



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS**

INSTITUTO DE BIOLOGÍA

**ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DE LAS
PLANTAS ACUÁTICAS VASCULARES PARA
LA CONSERVACIÓN DE LOS AMBIENTES
ACUÁTICOS DE TAMAULIPAS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

DOCTOR EN CIENCIAS

P R E S E N T A

ARTURO MORA OLIVO

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSÉ LUIS VILLASEÑOR RÍOS

MÉXICO, D. F.

FEBRERO, 2009



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.

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
P r e s e n t e

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 24 de noviembre de 2008, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **DOCTOR EN CIENCIAS** del Posgrado en Ciencias Biológicas, del alumno **MORA OLIVO ARTURO** con número de cuenta **504014479** con la tesis titulada "**Estudio de la diversidad de las plantas acuáticas vasculares para la conservación de los ambientes acuáticos de Tamaulipas**", realizada bajo la dirección del **DR. JOSÉ LUIS VILLASEÑOR RÍOS**:

Presidente: DR. FERNANDO CHIANG CABRERA
Vocal: DR. OSWALDO TÉLLEZ VALDÉS
Vocal: DRA. MERCEDES ISOLDA LUNA VEGA
Vocal: DR. JAVIER CARMONA JIMÉNEZ
Secretario: DR. JOSÉ LUIS VILLASEÑOR RÍOS
Suplente: DR. ANTONIO LOT HELGUERAS
Suplente: DRA. MAHINDA MARTÍNEZ Y DÍAZ

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 3 de febrero de 2009.



Dr. Juan Núñez Farfán
Coordinador del Programa

AGRADECIMIENTOS OFICIALES

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por aceptarme y permitirme realizar mis estudios de doctorado.

Al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) por haberme apoyado con una beca a través de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT).

Al Instituto de Biología de la UNAM, especialmente al Departamento de Botánica por todas las facilidades brindadas para la ejecución de mi trabajo de tesis.

A la Facultad de Ciencias de la UNAM por ofrecerme espacios para consulta y tomar algunas clases del posgrado.

Al Instituto de Ecología Aplicada de la UAT, por haberme dado la oportunidad de capacitarme para lograr un mejor desempeño de mi trabajo.

A la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) quien apoyó la ejecución del proyecto S078.

A los miembros de mi Comité Tutorial:

- Dr. José Luis Villaseñor Ríos
- Dr. Oswaldo Téllez Valdés
- Dra. Mahinda Martínez y Díaz

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Al Dr. José Luis Villaseñor, a quien aprendí a apreciar y valorar conforme lo fui descubriendo como tutor, científico y amigo, mil gracias por ayudarme a concretar mis metas, por sus enseñanzas en la filosofía de la ciencia y por su apoyo incondicional.

A los directivos del IBUNAM, Dra. Tila María Pérez, Dr. Fernando Cervantes, Biól. Noemí Chávez y especialmente al Dr. Claudio Delgadillo por su invaluable apoyo y facilidades brindadas durante mi estancia de estudiante en el cubículo A-217.

A mis profesores del posgrado Dr. Oscar Flores, Dra. Gabriela Ibáñez, Dr. Ignacio Méndez, Dr. Benjamín Álvarez, Dr. Javier Caballero, Dra. Martha Sofía González y Dra. Ma. Concepción García, que me instruyeron en el conocimiento de sus especialidades.

A los doctores miembros de los jurados de los exámenes de candidatura y de grado Fernando Chiang, Isolda Luna, Hilda Flores, Oswaldo Téllez, Jaime Bonilla, Javier Carmona, José Luis Villaseñor, Antonio Lot y Mahinda Martínez, gracias por sus observaciones y sugerencias.

Al personal de la Coordinación del Posgrado en Ciencias Biológicas, Juan Núñez, Fausto Méndez y sobretodo a Rocío González y a Lilia Espinosa que siempre fueron muy amables y pacientes conmigo durante los numerosos trámites del doctorado.

A todo el personal de la Biblioteca del IBUNAM, que pusieron a mi disposición el acervo que me ayudó a mejorar mis conocimientos, especialmente a Gina y a José a quienes considero amigos.

Al personal de la oficina del Programa de Mejoramiento del Profesorado de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y su representante Tere Guzmán de quien recibí un gran soporte. Y de manera especial a la Dra. Frida Caballero por su amistad y apoyo incondicional antes, durante y después de mis estudios de posgrado, gracias enseñarme con tus acciones a mejorar mi trabajo.

A diversos especialistas que compartieron sus conocimientos y contribuyeron a mejorar el inventario de plantas acuáticas de este trabajo, como Abisaí García, Alfonso Delgado, Antonio Lot, Donald H. Les, George Yatskievych, Ishan Al-Shehbaz, Jaime Bonilla, Jerzy Rzedowski, J. Gabriel Sánchez-Ken, José Luis Villaseñor, Mahinda Martínez, Nancy Hensold, Nely Diego, Patricia Dávila, Raquel Galván, R. James Hickey, Robert R. Haynes, Shirley Graham, Socorro González, Thomas F. Daniel y Thomas Philbrick.

Con mucho aprecio a Isolda Luna y al Dr. Juan José Morrone, a quienes me hubiera gustado tener como parte de mi Comité Tutorial pues me apoyaron mucho con su entusiasmo y dinamismo para avanzar en parte de mi tesis.

A los doctores Thom Philbrick y Claudia Bove, colegas y amigos de Alejandro Novelo, que le dedicaron una nueva especie (*Castelnavia noveloi*) y con quienes compartí el estudio de las plantas acuáticas.

A mis amigos y compañeros del posgrado con los que conviví durante mi estancia en el IBUNAM y que siempre me apoyaron a continuar adelante, entre ellos Alicia Rojas, Silvia Zumaya, Carolina Granados, Eva Cué, Elizabeth Martínez, Angélica Cervantes, Carlos Gómez, Oscar Farrera, Eduardo Pérez, Alfredo Saynes, Armando Rincón y Enrique Scheinvar.

A diversos investigadores, técnicos y trabajadores de la UNAM que siempre me alentaron para continuar mi estudios hasta el final, muchos de ellos amigos como Lauro López, Patricia Dávila, Salvador Arias, Abisaí García, Hilda Flores, Gerardo Salazar, Lidia Cabrera, Martha Olvera, Maru García, Gilda Ortiz, Verónica Juárez, Helga Ochoterena, Alfonso Delgado, David Gernandt, Enrique Martínez, Carmen Cecilia Hernández, Susana Gama, Leticia Torres, Calixto León, Elvia Esparza, Carmen Loyola, José Luis Díaz, Alfredo Pérez, Pedro Mercado, Tony Arizmendi, Guillermo Ibarra, Albino Luna, Rafael Torres, Hermilo Quero, Edelmira Linares, Rosalinda Medina, Pedro Ramírez, Angélica Ramírez, Esteban Martínez, Adelaida Ocampo, Gabriela Hernández, Judith Márquez, Margarita Collazo, Abril Trujillo, Ubaldo

Melo, Joel Villavicencio, Jorge López, Julio César Montero, Alfredo Wong, Celina Bernal, Sra. Alicia, Sra. Mary, Sra. Elena y secretarias.

A mis compañeros y amigos del Instituto de Ecología Aplicada (IEA) que siempre me apoyaron y animaron para realizar mis estudios de posgrado en la UNAM, Cuquis, Adelina, Maty, Héctor, Carlos, Gerardo, Casimiro, Liborio, Claudia, José, Leonardo, Jorge Luis, Laura, Américo, Jorge, Alma, Irma, Tony, Griselda, Manuel Lara, Luisa, Mague, Manuel Yáñez, Lupito, Luis Manuel, Manuel Garza, Lolo, Ramón, Alma Luz, José Luis, Mireya, Pablo, Don Pablo, Juliana, Margarita, Bertha, Paulín, Leandro, Miroslava, Homero, Miguel y Joel. A todos los considero también amigos, especialmente a Héctor y a Laura que me han dado toda la ayuda posible de manera incondicional, tanto en aspectos de trabajo como personales. Particularmente a los ingenieros Julio César Gómez y Juan José Butrón que como directivos del IEA me brindaron todo su apoyo para efectuar mis estudios de doctorado.

A mis compañeros y amigos de la Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias de la UAT, principalmente a su director Ing. Froylán Lucero por su ayuda y comprensión y a Jacinto Treviño quien me hospedó en su casa del D.F. al iniciar mi posgrado.

A Susana Hurtado y a Patricia Bordon con quienes comparto la pasión por los humedales, a la gente de la Comisión Nacional del Agua y a las personas de campo que me ayudaron en la búsqueda, recolecta, información y transporte de plantas acuáticas.

A la Sra. Carmen Silvia de Novelo que continuando con los deseos de Alejandro estuvo al pendiente de mí y de mis compañeros de cubículo.

A mis amigos y ex compañeros del IEA Luis, Mahinda, Humberto y Lupita de quienes he aprendido muchas cosas.

A mi “paisano” el Maestro Francisco González Medrano que ha trabajado gran parte de su vida en Tamaulipas y con quien siempre quise salir al campo, esta es la información que esperaba desde hace tiempo.

A mis colegas y amigos españoles, los doctores Fernando Díaz del Olmo, Rafael Cámara y su esposa Ana quienes me echaron muchas porras para poder concluir mis estudios de posgrado.

A los amigos y vecinos del cubículo A-218, Enrique Ortiz y a Rosario Redondo por el apoyo técnico que me dieron en distintas fases de mi tesis, igualmente a Lupita Segura y a Oscar Hinojosa quien siempre fueron amables conmigo.

A mis compañeros y amigos del cubículo A-217, Lourdes Carmona, Lourdes Cruz, Ivonne Reyes, Miguel Ángel Ordóñez, Rigoberto Romero, Ociel Mora y Leandro Ramos con los que viví numerosos momentos agradables de ciencia, pero sobretodo de gran amistad.

A mis amigos universitarios con quienes compartí además de la casa de Doña Rosa, una buena amistad que nos permitió pasar grandes momentos juntos, Izcóatl, Rodrigo, José Luis y Sergio.

A la familia Gutiérrez Valencia por abrigarme en su hogar durante la última fase de mi trabajo de tesis, Pbro. Vidal Valencia, Dr. Carlos (†), Mtra. Dámariz, Carlos, Ruti, la tía Vidalia y sus hijos.

A todos mis hermanos en Cristo de la Iglesia Puerta de Salvación en Cd. Victoria y de la Congregación Valle de Luces en el D.F. por sus oraciones y por fortalecer mi fe.

