flora de México*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México 1: 213-222.
  - Olvera, M. & A. Lot. 2013. Pontederiaceae. *In*: A. Lot, R. Medina-Lemos & F. Chiang (eds.). *Plantas acuáticas mexicanas: una contribución a la Flora de México*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México 1: 307-319.
  - Olvera, M. 2013. Zannichelliaceae. *In*: A. Lot, R. Medina-Lemos & F. Chiang (eds.). *Plantas acuáticas mexicanas: una contribución a la Flora de México*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México 1: 345-347.
  - Pellegrini, M. O. de O. 2017. Two new synonyms of *Heteranthera* (Pontederiaceae, Commelinales). *Nordic J. Bot.* 35(1): 124-128.
  - Perrier de la Bathie, H. 1952. Flore de Madagascar et des Comores. Podostémonacées. Paris. p. 3.
  - PROFEPA. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Consultado el 14 de agosto de 2018 en: [http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM\\_059\\_SEMARNAT\\_2010.pdf](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf)
  - Ramírez-Cantú, D. 1948. Anotaciones generales sobre la vegetación acuática, ruderal y arvense de Cuicatlán y sus alrededores. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Biol.* 19: 427-440.
  - Reveal, J. L. 1990. The neotypification of *Lemna minuta* Humb., Bonpl. & Kunth, an earlier name for *Lemna minuscula* Herter (Lemnaceae). *Taxon* 38(2): 329.
  - Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. México: Limusa. 432 pp.
  - Rzedowski, J. 1991. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una operación analítica preliminar. *Acta Bot. Mex.* 15: 47-64.
  - Schatz, G. E., S. Andriambololonera, P. P. Lowry II, P. B. Phillipson, M. Rabarimanarivo, J. I. Raharilala Rajaonary, N. Rakotonirina, R. H. Ramananjanahary, B. Ramandimboisa, A. Randrianasolo, N. Ravololomanana, C. M. Taylor & J. C. Brinda. 2018. Madagascar Catalogue, Catalogue of the Vascular



Plants of Madagascar. Missouri Botanical Garden, St. Louis, U.S.A. & Antananarivo, Madagascar <http://www.tropicos.org/Project/Madagascar> Consultada en julio de 2018.

- Schwartz, O. 1930. Pontederiaceae. In: A. Engler and K. Prantl [eds.], Die natürlichen Pflanzenfamilien, Ed. 2. W. Engelmann, Leipzig, Germany 181-188.
- Sculthorpe, C. D. 1967. *The biology of aquatic vascular plants*. Edward Arnold (Publishers). Ltd. Londres. 610 pp.
- SEMARNAT. 2013. Programa de manejo Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. CONANP, México. 329 pp.
- Shaffer-Fehre, M. 1991. The position of *Najas* within the subclass Alismatidae (Monocotyledones) in the light of new evidence from seed coat structures in the Hydrocharitoideae (Hydrocharitales). *J. Linn. Soc., Bot.* 107(2): 189-209.
- Simpson, M. G. & D. H. Burton. 2006. Systematic floral anatomy of Pontederiaceae. In: J. T. Columbus, E. A. Friar, J. M. Porter, L. M. Prince & M. G. Simpson (eds.). *Monocots: comparative biology and evolution (excluding Poales)*. *Aliso* 22: 499-519.
- Smith, S. G. 1986. The cattails (*Typha*): interspecific ecological differences and problems of identification. *Lake and Reservoir Management*. 2(1): 357-362.
- Soltis, D. E., M. E. Mort, P. S. Soltis, C. Hibsich-Jetter, E. A. Zimmer & D. Morgan. 1999. Phylogenetic relationships of the enigmatic angiosperm family Podostemaceae inferred from 18S rDNA and *rbcL* sequence data. *Molec. Phylogen. Evol.* 11(2): 261-272.
- Soltis, P. S., D. E. Soltis, M. J. Zanis & S. Kim. 2000. Basal lineages of angiosperms: relationships and implications for floral evolution. *Int. J. Plant Sci.* 161: S97-S107.
- Stevens, P. F. 2001. Angiosperm Phylogeny Website. Version 14, July 2017. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/> Consultada el 15 de junio de 2018.
- Takhtajan, A. 2009. *Flowering plants*. 2a. ed. Springer Science + Business Media B.V. 871 pp.
- Talavera, S., P. García Murillo & H. Smith. 1986. Sobre el género *Zannichellia* L. (*Zannichelliaceae*). *Lagascalaia* 14(2): 242-271.
- Tamura, M. N., J. Yamashita, S. Fuse & M. Haraguchi. 2004. Molecular phylogeny of monocotyledons inferred from combined analysis of plastid *matK* and *rbcL* gene sequences. *J. Pl. Res.* 117: 109-120.
- Tanaka, N., H. Setoguchi & J. Murata. 1997. Phylogeny of the family Hydrocharitaceae inferred from *rbcL* and *matK* gene sequence data. *J. Pl. Res.* 110: 329-337.
- Téllez-Valdéz, O., M. Reyes-Castillo, P. Dávila-Aranda, K. Gutiérrez-García, O. Téllez-Poo, R. Álvarez-Espino, A. González-Romero, I. Rosas-Ruíz, M. Ayala-Razo, M. Hernández-Moreno, M. Murguía-Romero & U. Guzmán-Cruz. 2007. Guía ecoturística de las plantas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. CONABIO. 54 pp.
- Terasmae, J. & B. G. Craig. 1958. Discovery of fossil *Ceratophyllum demersum* L. in northwest territories, Canada. *Canad. J. Bot.* 36(5): 567-569.
- Tiner, R. W. 1991. The concept of a hydrophyte for wetland identification. *Bioscience* 41(4): 236-247.