A toda mi familia extendida, especialmente a mis padres Tereso Mora (†) y Anastacia Olivo que me enseñaron los valores de la vida y a mis hermanos Antonio (†), Alma, Alicia, Alberto y Adrián que siempre me animaron a seguir estudiando; también a tíos, primos, suegros, cuñados, concuños, etc. que siempre estuvieron conmigo y cuidaron de los míos.

La Ventana...

La ventana nos ofrece cada día un trozo de naturaleza del pedregal, al abrirla de inmediato se siente la fresca brisa, el canto de los pájaros y el suave movimiento de las hojas de los eucaliptos. Ocasionalmente miramos una nueva flor entre las hierbas y la fugaz silueta de una pequeña lagartija que se pierde entre las rocas negras.

Pero hoy todo es muy distinto.....él ya no está aquí.....y parece que todo se hubiese detenido.....no escucho cantos ni el fluir del viento entre los árboles. Me desconsiela ver que aún las flores rojas de tu pequeño cactus que adorna la repisa ya se han secado.

Este lugar se siente solo, más vacío que nunca...sin sonido.....sin movimiento. Pareciera que aun la naturaleza hace un minuto de silencio por aquel que mucho la amó y que hizo de su pasión por ella el motivo de su trabajo. Siento tanta tristeza.....

De pronto..... ¿un sonido?, si, y muy agradable, es el pequeño pájaro que volvió. Por ahí corre una ardilla, se escucha un grillo cantar y un ligero movimiento de las hojas. Ahora el viento parece más cálido, lo siento en mi cara y..... ¿ahora en el hombro?....mas bien parece una palma firme.

Me siento mucho mejor, ahora comprendo que no debo estar triste porque te fuiste, sino celebrar que estuviste y estarás. Lentamente sonrío y digo adiós a la tristeza, que ágil se escapa por la ventana....

Gracias por todo Alex....

*Arturo Mora Olivo
Junio 19 de 2006*

Alejandro Novelo (†) partió el 18 de junio de 2006. Esta tesis es un tributo a su memoria, pues la dirigió en gran parte y gracias a su motivación ahora es una realidad; espero reflejar en ella al menos parte de lo mucho que me enseñó como mentor, científico, maestro y amigo.

DEDICATORIA

*Al Dios trino, único y verdadero
que me alienta, me sustenta y fortalece siempre*

*A Magaly
mi amor, mi aliento, mi felicidad
y el ser más maravilloso que Dios me dio*

*Ya mis dos grandes tesoros fruto de nuestro amor
Andrea y Arturito*

CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	5
Panorama del conocimiento de la flora acuática en México	6
Distribución de las plantas acuáticas	8
Conservación de humedales	10
Objetivos	11
CAPÍTULO II. DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LA FLORA VASCULAR ACUÁTICA DE TAMAULIPAS, MÉXICO	18
Resumen	19
Abstract	19
Introducción	19
Materiales y métodos	21
Resultados	22
Discusión	26
Anexo	27
Agradecimientos	33
Referencias	33
CAPÍTULO III. PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE LA FLORA VASCULAR ACUÁTICA Estricta EN EL ESTADO DE TAMAULIPAS, MÉXICO	36
Resumen	37
Abstract	37
Introducción	37
Material y métodos	39
Resultados	40
Discusión	42
Agradecimientos	45
Literatura citada	45
Apéndice 1	49
CAPÍTULO IV. LAS PLANTAS VASCULARES ACUÁTICAS Estrictas Y SU CONSERVACIÓN EN MÉXICO	51
Resumen	52
Abstract	53
Introducción	54
Área de estudio	57
Métodos	59
Resultados	61

Discusión	66
Agradecimientos	73
Literatura citada	74
Apéndice	91
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES	115
BIBLIOGRAFÍA GENERAL	122
ANEXOS	130
<i>Hygrophila polysperma</i> (Acanthaceae), una maleza acuática registrada por primera vez para la flora mexicana	131
<i>Salvinia molesta</i> in Mexico	136

RESUMEN

Los humedales son unos de los ecosistemas más amenazados y con su biodiversidad pobremente conocida. En México, como en otras regiones del mundo, estos ambientes han recibido poca atención, no sólo en materia de conservación sino también en cuanto al conocimiento de su biodiversidad y estado de amenaza actual. El objetivo central de este estudio fue analizar los patrones de riqueza y distribución de las plantas vasculares acuáticas mexicanas con especial énfasis en Tamaulipas, para identificar sitios prioritarios para la conservación de humedales. La estructura de la tesis consta de cinco capítulos y anexos.

Capítulo I. Introducción general. Como marco teórico del trabajo, se presenta un panorama general del conocimiento de la flora acuática en México, de la distribución de las plantas acuáticas y de la conservación de humedales. Así mismo, se indican los objetivos general y específicos de este estudio.

Capítulo II. Diversidad y distribución de la flora vascular acuática de Tamaulipas, México. Se estudió la diversidad y distribución de las hidrófitas de Tamaulipas, uno de los estados con mayor superficie de cuerpos de agua en México. Se registraron 426 especies pertenecientes a 213 géneros y 85 familias de plantas vasculares, lo que representa 57% del total conocido para México. Un 22.8% de las especies son acuáticas estrictas, 43.7% son subacuáticas y 33.5% tolerantes. Un alto porcentaje de especies son de amplia distribución, conocidas en toda América o alcanzando regiones del Viejo Mundo. Se identificaron nueve especies como endémicas de México (una de ellas endémica de Tamaulipas).

Capítulo III Patrones de distribución de la flora vascular acuática estricta en el estado de Tamaulipas, México. Se analizaron los patrones de riqueza y distribución de las plantas vasculares acuáticas estrictas en el estado de Tamaulipas. Se registraron 93 especies, siendo más abundantes las típicas de ambientes lénticos. La subcuenca Río Tamesí fue la que registró el mayor número de especies (68, 73.1%). No se registraron especies endémicas al estado, aunque existen dos especies restringidas al territorio mexicano. Un análisis de parsimonia de endemismos de las subcuencas hidrológicas del estado reveló que las plantas acuáticas estrictas presentan un patrón de distribución anidado y son parte de una misma unidad florística.

Capítulo IV. Las plantas vasculares acuáticas estrictas y su conservación en México. Con base en el análisis de la riqueza y distribución de las especies de hidrófitas vasculares estrictas, se identificaron las entidades federativas más relevantes para la conservación de los humedales de México y su riqueza florística acompañante. Se registraron 240 especies de hidrófitas vasculares estrictas, distribuidas en 106 géneros y 62 familias, incluyendo 227 nativas y 13 introducidas. Tal riqueza representa 24% de la riqueza acuática total estimada para México. Los estados que registran la mayor riqueza son Veracruz (145 especies), Jalisco (123), Michoacán (115) y Tamaulipas (113). Solamente 8.3% de las especies son endémicas de México. El análisis iterativo destaca que es necesario involucrar a 13 estados para la conservación del 100% de la flora acuática nativa.

Capítulo V. Discusión y conclusiones generales. La riqueza de plantas acuáticas estrictas de México es relativamente alta. Particularmente el estado de Tamaulipas destaca como un reservorio importante de plantas asociadas a humedales y constituye una zona biogeográficamente importante, al encontrarse en su territorio el límite de distribución geográfica de un buen número de elementos boreales y meridionales. La mayoría de las plantas acuáticas de Tamaulipas son de amplia distribución mundial, aunque a nivel nacional el efecto es inverso. El nivel de endemismo es bajo, como también ha sido registrado en otros países. Las plantas vasculares acuáticas estrictas de Tamaulipas son parte de una misma unidad florística y su distribución obedece a gradientes altitudinales, latitudinales y climáticos. La identificación de 13 estados que ameritan atención especial para llevar a cabo estrategias de conservación de la flora vascular acuática estricta de México, es una primera etapa que orientará estudios futuros.

Anexos. Se incluyen dos notas científicas, en las cuales se reporta por primera vez para México la presencia de las malezas acuáticas *Hygrophila polysperma* (Tamaulipas) y *Salvinia molesta* (Baja California y Sonora).

ABSTRACT

Wetlands are among the most threatened ecosystems and their biodiversity poorly known. In Mexico, as in other regions of the world, these environments have received little attention, not only for its conservation but also in the knowledge of their biodiversity and its current state of threat. The central objective of this study was to analyze the patterns of richness and distribution of aquatic vascular plants in Mexico with particular emphasis on Mexico, to identify priority sites for conservation of wetlands. The structure of the thesis consists of five chapters and appendices.

Chapter I. General introduction. As a theoretical framework of the work, an overview of the knowledge of the aquatic flora in Mexico, and the distribution of aquatic plants and wetlands conservation is provided. The general and specific objectives of this study are also indicated.

Chapter II. Diversity and distribution of aquatic vascular flora of Tamaulipas, Mexico. The diversity and distribution of hydrophytes of Tamaulipas, one of the states with the largest water bodies surface in Mexico was studied. A number of 426 species belonging to 213 genera and 85 families of vascular plants were recorded, which represents 57% of the total known for Mexico. Of them, 22.8% are strictly aquatic, 43.7% subaquatic and 33.5% tolerant. A high percentage of species are widely distributed, known throughout America, even reaching parts of the Old World. Nine were identified as endemic species of Mexico (one of them endemic to Tamaulipas).

Chapter III. Patterns of distribution of aquatic vascular plants in the strict state of Tamaulipas, Mexico. The patterns of richness and distribution of vascular plants strictly aquatic in the state of Tamaulipas were analyzed. A total of 93 species were recorded, being more abundant at lentic environments. Río Tamesí sub basin has the highest number of species (68, 73.1%). There were no species endemic to the state, although there are two species restricted to Mexico. Parsimony analysis of endemism of the hydrological basins of the state showed that strictly aquatic plants have a nested distribution pattern and are part of the same floristic unit.

Chapter IV. Vascular strictly aquatic plants and conservation in Mexico. Based on the analysis of richness and distribution of species of vascular strictly aquatic plants, the states most relevant to wetlands conservation of Mexico and its companion flora were identified. A

total of 240 species were identified, distributed in 106 genera and 62 families, including 227 native and 13 introduced. Such richness represents 24% of the total aquatic species estimated for Mexico. The states that have the highest richness are Veracruz (145 species), Jalisco (123), Michoacán (115) and Tamaulipas (113). Only 8.3% of the species are endemic to Mexico. Iterative analyses emphasize the need to involve 13 states in the conservation of 100% of the native aquatic flora.

Chapter V. Discussion and conclusions. The richness of strictly aquatic plants of Mexico is relatively high. Particularly the state of Tamaulipas stands out as an important reservoir of wetland plants and is important biogeographically; in its territory the distribution limits of a number of northern and southern elements are found. Most aquatic plants of Tamaulipas are widely distributed worldwide, but nationally the effect is reversed. The level of endemism is low, as has been reported in other countries. Strictly aquatic vascular plants of Tamaulipas are part of a floristic unit, and its distribution is accounted for altitudinal, latitudinal and climatic gradients. The identification of 13 states that merit special attention to implement conservation strategies for the vascular flora strictly aquatic in Mexico is a first step that will guide future studies.

Annexes. Two scientific notes reporting for the first time in Mexico the presence of the aquatic weeds *Hygrophila polysperma* (Tamaulipas) and *Salvinia molesta* (Baja California and Sonora) are included.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN GENERAL

Panorama del conocimiento de la flora acuática en México

El conocimiento de la flora acuática a nivel mundial ha sido un proceso lento y gradual; no obstante, existe una gran cantidad de literatura al respecto. En la publicación de Arber (1920), se dieron a conocer más de 600 referencias bibliográficas sobre angiospermas acuáticas, pero sin mencionar cifras acerca de la riqueza de especies. Casi medio siglo después, Sculthorpe (1967) enlistó alrededor de 1700 fuentes bibliográficas relacionadas con plantas acuáticas vasculares, dando a conocer la primera compilación de plantas acuáticas a nivel mundial, con 33 familias de plantas vasculares con representantes exclusivamente acuáticos, incluyendo 124 géneros y 1,022 especies. Cook et al. (1974) en su trabajo sobre plantas acuáticas del mundo, proporcionan claves para la identificación de 81 familias y 393 géneros de plantas acuáticas vasculares de agua dulce. Nuevas ediciones de esta obra (Cook, 1990, 1996), incluyen angiospermas de agua salobre y marina considerando un total de 87 familias, 407 géneros y alrededor de 4,800 especies de plantas acuáticas vasculares. A pesar de que estos estudios son hasta ahora los de mayor utilidad a nivel global, los mismos autores mencionan que este conocimiento es aún incompleto, debido en gran medida a la menor atención que las plantas acuáticas han tenido en muchas regiones del mundo, especialmente en los trópicos (Ellison, 2004; Gotgens y Fortney, 2004).

En México tampoco se cuenta con un inventario completo de las plantas asociadas a sus humedales. Comparativamente con otros grupos vegetales (Cabrera-Rodríguez y Villaseñor, 1987; Villaseñor e Ibarra 1998; Sosa y Dávila 1994), la flora acuática mexicana ha sido escasamente estudiada, tanto desde el punto de vista de comunidades vegetales como florística y taxonómicamente (Rzedowski, 1978, Lot, 1982). Los proyectos de Flora de México, además de las floras regionales (por ejemplo del Bajío y zonas adyacentes, Flora Mesoamericana, Valle de México, Nueva Galicia, Valle de Tehuacán-Cuicatlán), estatales y locales, han contribuido poco al conocimiento de la flora acuática mexicana. Debido a que los objetivos de estos estudios no están enfocados específicamente a plantas de ambientes acuáticos, es frecuente que pocas especies de hidrófitas aparezcan en sus inventarios. Hasta la fecha, la única lista vigente de plantas acuáticas a nivel nacional contiene solamente 118 especies de plantas de familias estrictamente acuáticas (Lot et al., 1999), lo que representa entre el 11.8 y 15.5% del total de la flora acuática estimada para México, es decir, 763

especies de plantas vasculares acuáticas (Lot et al., 1993) o 1,000 especies de fanerógamas (Rzedowski, 1991a).

En la actualidad, sólo dos regiones del país cuentan con un catálogo de plantas acuáticas; una es la Sierra Madre Oriental (Bonilla-Barbosa et al., 2004) y la otra la Península de Yucatán (Gutiérrez, 2006). De las 32 entidades federativas en que se divide México, solamente Aguascalientes (Siqueiros, 1989), Morelos (Bonilla-Barbosa et al., 2000) y Tamaulipas (Mora-Olivo y Villaseñor, 2008) han publicado un inventario de sus hidrófitas vasculares. Algunos trabajos locales sobre flora y/o vegetación acuática de regiones particulares, han enriquecido el conocimiento de este grupo de plantas; por ejemplo, los cuerpos de agua de Querétaro (Martínez y García, 2001), el Lago de Pátzcuaro (Lot y Novelo, 1988), el Lago de Zirahuén (Madrigal et al., 2004), la Laguna de Yuriria (Ramos y Novelo, 1993) o los Pantanos de Centla (Novelo, 2006); sin embargo, aún distan mucho de representar la riqueza florística de los humedales de todo el país.

Los estudios taxonómicos sobre plantas acuáticas en México son aún más escasos que los de tipo florístico. De las 28 familias de plantas vasculares que existen en México con elementos estrictamente acuáticos, solamente cinco tienen un tratamiento taxonómico publicado en el país (Cuadro 1). De los 69 géneros mexicanos de plantas vasculares cuyas especies son todas acuáticas, 12 cuentan con un tratamiento taxonómico moderno a nivel nacional (Cuadro 2). De acuerdo con Lot et al. (1999), existen además en México 49 familias de plantas terrestres y 199 géneros que incluyen plantas acuáticas. Muy pocas de ellas han sido estudiadas taxonómicamente a nivel nacional, como *Malvaceae* (Fryxell, 1988) y *Rubiaceae* (Borhidi, 2006). En cuanto a los géneros, sólo *Cyperus* (Tucker, 1994), *Neptunia* (Windler y Windler, 1974), *Pluchea* (Villaseñor y Villarreal, 2006) y *Utricularia* (Olvera, 1996) han sido estudiados. En conclusión, en México sólo se conoce taxonómicamente 9.1% de las plantas acuáticas vasculares a nivel de familia y 6% a nivel de género.

Los datos expuestos revelan que aún falta mucho trabajo por realizar acerca de las hidrófitas del país. A pesar de los esfuerzos realizados hasta nuestros días, aún no se ha logrado integrar todo el conocimiento que se ha generado de manera aislada en los distintos trabajos florísticos y taxonómicos de las plantas acuáticas mexicanas. Ante este escenario, es importante establecer estrategias que permitan cubrir en el corto y mediano plazo, la deficiencia de información sobre las hidrófitas mexicanas. Es recomendable iniciar estudios

florísticos en regiones con humedales poco conocidas de México, especialmente en las zonas áridas y semiáridas; también es urgente la elaboración de tratamientos taxonómicos de familias y géneros de los que ya se cuente con suficiente material recolectado. Un primer paso para subsanar esta situación es la recopilación y análisis de la literatura disponible que mencione o incluya especies de plantas acuáticas mexicanas, lo cual constituye parte de los objetivos de este trabajo (capítulo cuatro).

Distribución de las plantas acuáticas

La biogeografía tiene como objetivo principal la descripción y análisis de la distribución de los seres vivos (Zunino y Zullini, 2003). Específicamente un análisis de distribución de especies nos ayuda a identificar dos aspectos importantes, por un lado patrones biogeográficos y por otro regiones bióticas (Teneb et al., 2004). La disposición de información biogeográfica confiable sobre un grupo en particular, es muy útil para realizar propuestas de conservación, tanto de especies como de áreas particulares (Vane-Wright et al., 1991; Prance, 2000).

La distribución de las plantas acuáticas es un tema que ha recibido poca atención en comparación con las plantas terrestres. A pesar de que Sculthorpe (1967) da a conocer de manera general algunos patrones biogeográficos de las hidrófitas vasculares, menciona que para muchas especies esta información es desconocida. Hasta la década de los 80, se señalaba que la distribución detallada de las plantas acuáticas se había estudiado en muy pocos casos (Cook, 1987); sin embargo, una serie de trabajos posteriores han arrojado mayor información al respecto (Les et al., 2003; Sawada et al., 2003).

A pesar de que las hidrófitas vasculares se derivan de las plantas terrestres, sus actuales patrones de distribución pueden ser proporcionalmente muy distintos (Cook, 1990). Actualmente se acepta que en términos generales, las plantas acuáticas tienen una distribución geográfica amplia y bajos niveles de endemismos locales; en contraste, las plantas terrestres muestran una baja proporción de especies ampliamente distribuidas y muy altos índices de endemividad (Santamaría, 2002). Aunque las plantas acuáticas solo representan una pequeña proporción de las plantas vasculares (1-2%; Cook, 1990), taxa subcosmopolitas identificados por Thorne (1972) en su revisión sobre grandes disyunciones, incluían una alta proporción de plantas acuáticas (más de la mitad de los géneros y casi todas las especies). Aún familias o géneros con integrantes terrestres y acuáticos muestran distintos patrones de distribución. Un

caso es el de *Ranunculus* en Europa, donde se demostró que los representantes acuáticos tienen niveles de distribución mayores que los terrestres (Santamaría, 2002).

Aspectos históricos y recientes pueden explicar la distribución actual de la flora acuática mundial. El trabajo de Stuckey (1993) sobre la fitogeografía de hidrófitas de Norteamérica, dedujo que los patrones de distribución a escala continental o mundial de las angiospermas acuáticas, son principalmente el resultado de dos grandes disturbios sobre la superficie de la tierra: 1) el disturbio natural de la glaciación del Pleistoceno en el hemisferio norte y 2) el disturbio artificial de las actividades antropogénicas en el mundo entero. También Swada et al. (2003) sugirieron que la biogeografía actual de las macrófitas acuáticas en Norteamérica, es resultado de cuatro rutas de migración durante el periodo post-glacial. Kita y Kato (2004) por su parte, sugieren que la distribución de *Tristicha* y géneros afines, se originaron de un ancestro común que migró de Asia hacia África y América a finales del Mioceno. También se piensa que los llamados pastos marinos tienen una distribución actual que se originó a principios del Terciario cuando todavía Centroamérica no había emergido (Dawes, 1986). De acuerdo a Deil (2005), la distribución de algunos taxa vegetales acuáticos refleja claramente acontecimientos históricos, ya que los patrones de vicarianza son un fenómeno común; sin embargo, en muchos casos la biogeografía de las hidrófitas tiene explicaciones más actuales. Las actividades humanas han acelerado la distribución fortuita o deliberada de plantas acuáticas vasculares a través del mundo (Dutartre y Capdevielle, 1982). Un gran número de plantas acuáticas que son ornamentales se han distribuido ampliamente por influencia humana, siendo los casos mas conocidos en México y en el mundo los de *Elodea canadensis*, *Eichhornia crassipes*, *Hydrilla verticillata* e *Hygrophila polysperma* (Novelo y Martínez, 1989; Crow y Hellquist, 2000; Mora-Olivo et al., 2008a). A pesar de lo anterior, estudios recientes (Charalambidou y Santamaría, 2002; Clausen et al., 2002; Figuerola y Green, 2002; Green et al., 2002; Les et al., 2003) afirman que la dispersión de larga distancia por aves acuáticas, es la explicación mas viable para la distribución amplia o discontinua de una gran mayoría de plantas acuáticas.