- Tippery, N. P., C. T. Philbrick, C. P. Bove & D. H. Les. 2011. Systematics and phylogeny of neotropical riverweeds (Podostemaceae: Podostemoideae). *Syst. Bot.* 36(1): 105-118.
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden, 2 mar 2018. <http://www.tropicos.org>
- Ueda, K., T. Hanyuda, A. Nakano, T. Shiuchi, A. Seo, H. Okubo & M. Hotta. 1997. Molecular phylogenetic position of Podostemaceae, a marvelous aquatic flowering plant family. *J. Plant Res.* 110: 87-92.
- UNESCO. El Valle de Tehuacán-Cuicatlán: hábitat originario de Mesoamérica ingresa a la Lista del Patrimonio Mundial como sitio mixto. Consultado el 26 de julio de 2018 en: [http://www.unesco.org/new/es/mexico/press/news-and-articles/content/news/tehuacan\\_cuicatlan\\_a\\_la\\_lista\\_del\\_patrimonio\\_mundial\\_como/](http://www.unesco.org/new/es/mexico/press/news-and-articles/content/news/tehuacan_cuicatlan_a_la_lista_del_patrimonio_mundial_como/)
- Valiente-Banuet, A., A. Casas, A. Alcántara, P. Dávila, N. Flores-Hernández, M. C. Arizmendi, J. L. Villaseñor y J. Ortega-Ramírez. 2000. La vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Bol. Soc. Bot. México* 67: 24-74.
- Van Royen, P. 1951. The Podostemaceae of the New World. Part I. *Meded. Bot. Mus. Herb. Rijks Univ Utrecht.*, 107: 1-151.
- Vázquez-Yanes, C. 1971. La vegetación de la laguna de Mandinga, Veracruz. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México, Ser. Bot.* 42(1): 49-94.
- Villaseñor, J. L., P. Dávila y F. Chiang. 1990. Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Bol. Soc. Bot. México* 50: 135-149.
- Volkova, P. A., L. M. Kipriyanova, S. Yu. Maltseva & A. A. Bobrov. 2017. Search of speciation: diversification of *Stuckenia pectinata* s.l. (Potamogetonaceae) in southern Siberia (Asian Russia). *Aquat. Bot.* 143: 25-32.
- Wang, Q., T. Zhang & J. Wang. 2007. Phylogenetic relationships and hybrid origin of *Potamogeton* species (Potamogetonaceae) distributed in China: insights from the nuclear ribosomal internal transcribed spacer sequence (ITS). *Pl. Syst. Evol.* 267(1): 65-78.
- Wiersema, J. H. 2001. Nymphaeaceae. In: W. D. Stevens, C. Ulloa Ulloa, A. Pool & O. M. Montiel. Fl. de Nicaragua. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 85(2): 1592-1596.
- Wiersema, J. H., A. Novelo & J. Bonilla-Barbosa. 2008. Taxonomy and typification of *Nymphaea ampla* (Salisb.) DC. *sensu lato* (Nymphaeaceae). *Taxon* 57(3): 967-974.
- Xu, Z. & Deng, M. 2017. Ceratophyllaceae. In: Z. Xu & M. Deng (eds.). Identification and control of common weeds. Hangzhou & Springer Science: Zhejiang University Press 2: 371-374.
- Zepeda-Gómez, C. 2013. Typhaceae. In: A. Lot, R. Medina-Lemos & F. Chiang (eds.). *Plantas acuáticas mexicanas: una contribución a la Flora de México*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México 1: 335-338.
- Zepeda-Gómez, C. 2017. Ceratophyllaceae. In: A. Lot, R. Medina-Lemos & F. Chiang (eds.) *Plantas acuáticas mexicanas: una contribución a la Flora de México*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México 2(1): 69-72.