Algunas características de las plantas acuáticas y sus ambientes contribuyen a que estas tengan una mejor distribución. Por ejemplo, las altas tasas de reproducción asexual (clones, propágulos) y la gran plasticidad fenotípica permiten que las hidrófitas puedan colonizar rápidamente otros lugares (Barret et al., 1993). Por otra parte, la uniformidad generalizada de

los ambientes acuáticos también favorece que muchas hidrófitas prosperen en nuevos cuerpos de agua (Cook, 1985). Esto pone en ventaja a las plantas acuáticas sobre las plantas terrestres, que suelen tener métodos reproductivos mayormente sexuales y ambientes muy variables.

El endemismo en plantas acuáticas no es muy común, tanto en México como en otras regiones del mundo (Rzedowski, 1991b; Santamaría, 2002; McGlone et al., 2001). Pocas familias de plantas acuáticas, como Podostemaceae, poseen una gran cantidad de géneros y especies endémicas. En México aún no se conoce el dato exacto sobre el endemismo en plantas acuáticas, aunque Rzedowski (1991b) estima que unas 150 especies de plantas acuáticas y subacuáticas están restringidas al territorio mexicano. Hasta ahora no se conoce la distribución y endemismo de toda la flora acuática mexicana, por lo cual se decidió que una parte importante de este estudio se enfocara precisamente a conocer la distribución de sus plantas acuáticas vasculares, con especial énfasis en el estado de Tamaulipas.

Conservación de humedales

Los humedales (ambientes acuáticos, ver definición en capítulo 4) están considerados entre los ecosistemas más importantes por el papel ecológico que desempeñan, por su alta productividad y por su amplia distribución (Mitsch y Gosselink, 1993; Ellison, 2004). Lamentablemente, de los 7 a 9 millones de km² que existen en el mundo, un gran porcentaje se encuentra seriamente amenazado por efectos de contaminación, desecación e introducción de especies exóticas (Médail y Verlaque, 1977; Abell, 2001; Mitsch, 2005). Por tal motivo, los humedales y su biodiversidad se han convertido en una prioridad en materia de conservación (Jain, 1990).

México posee humedales costeros y continentales de gran relevancia por la biodiversidad que poseen (Wilson y Ryan, 1977). Solamente los humedales lénticos (con aguas de lento o nulo movimiento) continentales, registrados por el Inventario Forestal Nacional, ocupan una superficie de 31,825 km² (Palacio-Prieto et al., 2000); de estos, se calcula que 35% está seriamente amenazado por acciones de deforestación, agricultura, industria petrolera y turismo (Olmsted, 1993; Cervantes, 2007; Sánchez et al., 2007). A pesar de que la Convención Ramsar ha designado 112 humedales de importancia internacional en nuestro país (Ramsar, 2008), solamente 14 se encuentran actualmente dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2008) (Cuadro 3) y únicamente cuatro de

ellos tienen un inventario de su flora, como son Cuatro Ciénegas (Pinkava, 1984), Chamela-Cuixmala (Lott, 1985), Sian Ka'an (Durán y Olmsted, 1987) y Pantanos de Centla (Novelo, 2006). Esto refleja que las acciones realizadas en México para la conservación de sus humedales aún son insuficientes y requieren de información científica adecuada.

Los estudios de carácter científico que se han enfocados a la conservación de humedales son escasos, comparados con los que existen para ambientes terrestres. Aún así, existen algunos trabajos que utilizan los criterios de riqueza y rareza de especies acuáticas para proponer áreas de conservación de ambientes acuáticos en distintas regiones del mundo, por ejemplo Abellán et al. (2004) con escarabajos acuáticos en España, Linton y Goulder (2000) con plantas acuáticas en Inglaterra, Fox y Beckley (2005) con peces en Australia y Roux et al. (2008) con invertebrados en Sudáfrica.

Particularmente en México, el único antecedente sobre conservación de humedales usando especies acuáticas es el de Pérez-Arteaga et al. (2005), quienes identificaron 31 sitios prioritarios para la conservación de aves acuáticas. Considerando la gran diversidad de áreas con ecosistemas acuáticos que existen en México sin protección (68.5%, Cuadro 3), es urgente llevar a cabo nuevos estudios que apoyen su conservación, utilizando la riqueza y distribución de grupos biológicos conocidos, como las plantas vasculares acuáticas, aspecto que constituye uno de los objetivos de este trabajo (capítulo cuatro).

Objetivos

Objetivo general

Analizar los patrones de riqueza y distribución de las plantas vasculares acuáticas mexicanas con especial énfasis en Tamaulipas, para generar propuestas de conservación.

Objetivos específicos

1. Obtener un inventario de la flora vascular acuática presente en los humedales del estado de Tamaulipas.
2. Analizar los patrones de riqueza y distribución de las plantas vasculares acuáticas estrictas de Tamaulipas.

3. Identificar, con base en el análisis de la riqueza y distribución de las especies de hidrófitas vasculares estrictas, las entidades federativas más relevantes para la conservación de los humedales de México y su riqueza florística acompañante.

Cuadro 1. Familias estrictas acuáticas mexicanas consideradas en este trabajo y tratamientos taxonómicos recientes publicados a nivel nacional.

No.	Familia	Referencia
1	ALISMATACEAE	
2	AZOLLACEAE	Mickel y Smith, 2004
3	CABOMBACEAE	
4	CERATOPHYLLACEAE	
5	CYMODOCEACEAE	
6	ELATINACEAE	
7	HYDROCHARITACEAE	
8	JUNCAGINACEAE	
9	LEMNACEAE	
10	LILAEACEAE	
11	LIMNOCHARITACEAE	
12	MARSILEACEAE	Mickel y Smith, 2004; Pérez-García et al., 1999
13	MAYACACEAE	
14	MENYANTHACEAE	
15	NAJADACEAE	
16	NELUMBONACEAE	
17	NYMPHAEACEAE	
18	PARKERIACEAE	Mickel y Smith, 2004
19	PODOSTEMACEAE	Novelo y Philbrick, 1997
20	PONTEDERIACEAE	
21	POTAMOGETONACEAE	
22	RUPPIACEAE	
23	SALVINIACEAE	Mickel y Smith, 2004
24	SPARGANIACEAE	
25	SPHENOCLEACEAE	
26	TYPHACEAE	
27	ZANNICHELLIACEAE	
28	ZOSTERACEAE	

Cuadro 2. Géneros estrictamente acuáticos mexicanos considerados en este trabajo y tratamientos taxonómicos recientes publicados a nivel nacional.

No.	Género	Referencia
1	<i>Acoelorrhaphe</i>	
2	<i>Acrostichum</i>	Mickel y Smith, 2004
3	<i>Azolla</i>	Mickel y Smith, 2004
4	<i>Bergia</i>	
5	<i>Berula</i>	
6	<i>Bolboschoenus</i>	
7	<i>Brasenia</i>	
8	<i>Cabomba</i>	
9	<i>Ceratophyllum</i>	
10	<i>Ceratopteris</i>	Mickel y Smith, 2004
11	<i>Cladium</i>	
12	<i>Echinodorus</i>	
13	<i>Egeria</i>	
14	<i>Eichhornia</i>	
15	<i>Elatine</i>	
16	<i>Gymnocoronis</i>	Turner, 1997
17	<i>Halodule</i>	
18	<i>Halophila</i>	
19	<i>Heteranthera</i>	
20	<i>Hydrilla</i>	
21	<i>Hydrocleys</i>	
22	<i>Hydromystria</i>	
23	<i>Hymenachne</i>	
24	<i>Laguncularia</i>	
25	<i>Lemna</i>	
26	<i>Lilaea</i>	
27	<i>Lilaeopsis</i>	
28	<i>Limnocharis</i>	
29	<i>Marathrum</i>	Novelo y Philbrick 1997
30	<i>Marsilea</i>	Mickel y Smith, 2004; Pérez-García et al., 1999
31	<i>Mayaca</i>	
32	<i>Myriophyllum</i>	
33	<i>Najas</i>	

Cuadro 2. Continuación.

No.	Género	Referencia
34	<i>Nasturtium</i>	
35	<i>Nelumbo</i>	
36	<i>Nuphar</i>	
37	<i>Nymphaea</i>	
38	<i>Nymphoides</i>	
39	<i>Oserya</i>	Novelo y Philbrick 1997
40	<i>Oxycaryum</i>	
41	<i>Phyllospadix</i>	
42	<i>Pilularia</i>	Pérez-García et al., 1999; Mickel y Smith, 2004
43	<i>Pistia</i>	
44	<i>Podostemum</i>	Novelo y Philbrick 1997
45	<i>Pontederia</i>	
46	<i>Potamogeton</i>	González, 1989
47	<i>Proserpinaca</i>	
48	<i>Rhizophora</i>	
49	<i>Ruppia</i>	
50	<i>Sagittaria</i>	
51	<i>Salvinia</i>	
52	<i>Schoenoplectus</i>	
53	<i>Sparganium</i>	
54	<i>Sphenoclea</i>	
55	<i>Spirodela</i>	
56	<i>Stuckenia</i>	
57	<i>Syringodium</i>	
58	<i>Taxodium</i>	
59	<i>Thalassia</i>	
60	<i>Thalia</i>	
61	<i>Triglochin</i>	
62	<i>Tristicha</i>	Novelo y Philbrick 1997
63	<i>Typha</i>	
64	<i>Vallisneria</i>	
65	<i>Vanroyenella</i>	Novelo y Philbrick 1997
66	<i>Wolffia</i>	
67	<i>Wolffiella</i>	

Cuadro 2. Continuación.