- Zepeda-Gómez, C. 2017. Nymphaeaceae. *In*: A. Lot (ed.). *Plantas acuáticas mexicanas: una contribución a la Flora de México*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México 2(1): 139-153.
- Zetina-Córdoba, P., J. L. Reta-Mendiola, M. E. Ortega- Cerrilla, E. Ortega-Jiménez, M. T. E. Sánchez-Torres, J. G. Herrera-Haro & M. Becerril-Herrera. 2010. Utilización de la lenteja agua (Lemnaceae) en la producción de tilapia (*Oreochromis* spp.). *Arch. Zootec.* 59: 133-155.
- Zomlefer, W. B. 1994. *Guide to flowering plant families*. The University of North Carolina: Chapel Hill 441 pp.

## APÉNDICES

### APÉNDICE 1

#### ÍNDICE DE NOMBRES CIENTÍFICOS

- Agavaceae** 13  
**Ageratina** 81  
**Algoides** 62  
    *A. palustre* 62  
**Alismataceae** 4, 55  
Alismatales 6, 38, 43, 54, 55, 86, 87  
**Alismatanae** 82, 83  
Alismatidae 6, 54, 83, 86, 89  
**Aponogeton** 62  
**Appertiella** 39  
**Araceae** 4, 6, 43, 44, 82  
Arales 43, 66  
**Asteraceae** 13, 14, 81  
**Asteridae** 33  
**Barclaya** 25, 26  
**Barclayaceae** 25  
**Berberidaceae** 25  
**Blyxa** 38, 39  
**Bonnetiaceae** 5, 33  
**Brasenia** 25, 26  
**Bromeliaceae** 6, 67, 87  
Bryophyta 1  
**Bursera** 14  
**Cabomba** 19, 25, 26  
**Cabombaceae** 5, 25, 26  
Cabomboideae 5, 25, 26  
**Cactaceae** 13  
**Castalia** 25, 26, 27  
    *C. ampla* 27  
**Caulinia** 39, 40  
    *C. flexilis* 40  
    *C. guadalupensis* 39  
**Ceratophyllum** 20  
Ceratophyllales 5, 19, 20  
**Ceratophyllaceae** IV, VII, 4, 5, 17, 18, 20, 32, 72, 73, 77, 78, 80, 81, 83, 85, 90  
**Ceratophyllum** 20, 21, 23, 24, 25, 26, 74, 76, 77, 78, 81, 84, 85, 89, 95  
    *C. apiculatum* 21, 85  
    *C. aquaticum* 21  
    *C. cornutum* 21  
    *C. demersum* 20, 21, 23, 24, 74, 76, 78, 81, 84, 85, 89, 96  
        subsp. *cornutum* 21  
        var. *apiculatum* 21  
    *C. echinatum* 20, 85  
    *C. indicum* 21  
    *C. muricatum* 20  
    *C. platyacanthum* 20  
    *C. submersum* 20, 85  
    *C. tanaiticum* 20  
    *C. tricuspidatum* 21  
    *C. unicolorne* 21  
    *C. verticillatum* 21  
    *C. vulgare* 21  
**Characeae** 5, 32  
**Charophyta** 1  
**Clusiaceae** 5, 33  
**Coleogeton** 56, 59  
    *C. pectinatus* 59  
**Commelinaceae** 6, 49  
Commelinales 6, 48, 49  
**Commelinanae** 82, 83  
**Crassulaceae** 5, 13, 32, 33  
Cycadophyta 20  
**Cymodoceaceae** 54, 55  
**Cyperaceae** 17, 67  
**Dichotophyllum** 20, 21  
    *D. demersum* 21  
**Dufourea** 33, 34  
    *D. alternifolia* 34  
**Egeria** 39  
**Eichhornia** 6, 48, 49, 50  
    *E. meyeri* 49  
Eichhornieae 48  
**Elodea** 39  
**Enhalus** 39  
**Equisetum** 20  
**Euphorbiaceae** 14  
**Euryale** 25, 26, 27  
**Euryalaceae** 25  
Euryalales 25  
Euryaloideae 26  
**Eurystemon** 48, 50  
**Fabaceae** 13, 14  
**Flagellariaceae** 67  
**Fluvialis** 39, 40  
    *F. flexilis* 40  
**Groenlandia** 54