No.	Género	Referencia
68	<i>Zannichellia</i>	
69	<i>Zostera</i>	

Cuadro 3. Los 14 humedales considerados en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) (CONANP, 2008) de un total de 112 de importancia internacional designados por la Convención Ramsar en México (Ramsar, 2008).

No.	Humedal	Tipo de área natural protegida	Estado	Superficie (km ²)
1	Cuatro Ciénegas	Área de Protección de Flora y Fauna	Coahuila	843.47
2	Yum Balam	Área de Protección de Flora y Fauna	Quintana Roo	1540.52
3	Laguna Madre	Área de Protección de Flora y Fauna	Tamaulipas	3078.94
4	Bahía de Loreto	Parque Nacional	Baja California Sur	2065.81
5	Isla Isabel	Parque Nacional	Nayarit	0.94
6	Arrecifes de Cozumel	Parque Nacional	Quintana Roo	119.87
7	Arrecife Alacranes	Parque Nacional	Yucatán	3340.15
8	La Encrucijada	Reserva de la Biosfera	Chiapas	1448.68
9	Chamela-Cuixmala	Reserva de la Biosfera	Jalisco	131.42
10	Sian Ka'an	Reserva de la Biosfera	Quintana Roo	6521.93
11	Isla San Pedro Mártir	Reserva de la Biosfera	Sonora	301.65
12	Delta del Río Colorado	Reserva de la Biosfera	Sonora y Baja California	2500.00
13	Pantanos de Centla	Reserva de la Biosfera	Tabasco	3027.06
14	Ría Lagartos	Reserva de la Biosfera	Yucatán	603.48
Superficie de los 14 Humedales con protección en el SINAP:				25,523.92
Superficie de los 98 Humedales sin protección en el SINAP:				55,520.89
Superficie total de los 112 Humedales designados por Ramsar:				81,044.81

CAPÍTULO II

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LA FLORA VASCULAR ACUÁTICA DE TAMAULIPAS, MÉXICO

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LA FLORA VASCULAR ACUÁTICA DE TAMAULIPAS, MÉXICO

Arturo Mora-Olivo

*Instituto de Ecología y Alimentos
Universidad Autónoma de Tamaulipas
13 Blvd. Adolfo López Mateos 928
Cd. Victoria, Tamaulipas, MÉXICO
amorao@uat.edu.mx*

José Luis Villaseñor

*Departamento de Botánica
Instituto de Biología
Universidad Nacional Autónoma de México
04510 MÉXICO, D.F.
vrios@biologia.unam.mx*

RESUMEN

Los ambientes acuáticos (humedales) son uno de los ecosistemas más amenazados y con su biodiversidad pobremente conocida. Como una primera fase hacia el conocimiento de la flora vascular acuática del noreste de México, en este trabajo se presenta información sobre la diversidad y distribución de las hidrófitas (plantas acuáticas) de Tamaulipas, uno de los tres estados que conforman la región noreste de México y que contiene la mayor cantidad de cuerpos de agua. Las especies se clasificaron por tipo de planta acuática, forma biológica y forma de vida. En los humedales de Tamaulipas se registraron 426 especies pertenecientes a 213 géneros y 85 familias de plantas vasculares; tal riqueza representa 57% del total conocido para México. Un 22.8% de las especies son acuáticas estrictas, 43.7% son subacuáticas y 33.5% tolerantes. Por su forma biológica, 88.5% de las especies son herbáceas, 6.1% arbustos y 5.4% árboles. Por su forma de vida dominan las hidrófitas enraizadas emergentes (376 especies, 88.3%). Un alto porcentaje de especies son de amplia distribución, conocidas en toda América o alcanzando regiones del Viejo Mundo; solamente se identificaron nueve especies como endémicas de México (una de ellas endémica de Tamaulipas). El estado destaca como un reservorio importante de plantas asociadas a humedales y constituye una zona biogeográficamente relevante, al encontrarse en su territorio el límite de distribución geográfica de un buen número de elementos boreales y meridionales.

ABSTRACT

The aquatic environments (wetlands) are among the more threatened ecosystems, with their biodiversity poorly known. As a first step toward a better knowledge of the aquatic vascular plant diversity of northeastern Mexico, in this paper the diversity and distribution of the aquatic plants (hydrophytes) recorded and documented in the state of Tamaulipas are discussed. It is one of the three states comprising the northeastern of Mexico and includes the largest area of wetlands. The species are classified by type, biological form and life form. A number of 426 species, belonging to 213 genera and 85 families are recorded; such a figure represents 57% of the total vascular plants species recorded in all Mexico. True aquatics represented 22.8% of the species, as marginal aquatics 43.7%, and wetland tolerants 33.5%. By habit, 88.5% of the species are herbs, 6.1% shrubs and 5.4% trees; on the other hand, the dominant life form was emergent rooted hydrophytes (376 species, 88.3%). A high percentage of species are widespread, distributed either all along America or reaching part of the Old World; only nine species were recorded as endemic to Mexico (one endemic to Tamaulipas). The state of Tamaulipas is an important reservoir of species associated with wetlands and constitutes a relevant biogeographic area, due to the fact that in its territory the geographic limit of a number of boreal and meridional elements is found.

INTRODUCCIÓN

Los humedales (ambientes acuáticos), no obstante su importancia ecológica y económica, constituyen uno de los ecosistemas más amenazados, principalmente por su destrucción, conversión, fragmentación y contaminación (Jain 1990; Amezcama et al. 2002; Santamaría y Klaassen 2002; Saunders et al. 2002; Abellán et al. 2005; Fitzsimons & Robertson 2005). Desafortunadamente, su biodiversidad es poco conocida, lo que dificulta el establecimiento de estrategias para su conservación, tanto a escala regional como global. Hasta ahora, no existe un inventario de las plantas acuáticas del mundo, a pesar de que Cook et al. (1974) y Cook (1990) han realizado esfuerzos encaminados a revertir esta deficiencia. Existen pocos países con inventarios de plantas que crecen en humedales; Estados Unidos es uno de ellos, donde se reportan un poco más de 6,000 especies (Reed 1988, 1997).

En México, los magros esfuerzos por inventariar la flora vascular acuática se han enfocado a las familias de angiospermas estrictamente acuáticas, aquellas en las que todas sus especies son hidrófitas (Lot et al. 1986, 1999); tal grupo consta de 24 familias estrictamente acuáticas, que incluyen 118 especies. Esfuerzos

adicionales han permitido documentar 747 especies de plantas vasculares acuáticas en México (Lot et al. 1999). Un trabajo regional, realizado por Bonilla-Barbosa (2004) registró 134 especies de plantas vasculares acuáticas en la Sierra Madre Oriental. A nivel estatal solamente dos entidades federativas han publicado información exclusivamente sobre su flora vascular acuática, Aguascalientes (Siqueiros 1989) y Morelos (Bonilla-Barbosa et al. 2000). Hasta ahora solamente 15 estados cuentan con inventarios publicados de su flora (Villaseñor 2004); sin embargo, poco o ningún énfasis han puesto en las especies de plantas acuáticas.

El Noreste de México, región que comprende los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (Fig. 1), representa una porción del país florísticamente importante, que de manera natural extiende sus límites hasta el suroeste de Texas en Estados Unidos (Villaseñor 1990; Rzedowski 1991a, 1991b, 1993). Al cruzar en su territorio el Trópico de Cáncer, en esta porción se combinan tanto especies del trópico como de las regiones boreales, especialmente de Norteamérica. La flora vascular registrada hasta la fecha en esta región alcanza 6,062 especies (Villaseñor datos no publicados), lo que representa casi la cuarta parte de la Flora de México (Villaseñor 2003); en el caso de la flora que se ha colectado en humedales, esta región contiene unas 844 especies, de las cuales 50.5% se encuentra en el estado de Tamaulipas.

De los tres estados que conforman el Noreste de México, Tamaulipas contiene la mayor proporción de cuerpos de agua (Palacio-Prieto et al. 2000). Esto se debe a que en su territorio, que colinda en la parte oriental con el Golfo de México, llegan escurrimientos de las zonas montañosas que constituyen la Sierra Madre Oriental, aunado al deficiente drenaje que presentan los suelos de la planicie costera que ha permitido la formación de numerosos humedales, tanto continentales como costeros. De hecho, Tamaulipas es únicamente superado por Tabasco (1.9% de su superficie total), en proporción de superficie de cuerpos de agua (1.6%). Varios de estos humedales (algunos fuertemente afectados por problemas de contaminación y eutroficación, Cruickshank y Tamayo 1976), son considerados sitios prioritarios a nivel nacional por la CONABIO (Arriaga et al. 1998, 2002) e internacional por la Convención Ramsar (Ramsar Bureau 2001), como es el caso de la Laguna Madre y el sistema lagunario del río Tamesí. La posición estratégica de Tamaulipas ha permitido la conformación de una flora compleja, repartida en diferentes regiones y provincias florísticas que forman parte tanto del Reino Holártico como del Reino Neotropical (Rzedowski 1978). En su superficie, por ejemplo, se asienta prácticamente todo el territorio de la Provincia Florística de la Planicie Costera del Noreste (Rzedowski 1978) y diversos autores han ubicado a parte del estado como miembro de una región biogeográfica particular, la Provincia Biótica o Biogeográfica Tamaulipeca (Dice 1943; CONABIO 1998; Morrone et al. 2002).

En Tamaulipas se han realizado trabajos vegetacionales y florísticos generales (Puig 1968, 1970, 1976; González-Medrano 1972; Martínez & González-Medrano 1977; Johnston et al. 1989; Briones 1991; Valiente-Banuet et al. 1995; Hernández et al. 2005) aunque pocos son los estudios que hacen referencia a su flora acuática vascular. Lot et al. (1993) reconocen para el estado 34 especies de familias estrictamente acuáticas; Martínez & Novelo (1993), al estudiar la vegetación de los cuerpos de agua de Tamaulipas, registran 167 especies y Mora-Olivo & Novelo (2005) mencionan la existencia de 175 especies de ambientes acuáticos en la Reserva de la Biosfera El Cielo. En conjunto, dichos trabajos registran 278 especies de plantas asociadas a humedales. Trabajo de campo llevado a cabo en los últimos años ha revelado la existencia de un número muy superior al reconocido hasta ahora, por lo que se considera necesario presentar un inventario actualizado y lo más completo posible de esta riqueza vegetal.