- Haemodoraceae** 6, 49  
**Halophila** 39  
**Haloragaceae** 32  
**Hanguanaceae** 6, 49  
*Heterandra* 50, 51  
     *H. reniformis* 51  
**Heteranthera** 6, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 74, 76, 78, 84, 88, 96  
     *H. acuta* 51  
     *H. reniformis* 51, 52, 53, 74, 76, 78, 96  
     *H. virginica* 51  
*Heterotristicha* 33  
*Hookerina* 50  
**Hydatellaceae** 5, 26  
**Hydrilla** 39  
*Hydroceratophyllum* 20  
*Hydrothrix* 48, 50  
**Hydrilloideae** 6, 38  
**Hydrocharitaceae** IV, VII, 4, 6, 17, 18, 38, 39, 55, 72, 73, 77, 78, 81, 83, 84, 86, 88, 89  
 Hydrocharitales 38, 89  
**Hydrostachyaceae** 5, 32, 33  
**Hypericaceae** 5, 33  
*Ittnera* 39  
**Juncaceae** 67  
**Juncaginaceae** 55  
**Lagarosiphon** 39  
**Lamiaceae** 13, 14  
**Landoltia** 43  
**Lemna** 43, 44, 45, 46, 47, 74, 76, 77, 78, 81, 88, 96  
     sect. *Alatae* 43  
     sect. *Biformes* 43  
     sect. *Lemna* 43  
     sect. *Uninerves* 43  
     *L. abbreviata* 45  
     *L. minuta* 45, 46, 47, 74, 76, 78, 88, 96  
     *L. minima* 45  
     *L. minuscula* 45, 88  
     *L. valdiviana* 45  
     *L. obscura* 45  
**Lemnaceae** IV, VII 4, 5, 6, 17, 18, 32, 43, 44, 72, 73, 77, 78, 80, 81, 82, 85, 86, 87, 88, 91  
**Lemnoideae** 6, 43, 44  
*Leptanthus* 50, 51  
     *L. peruvianus* 51  
     *L. reniformis* 51  
     *L. virginicus* 51  
*Leuconymphaea* 26  
**Liliales** 48  
**Limnobiophyllum** 44  
**Limnobium** 39  
*Lunania* 50  
**Lythraceae** 48  
 Magnoliophyta 1  
**Monochoria** 6, 48, 49, 50  
 Naiadeae 38  
 Naiadaceae 38  
 Najadales 6, 38, 54, 55, 86  
**Najas** 6, 38, 39, 40, 41, 42, 74, 76, 77, 83, 84, 87, 89, 96  
     subgen. *Caulinia* 39  
     subgen. *Najas* 39  
     *N. guadalupensis* 39, 40, 41, 42, 74, 76, 96  
         subsp. *floridana* 40  
         subsp. *guadalupensis* 40  
         subsp. *muenschleri* 40  
         subsp. *olivacea* 40  
     *N. flexilis* 39, 40  
         var. *fusiformis* 40  
         var. *guadalupensis* 40  
     *N. microdon*  
         var. *guadalupensis* 39  
     *N. punctata* 39  
     *N. urbaniana* 40  
 Heteranthereae 48  
*Malaccotristicha* 33  
 Malpighiales 5, 33  
 Magnoliales 19  
 Najadaceae 5, 6, 20, 32, 38, 83, 87  
**Nechamandra** 39  
**Nelumbo** 19, 25, 26  
**Nelumbonaceae** 5, 19, 25  
 Nelumbonales 25  
 Nelumbonoideae 5, 25  
**Nuphar** 25, 26  
 Nupharoideae 5, 26  
**Nymphaea** 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 74, 76, 77, 79, 80, 81, 83, 90, 96  
     subgen. *Anecphyia* 27  
     subgen. *Brachyceras* 27  
     subgen. *Hydrocallis* 27  
     subgen. *Lotos* 27  
     subgen. *Nymphaea* 27  
     *N. ampla* 27, 28, 29, 31, 74, 76, 90, 96  
         var. *plumieri* 28

- N. gracilis* 27, 30, 31, 74, 76, 79, 80, 96
- Nymphaeaceae** IV VII, 4, 5, 17, 18, 25, 26, 32, 72, 73, 77, 78, 80, 81, 86, 87, 90, 91
- Nymphaeales 5, 19, 20, 25, 26, 27, 84, 86
- Nymphaeoidae 5, 25, 26
- Onagraceae** 14
- Ondinea* 26
- Orchidaceae** 5, 13, 32
- Ottelia* 39
- Oxalidaceae** 48
- Pandanales 66
- Philocrena* 33
- Philydraceae** 6, 49
- Phrynium* 50, 51
- P. reniforme* 51
- var. *acuta* 51
- var. *acutum* 51
- Pinus** 14, 75, 76, 80
- Pistia** 43
- Poaceae** 5, 13, 14, 67
- Poales 6, 66, 67, 89
- Podostemaceae** IV, VII, 4, 5, 17, 18, 32, 33, 72, 73, 77, 78, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 89, 90
- Podostemiflorae 32
- Podostemoideae 5, 33, 90
- Podostemopsida 32
- Pontederia** 6, 48, 49, 50
- Pontederiaceae** IV, VII, 4, 6, 17, 18, 48, 49, 72, 73, 84, 77, 78, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89
- Pontederieae 48
- Potamobryon* 33
- Potamogeton** 54, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 65, 74, 77, 83, 84, 87, 90, 96
- subgen. *Potamogeton* 56
- subgen. *Coleogeton* 56
- P. nodosus*** 56, 57, 58, 65, 74, 76, 96
- P. americanus* 56
- var. *novaeboracensis* 56
- P. fluitans* 56
- var. *novaeboracensis* 56
- P. illinoensis*** 57
- P. lonchites* 56
- var. *novaeboracensis* 56
- P. mexicanus* 56
- P. natans*** 56, 57
- var. *mexicana* 56
- P. occidentalis* 56
- P. pectinatus* 59
- P. rotundatus* 56
- Potamogetonaceae** IV, VII, 4, 6, 17, 18, 54, 59, 72, 73, 77, 78, 80, 83, 84, 86, 87, 88, 90
- Pteridophyta 1
- Quercus** 14, 75, 76, 80
- Ranales 5, 25
- Ranunculaceae** 25
- Revatophyllum* 20
- Rhoedales 25
- Rosaceae** 14
- Ruppia** 54
- Ruppiaceae** 55
- Saxifragaceae** 32
- Schollera* 50, 51
- S. reniformis* 51
- Scholleropsis* 48, 50
- Scrophulariaceae** 14, 17
- Sparganiaceae 6, 66
- Sparganium** 6, 66, 67
- Spirillus* 56, 59
- S. lonchites* 56
- S. pectiniformis* 59
- Spirodela** 43, 44
- Stratiotes** 39
- Stuckenia** 54, 55, 56, 59, 61, 65, 74, 76, 84, 90, 96
- S. filiformis* 60
- S. pectinata* 59, 60, 61, 65, 74, 76, 90, 96
- Terniopsis* 33
- Thalassia** 39
- Triexastima* 53
- Tristicha** 33, 34, 36, 37, 74, 76, 84, 85, 96
- T. alternifolia* 34
- T. degreana* 34
- T. trifaria*** 34, 36, 37, 74, 76, 85, 96
- subsp. *pulchella* 35
- subsp. *tlatlayana* 35
- subsp. *trifaria* 35
- Tristichaceae 33, 82
- Tristichoideae 5, 33
- Tristichopsis* 33
- Typha** 6, 7, 66, 67, 68, 70, 71, 74, 76, 77, 80, 85, 89, 96
- sect. *Bracteolatae* 67
- sect. *Ebracteolatae* 67
- T. angustifolia* 68
- subsp. *domingensis* 68
- var. *domingensis* 68
- var. *virginica* 68
- bracteata* 68