Dado que muy probablemente la mayor riqueza de flora acuática del noreste de México se concentre en Tamaulipas, como una primera fase del estudio de las plantas propias de ambientes acuáticos de esta región, se desarrolló el presente trabajo, cuyo objetivo es proporcionar una lista actualizada de las especies de plantas vasculares acuáticas de este estado. Un objetivo adicional es la evaluación de su distribución geográfica, con el fin de determinar la importancia que los humedales de Tamaulipas tienen en la conservación de la riqueza vegetal especializada a vivir en ambientes acuáticos.

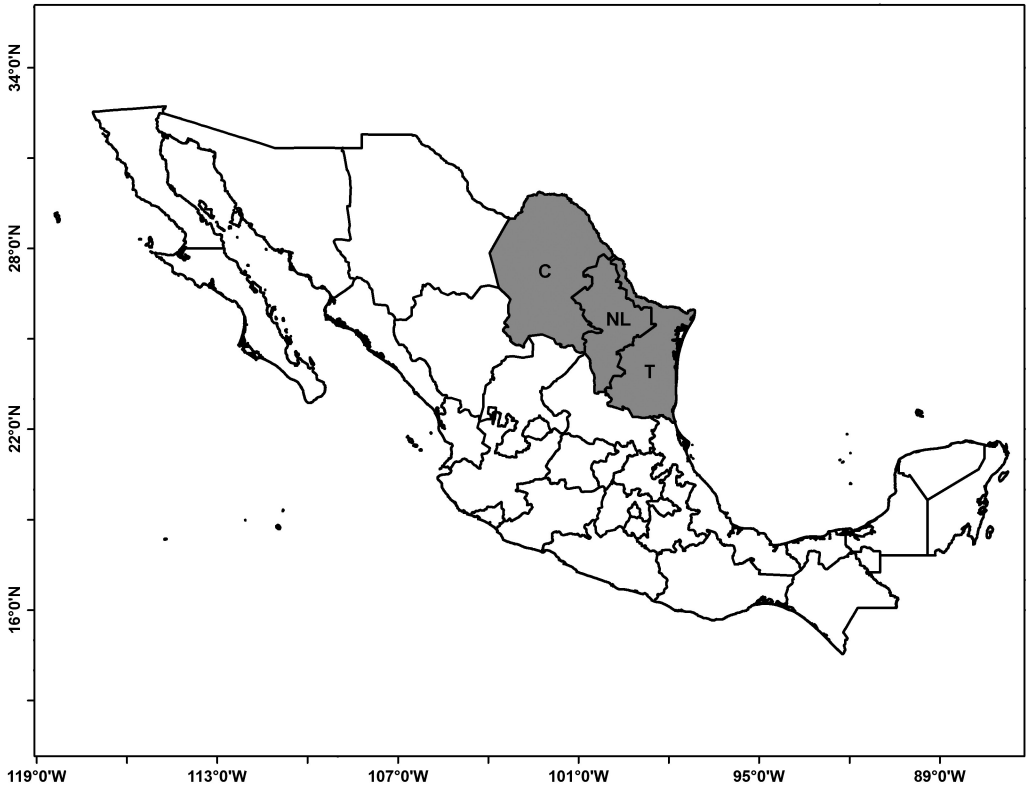


Fig. 1. Localización del noreste de México en la República Mexicana. C = Coahuila, NL = Nuevo León, T = Tamaulipas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Tamaulipas tiene una superficie de 78,380 km² y se localiza entre los paralelos 22° 12' 31" y 27° 40' 42" de latitud Norte y los meridianos 97° 08' 38" y 100° 08' 52" de longitud Este. Colinda al norte con el estado de Texas de los Estados Unidos, al sur con los estados de Veracruz y San Luis Potosí, al este con el Golfo de México y al oeste con el estado de Nuevo León (Fig. 1). La mayor parte del territorio tamaulipeco se eleva poco sobre el nivel del mar, con excepción de la Sierra Madre Oriental, que en su parte más alta alcanza los 3,000 m. Por su localización geográfica y orografía, Tamaulipas presenta una diversidad de climas, que va desde los sub-húmedos y húmedos, con lluvias en verano en la zona sur-sureste, hasta los templados en el Altiplano Tamaulipeco y serranías, que varían de húmedos a secos según la altitud (INEGI 2001). Se ha reportado para el estado la presencia de manglares, tulares y carrizales (Miranda & Hernández 1963), además de la vegetación característica de ríos, presas, canales, lagunas y charcos (Martínez & Novelo 1993).

Concepto de planta acuática

Aunque se han propuesto muchas definiciones y clasificaciones de plantas acuáticas (Raunkiaer 1934; Weaver & Clements 1938; Muenscher 1944; Cook et al. 1974; Cook 1990; Daubenmire 1979; Novelo & Gallegos 1988; Lot et al. 1993), para efectos de este estudio, las especies consideradas como hidrófitas o plantas acuáticas son aquellas que se desarrollan en agua o sobre un substrato que está al menos periódicamente anaerobio debido al exceso de agua (Tiner 1991). Dado que las condiciones de humedad pueden variar y las plantas que viven en estos ambientes húmedos tienen diferentes adaptaciones, se dividió a las hidrófitas

en tres categorías: acuáticas estrictas, subacuáticas y tolerantes (Lot et al. 1993). Sólo que en este caso, cada categoría representa la zona que ocupan las plantas en un cuerpo de agua, en una adaptación a la clasificación de humedales de Tiner (1991) (Fig. 2). Es posible que, dentro del concepto de planta acuática utilizado en este trabajo, se incluyan algunas especies que para otros autores no sean acuáticas, especialmente en el caso de las tolerantes, que pueden incluir plantas que soportan el disturbio, frecuentemente como malezas. Las especies también se clasificaron por su forma biológica (hierba, arbusto o árbol) y siguiendo a Dalton & Novelo (1983) y a Sculthorpe (1985), por su forma de vida (enraizada emergente, enraizada de hojas flotantes, enraizada de tallos postrados, enraizada sumergida, libre flotante y libre sumergida).

Métodos

El catálogo de especies es el resultado de un intenso trabajo de campo, realizado en la mayor cantidad de ambientes acuáticos presentes en el estado, como ríos, lagunas, presas, canales, cuerpos de agua temporales y áreas con suelos saturados. El primer autor ha recolectado alrededor de 4,000 números de plantas acuáticas en los últimos veinte años, material que está depositado en los herbarios UAT, MEXU, ENCB, XAL y TEX (abreviaciones de acuerdo a Holmgren et al. 1990). Adicionalmente se revisaron ejemplares depositados en los herbarios mencionados. La información obtenida con estas actividades se complementó con la consulta a bases de datos públicas (como la REMIB y W3TROPICOS) y personales (Novelo, inédito) y la revisión de literatura especializada, como son revisiones y monografías taxonómicas, además de estudios florísticos. Entre los trabajos nacionales que se consultaron destacan los de *Potamogeton* (González 1989), *Cyperus* (Tucker 1994), *Utricularia* (Olvera 1996), Podostemaceae (Novelo & Philbrick 1997) y Marsileaceae (Pérez-García et al. 1999). El arreglo del catálogo se hizo siguiendo las clasificaciones utilizadas por Mickel & Smith (2004) para helechos y plantas afines, por Brummitt (1992) para las gimnospermas, y las propuestas por Dahlgren et al. (1985) para monocotiledóneas y por Cronquist (1981) para dicotiledóneas. De los taxa se obtuvo información sobre su distribución a nivel mundial, para lo cual se utilizó la misma bibliografía y bases de datos mencionadas.

RESULTADOS

Diversidad

Un total de 426 especies (con 48 taxa infraespecíficos), pertenecientes a 213 géneros y 85 familias de plantas vasculares se registraron en los humedales de Tamaulipas (Tabla 1, Anexo). La riqueza de monocotiledóneas y dicotiledóneas más o menos está balanceada, siendo las segundas un poco más diversas (49.3%), con 54 familias, 128 géneros y 210 especies. Las monocotiledóneas comprenden 46.5%, con 23 familias, 76 géneros y 198 especies. Los helechos y gimnospermas acuáticas son raras, representando menos del 5% de la riqueza.

Las diez familias con mayor riqueza en el estado (Tabla 2) incluyen en conjunto 43.2% de los géneros y 54.5% de las especies. De ellas, solamente Alismataceae es una familia con miembros estrictamente acuáticos. Otras familias estrictamente acuáticas que se encuentran en México están bien representadas en el estado de Tamaulipas. Por ejemplo, en su territorio se registran todas las especies mexicanas conocidas de Cymodoceaceae (2), Najadaceae (3), Zannichelliaceae (1), Nelumbonaceae (1), Salviniaceae (2) y Taxodiaceae (1). Familias que tienen la mitad o más de sus especies en el estado, son Equisetaceae (66%, 2 especies), Potamogetonaceae (60%, 6), Hydrocharitaceae (57%, 4), Cabombaceae (50%, 1), Ceratophyllaceae (50%, 1) Menyanthaceae (50%, 1), Nymphaeaceae (50%, 5), Parkeriaceae (50%, 1), Ruppiaceae (50%, 1) y Typhaceae (50%, 1).