*T. domingensis* 68, 69, 70, 71, 74,  
76, 80, 96  
    var. *eudomingensis* 68  
*T. latifolia* 69  
*T. minima* 67  
**Typhaceae** IV, VII, 4, 6, 17, 18, 66, 72, 73,  
77, 78, 81, 83, 85, 87, 90  
Typhales 6, 66  
*Vallisneria* 39  
*Victoria* 25, 26, 27  
*Weddellina* 33  
Weddellinoideae 5, 33  
*Wolffia* 43, 45  
    sect. *Australiana* 43  
    sect. *Pigmentatae* 43  
    sect. *Pseudorrhizae* 43

    sect. *Wolffia* 43  
*Wolffiella* 43, 45  
    sect. *Rotundae* 43  
    sect. *Stipitatae* 43  
    sect. *Wolffiella* 43  
Wolffioideae 43  
*Zannichellia* 55, 62, 64, 65, 74, 76, 77, 83,  
89, 96  
    sect. *Zannichellia* 62  
    sect. *Monopus* 62  
    *Z. palustris* 62, 64, 65, 74, 76, 83, 96  
Zannichelliaceae 6, 54, 55, 83, 88, 89  
**Zosteraceae** 6, 54, 55  
*Zosterella* 48, 50



## APÉNDICE 2

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	8
Figura 2. Ríos de la región del VTC.....	12
Figura 3. Ilustración de <i>Ceratophyllum demersum</i> .....	23
Figura 4. Mapa de distribución de <i>C. demersum</i> .....	24
Figura 5. Ilustración de <i>Nymphaea ampla</i> .....	29
Figura 6. Mapa de distribución de <i>N. ampla</i> y <i>N. gracilis</i> .....	31
Figura 7. Ilustración de <i>Tristicha trifaria</i> .....	36
Figura 8. Mapa de distribución de <i>T. trifaria</i> .....	37
Figura 9. Ilustración de <i>Najas guadalupensis</i> subsp. <i>guadalupensis</i> .....	41
Figura 10. Mapa de distribución de <i>N. guadalupensis</i> subsp. <i>guadalupensis</i> .....	42
Figura 11. Ilustración de <i>Lemna minuta</i> .....	46
Figura 12. Mapa de distribución de <i>L. minuta</i> .....	47
Figura 13. Ilustración de <i>Heteranthera reniformis</i> .....	52
Figura 14. Mapa de distribución de <i>H. reniformis</i> .....	53
Figura 15. Ilustración de <i>Potamogeton nodosus</i> .....	58
Figura 16. Ilustración de <i>Stuckenia pectinata</i> .....	61
Figura 17. Ilustración de <i>Zannichellia palustris</i> .....	64
Figura 18. Mapa de distribución de <i>P. nodosus</i> , <i>S. pectinata</i> y <i>Z. palustris</i> .....	65
Figura 19. Ilustración de <i>Typha domingensis</i> .....	70
Figura 20. Mapa de distribución de <i>T. domingensis</i> .....	71

## APÉNDICE 3

### ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Diversidad de plantas acuáticas estrictas en el VTC.....	72
Gráfica 2. Diversidad de plantas acuáticas estrictas por forma de vida.....	75

## APÉNDICE 4

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de diferentes sistemas de clasificación de las plantas acuáticas estrictas.....	2
Tabla 2. Floras regionales de México y familias de acuáticas estrictas representadas.....	4
Tabla 3. Distritos y municipios que comprenden el VTC.....	9
Tabla 4. Unidades de suelo presentes en el VTC.....	10
Tabla 5. Tipos de clima presentes en el VTC.....	13
Tabla 6. Comparación de registros de familias para la región del VTC.....	72
Tabla 7. Lista de familias encontradas en el VTC.....	73
Tabla 8. Formas de vida de las plantas acuáticas estrictas del VTC.....	74
Tabla 9. Tipo de vegetación donde se localizan las plantas acuáticas estrictas.....	76
Tabla 10. Comparación de plantas acuáticas estrictas del VTC con México y el mundo...	78