La mayoría de las plantas acuáticas registradas son herbáceas (377, 88.5%), un porcentaje menor son arbustos (26, 6.1%) o árboles (23, 5.4%). Como acuáticas estrictas se reconocen 97 especies (22.8%), 186 (43.7%) son subacuáticas y 143 (33.5%) son tolerantes (Tabla 3). La mayoría de las plantas herbáceas son subacuáticas (44%), siguiendo en orden decreciente las tolerantes (31.6%) y, en menor cantidad, las acuáticas estrictas (24.4%). Entre los arbustos no se registran acuáticas estrictas; se observa en cambio una repartición homogénea entre las subacuáticas y las tolerantes. Finalmente, sólo cinco especies de árboles se consideran hidrófitas estrictas, una gimnosperma (*Taxodium mucronatum*), una monocotiledónea (*Acoelorrhaphes wrightii*)

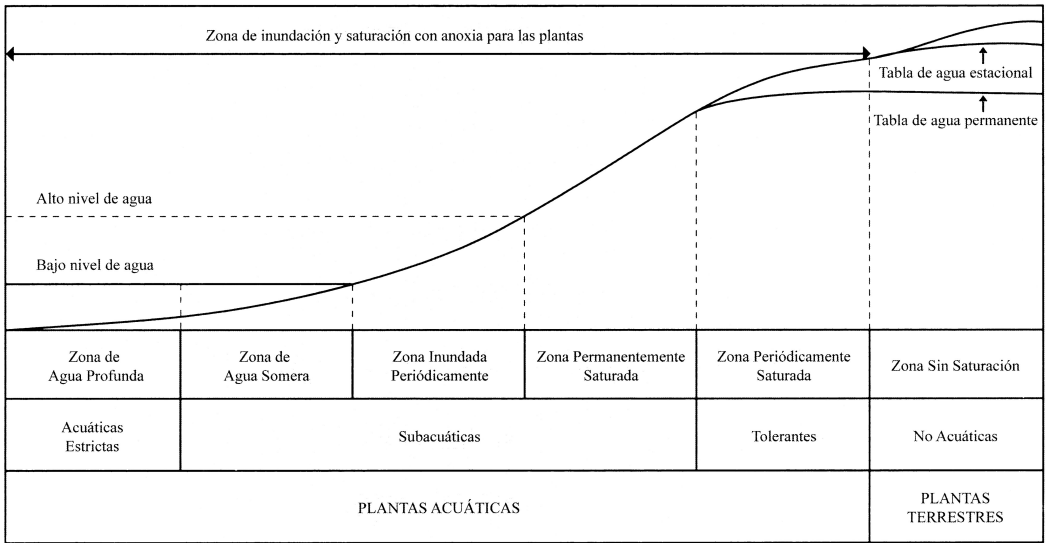


Fig. 2. Esquema que ilustra los tres tipos de hidrófitas consideradas en este trabajo, de acuerdo con su nivel de inundación y saturación (Basado en Tiner 1991).

y tres dicotiledóneas (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Annona glabra*), las otras especies son subacuáticas (9) o tolerantes (9).

La forma de vida dominante en la flora acuática de Tamaulipas es la de enraizadas emergentes (376 especies, 88.3%), siendo las dicotiledóneas las más frecuentes (Tabla 4). Un pequeño número de especies se registró como enraizadas de hojas flotantes (10, 2.3%), enraizadas de tallos postrados (3, 0.7%), enraizadas sumergidas (23, 5.4%), libres flotantes (11, 2.6%) y libres sumergidas (3, 0.7%). En el Anexo a cada taxón se le indica su forma de vida, su forma biológica y si es acuática estricta, subacuática o tolerante.

Distribución

La mayoría de las especies de hidrófitas que se registran en el estado de Tamaulipas presenta una amplia distribución geográfica (Tabla 5). Más del 60% de las especies se distribuyen tanto a lo largo de todo o casi todo el continente Americano, así como en el Viejo Mundo. Las especies con distribución neotropical (México a Centro y Sudamérica) ocupan el tercer lugar; de ellas, el elemento sudamericano (México hasta Sudamérica) supera ligeramente (8.9%) al elemento mesoamericano (México a Centroamérica, 5.2%). El elemento neártico (especies distribuidas de México a Norteamérica) es ligeramente menor (12.9 %) que el neotropical, aunque su influencia en la flora vascular acuática de la región es significativa. Un 9.3% de las especies registra una distribución desde Norteamérica (principalmente el sur de los estados Unidos) a Centroamérica; el 3% de tales especies alcanza además islas del archipiélago de la región del Mar Caribe.

El elemento Mexicano (especies endémicas de México) es notablemente escaso (2.1%), representado únicamente por 9 especies; de ellas, una restringe su distribución al estado de Tamaulipas (*Carex fructus*). Si se ampliara el concepto de endemidad y se incluyera hacia el norte de México las regiones vecinas del suroeste de los Estados Unidos y hacia el sureste porciones de Belice y Guatemala, el número de especies de distribución restringida aumentaría en 18 especies más (6.3%). Entre las especies que exceden ligeramente los límites políticos al norte de México se pueden citar a *Eleocharis brachycarpa*, conocida solo de Tamaulipas y Texas o *Baccharis neglecta*, *Helenium elegans* var. *amphibolum*, *Justicia runyonii* o *Marsilea macropoda*, que se localizan también en Texas y en porciones de los estados mexicanos de Chihuahua, Durango o Hidalgo. Otras especies se distribuyen hacia el sur, hasta Guatemala y Belice, como *Cyperus megalanthus*, *Helenium quadridentatum* o *Pluchea salicifolia*.

En los humedales de Tamaulipas predominan las especies subacuáticas y las tolerantes (Tabla 6); en

TABLA 1. Riqueza de la flora vascular acuática de Tamaulipas por grupos taxonómicos.

Grupo	Familias	Géneros	Especies
Helechos y plantas afines	7	8 (3.7%)	17 (4.0%)
Gimnospermas	1	1 (0.5%)	1 (0.2%)
Dicotiledóneas	54	128 (60.1%)	210 (49.3%)
Monocotiledóneas	23	76 (35.7%)	198 (46.5%)
Total	85	213 (100%)	426 (100%)

TABLA 2. Las 10 familias con mayor número de especies en la flora vascular acuática de Tamaulipas.

Familias	Géneros	Especies
Cyperaceae	13 (6.1%)	80 (18.8%)
Poaceae	25 (11.7%)	56 (13.1%)
Asteraceae	23 (10.8%)	33 (7.7%)
Polygonaceae	2 (0.9%)	14 (3.3%)
Scrophulariaceae	8 (3.7%)	11 (2.6%)
Lythraceae	6 (2.8%)	10 (2.3%)
Fabaceae	5 (2.3%)	8 (1.9%)
Acanthaceae	4 (1.9%)	7 (1.6%)
Alismataceae	2 (0.9%)	7 (1.6%)
Mimosaceae	4 (1.9%)	6 (1.4%)
Total	92 (43.2%)	232 (54.5%)

TABLA 3. Distribución de la flora vascular acuática de Tamaulipas por grupo taxonómico, tipo de planta acuática y forma biológica. H = Hierbas, R = Arbustos, B = Árboles.

Grupo	<u>Acuáticas Estrictas</u>			<u>Subacuáticas</u>			<u>Tolerantes</u>		
	H	R	B	H	R	B	H	R	B
Helechos y plantas afines	9	0	0	2	0	0	6	0	0
Gimnospermas	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Monocotiledóneas	54	0	0	94	2	2	45	1	0
Dicotiledóneas	29	0	4	70	9	7	68	14	9
Total	92	0	5	166	11	9	119	15	9

TABLA 4. Distribución de la flora vascular acuática de Tamaulipas por grupo taxonómico y forma de vida. EE = Enraizada emergente, EH = Enraizada de hojas flotantes, ET = Enraizada de tallos postrados, ES = Enraizada sumergida, LF = Libre flotante, LS = Libre sumergida.

Grupo	EE	EH	ET	ES	LF	LS
Helechos y plantas afines	10	3	0	0	4	0
Gimnospermas	1	0	0	0	0	0
Monocotiledóneas	175	0	1	16	6	0
Dicotiledóneas	190	7	2	7	1	3
Total	376	10	3	23	11	3

TABLA 5. Distribución geográfica de las especies de hidrófitas vasculares presentes en Tamaulipas.

Región	Especies	%
México (endémicas)	9	2.1
México y Norteamérica	55	12.9
México y Centroamérica	22	5.2
México a Sudamérica	38	8.9
Norteamérica, México y Caribe	13	3.0
Norteamérica a Centroamérica	27	6.3
Norteamérica a Sudamérica	131	30.8
México y Viejo Mundo	131	30.8
Total	426	100.0

TABLA 6. Distribución geográfica de las especies de hidrófitas vasculares presentes en Tamaulipas de acuerdo con su grado de tolerancia al agua.

Región	Acuáticas Estrictas	Subacuáticas	Tolerantes
México (endémicas)	2	4	3
México y Norteamérica	7	18	30
México y Centroamérica	2	12	8
México a Sudamérica	5	16	17
Norteamérica, México y Caribe	2	9	2
Norteamérica a Centroamérica	6	14	7
Norteamérica a Sudamérica	33	58	40
México y Viejo Mundo	40	55	36
Total	97	186	143

conjunto constituyen 77.2% de su flora. El otro 22.8% lo conforman las acuáticas estrictas. En las tres categorías se observa una predominancia de especies de amplia distribución (América y Viejo Mundo), siguiendo en importancia el elemento neotropical. Destaca también entre las acuáticas estrictas el importante número de especies neárticas (7), mesoamericanas (6) y neotropicales (5), lo que pone de relieve el papel biogeográfico de los humedales del estado como zona de transición entre las regiones biogeográficas templadas y tropicales.

Al evaluar la distribución geográfica de las especies por formas de vida, se observa un amplio predominio de las enraizadas emergentes en todas las divisiones geográficas utilizadas (Tabla 7); nuevamente, las especies de amplia distribución muestran el mayor espectro de formas de vida. Con una distribución más restringida solamente se determinaron 9 especies (2.1%), ocho enraizadas emergentes y una enraizada sumergida (Tabla 7).

En Tamaulipas se encuentra el límite meridional de 13 especies (o taxa infraespecíficos) neárticas y el límite septentrional de 39 neotropicales o paleotropicales. Los taxa norteamericanos que encuentran su límite sur de distribución en Tamaulipas son *Ambrosia trifida*, *Cyperus acuminatus*, *Cyperus erythrorhizos*, *Cyperus floribundus*, *Eleocharis coloradoensis*, *Fimbristylis puberula*, *Funastrum cynanchoides*, *Justicia runyonii*, *Lythrum californicum*, *Nuphar advena* subsp. *advena*, *Phyla lanceolata*, *Polygonum hydropiperoides* var. *opelousanum* y *Ulmus crassifolia*. Los taxa neotropicales que encuentran su límite norte de distribución en Tamaulipas son *Acmella oppositifolia* var. *oppositifolia*, *Aeschynomene scabra*, *Crinum erubescens*, *Cuphea hyssopifolia*, *Cyperus humilis*, *C. laxus*, *C. lundellii*, *C. manimae* var. *manimae*, *C. megalanthus*, *C. tenuis*, *Equisetum myriochaetum*, *Fleischmannia arguta*, *Fuirena camptotricha*, *Habenaria pringlei*, *Habenaria quinqueseta*, *Helenium mexicanum*, *Hymenachne amplexicaulis*, *Hypoxis decumbens*, *Juncus ebracteatus*, *Lythrum gracile*, *Nymphaea amazonum*, *Paspalum arundinaceum*, *Phyla dulcis*, *Pithecellobium lanceolatum*, *Polygonum acuminatum*, *Polygonum ferrugineum*,

Tabla 7. Distribución geográfica de la flora vascular acuática de Tamaulipas por forma de vida. EE = Enraizada emergente, EH = Enraizada de hojas flotantes, ET = Enraizada de tallos postrados, ES = Enraizada sumergida, LF = Libre flotante, LS = Libre sumergida.

Grupo	EE	EH	ET	ES	LF	LS
México (endémicas)	8	0	0	1	0	0
México y Norteamérica	51	4	0	0	0	0
México y Centroamérica	21	0	0	1	0	0
México a Sudamérica	36	1	0	0	1	0
Norteamérica, México y Caribe	11	0	0	2	0	0
Norteamérica a Centroamérica	24	0	0	3	0	0
Norteamérica a Sudamérica	114	4	1	8	4	0
México y Viejo Mundo	111	1	2	8	6	3
Total	376	10	3	23	11	3

Polygonum persicarioides, *Ruellia paniculata*, *Rhynchospora contracta*, *Salvinia auriculata*, *Solanum diphyllum*, *Spermacoce confusa* y *Steinchisma laxa*, mientras que los taxa paleotropicales son *Cyperus tenuis*, *Eleocharis mutata*, *Fimbristylis complanata*, *Hyptis capitata*, *Neptunia natans* y *Nymphoides indica*.

Entre las hidrófitas de los humedales de Tamaulipas se han identificado 34 especies no nativas (introducidas). Algunas de ellas se comportan como malezas acuáticas agresivas, causando serios problemas en presas, canales de riego y otros cuerpos de agua (Novelo & Martínez 1989; Mora 1997). Entre ellas se pueden citar a *Eichhornia crassipes* (lirio acuático), nativa de Sudamérica y actualmente distribuida en las regiones tropicales y subtropicales del mundo e *Hydrilla verticillata*, hidrófita enraizada sumergida originaria de Asia y ahora ocupando amplias regiones templadas y tropicales del planeta (Langeland 1996).

DISCUSIÓN

De los tres estados que conforman la región noreste de México, Tamaulipas es el que cuenta con la mayor riqueza de hidrófitas con 426 especies registradas hasta la fecha. Tal cifra constituye en este momento 57% de toda la riqueza vascular acuática reportada por Lot et al. (1999) para México, lo que indudablemente refleja la necesidad de incrementar el estudio de la flora vascular acuática de todo el país. Su flora es representativa de los humedales de esta región biogeográfica de México y es un reservorio potencial de biodiversidad para ser considerado en futuras acciones de conservación de este importante habitat mundialmente amenazado.

Tamaulipas ocupa el segundo lugar a nivel nacional, después del estado de Tabasco, por la superficie de humedales en su territorio, tanto naturales como artificiales (Palacio-Prieto et al. 2000). Por su extensión y posición geográfica, algunos humedales del estado han sido considerados a nivel nacional e internacional como áreas prioritarias para la conservación (Arriaga et al. 1998, 2002; Ramsar Bureau 2001); hoy se puede justificar su importancia de acuerdo con su biodiversidad de hidrófitas presentes. Estimaciones recientes (Mora & Villaseñor, resultados no publicados) indican que por su riqueza de hidrófitas, Tamaulipas ocupa el quinto lugar nacional (solamente superado por Chiapas, Oaxaca, Veracruz y Tabasco); sin embargo, también a nivel nacional, el estado ocupa el lugar catorce (de un total de 32) por su riqueza florística total (Villaseñor 2003, datos no publicados). Con la excepción de Tabasco (lugar 21), los otros tres estados son los que ocupan en México la mayor riqueza total a nivel estatal.

Rzedowski (1991b) estimó que 3% de la flora vascular de México está asociada a humedales. Datos preliminares (Mora & Villaseñor, resultados no publicados) muestran que la proporción es mayor, estimando un valor a nivel nacional de 5.4% y una media por estados de 14.1% (desviación estándar 5.2%). Para Tamaulipas se ha determinado hasta la fecha que alrededor del 15% de su flora está asociada con humedales, cifra cercana a la media estatal. Para Coahuila y Nuevo León, los otros dos estados que constituyen la región noreste de México, se ha estimado que su flora asociada a humedales es menor a 9%. Los altos valores de riqueza que presenta Tamaulipas con respecto a Nuevo León y Coahuila se pueden explicar, porque además

de su mayor cantidad de cuerpos de agua continentales, el estado cuenta con amplios ambientes costeros, los cuales incluyen poco más del 14% (62 especies) de plantas halófitas características de humedales salobres, como los mangles, pastos marinos y otras hidrófitas.

Un alto porcentaje de especies asociadas a humedales son cosmopolitas o pantropicales, por lo que no es sorprendente advertir la amplia distribución geográfica de la mayoría de las hidrófitas encontradas en Tamaulipas. Aunque poco se ha discutido acerca de los factores históricos que determinaron la distribución actual de muchas hidrófitas, es evidente que un gran porcentaje de ellas deben su actual distribución a factores antropogénicos (Stuckey 1993; Sawada et al. 2003) o a la dispersión a larga distancia por aves (Figuerola & Green 2002; Green et al. 2002). Será interesante abordar en un futuro preguntas encaminadas a explicar los patrones de distribución de las plantas asociadas a humedales de Tamaulipas, especialmente con un enfoque histórico.

A nivel de país, en otros estudios se ha señalado el bajo nivel de endemismo de las plantas propias de humedales, como ha sido el caso de Nueva Zelanda (McGlone et al. 2001) y México (Rzedowski 1991b). Para el caso particular de Tamaulipas, aquí se dan a conocer valores igualmente bajos en sus ambientes acuáticos (0.2% de endemismo, una especie), el cual se incrementa a 2.1% si se considera al elemento endémico de México. En contraste, altos niveles de endemismo vegetal se han registrado en algunas regiones de Tamaulipas, como son sus zonas montañosas y sus zonas áridas (Rzedowski 1991b; Hernández et al. 2005; Martínez-Ávalos & Jurado 2005). Sin embargo, hasta la fecha ningún otro estado de México reporta un mayor número de endemismos acuáticos; de acuerdo con Lot et al. (1999), solamente Jalisco y Nayarit tienen una especie acuática estricta endémica dentro de sus límites políticos, *Oserya longifolia* y *Echinodorus virgatus* respectivamente.

La riqueza y endemismo de la flora acuática tamaulipecana se hace más relevante al considerar que en su territorio se registra un buen número de especies que encuentran su distribución marginal en el estado. En Tamaulipas encuentran su límite de distribución boreal o meridional poco más del 10% de las hidrófitas registradas; esto indica que sus humedales constituyen una zona de transición importante para las hidrófitas de las regiones templadas y tropicales. El estudio de las hidrófitas de la región apoya las propuestas de considerar a la región noreste de México como una zona biogeográfica de particular interés, claramente diferenciada de otras regiones del país, como lo han hecho Dice (1943), Rzedowski (1978), CONABIO (1998) o Morrone et al. (2002). Continuar con el estudio de las plantas asociadas a los humedales de Coahuila y Nuevo León permitirá conocer mejor la flora vascular acuática que se desarrolla en esta interesante región del país conocida como el noreste de México y ayudará a proponer mejores estrategias para su conservación.

ANEXO

CATÁLOGO DE LAS PLANTAS VASCULARES ACUÁTICAS DEL ESTADO DE TAMAULIPAS

A= Acuática estricta, **S**= Subacuática, **T**= Tolerante. **H** = Hierba, **R** = Arbusto, **B** = Árbol. **EE** = Enraizada emergente, **EH** = Enraizada de hojas flotantes, **ET** = Enraizada de tallos postrados, **ES** = Enraizada sumergida, **LF** = Libre flotante, **LS** = Libre sumergida. **ET** = Endémica de Tamaulipas, **EM** = Endémica de México, **NA** = México y Norteamérica, **MC** = México y Centroamérica, **MS** = México a Sudamérica, **NM** = Norteamérica, México y Caribe, **NS** = Norteamérica a Sudamérica, **VM** = Viejo Mundo.

* = Introducidas

Helechos y plantas afines

Adiantaceae

Adiantum capillus-veneris L. T/H/EE/VM

Acrostichum aureum L. A/H/EE/VM

Acrostichum danaeifolium Langsd. & Fisch. A/H/EE/VM

Azollaceae

Azolla microphylla Kaulf. A/H/LF/NS

Equisetaceae

Equisetum hyemale L. var. *affine* (Engelm.) A.A. Eaton S/H/EE/NC

Equisetum myriochaetum Schldt. & Cham. S/H/EE/MS

Marsileaceae

Marsilea ancylopoda A. Braun A/H/EH/NS

Marsilea macropoda A. Braun A/H/EH/NA

Marsilea vestita Hook. & Grev. subsp. *vestita* A/H/EH/NA

Parkeriaceae

Ceratopteris thalictroides (L.) Brongn. A/H/LF/VM

Salviniaceae

Salvinia auriculata Aubl. A/H/LF/MS

Salvinia minima Baker A/H/LF/NS

Thelypteridaceae

Thelypteris kunthii (Desv.) Morton T/H/EE/NS

Thelypteris ovata R.P. St. John var. *lindheimeri* (C. Chr.) A.R. Sm.
T/H/EE/NC

Thelypteris pilosa (M. Martens & Galeotti) Crawford T/H/EE/
NC

Thelypteris puberula (Baker) C.V. Morton var. *puberula* T/H/
EE/MC

Thelypteris tetragona (Sw.) Small T/H/EE/NS

GIMNOSPERMAS**Taxodiaceae**

Taxodium mucronatum Ten. A/R/EE/NA

ANGIOSPERMAS**MONOCOTILEDÓNEAS****Alismataceae**

Echinodorus berteroi (Spreng.) Fassett. A/H/EE/NS

Echinodorus cordifolius (L.) Griseb. subsp. *cordifolius* A/H/
EE/NS

Echinodorus grandiflorus (Cham. & Schtdl.) Micheli subsp.
 aureus (Fassett) R.R. Haynes & Holm-Niels. A/H/EE/MS

Sagittaria lancifolia L. subsp. *media* (Micheli) Bogin A/H/
EE/NS

Sagittaria latifolia Willd. A/H/EE/NS

Sagittaria longiloba Engelm. ex J.G. Sm. A/H/EE/NC

Sagittaria platyphylla (Engelm.) J.G. Sm. A/H/EE/NC

Amaryllidaceae

Crinum erubescens Sol. A/H/EE/MS

Hymenocallis littoralis (Jacq.) Salisb. A/H/EE/VM

Zephyranthes pulchella J.G. Sm. A/H/EE/NA

Araceae

Pistia stratiotes L. A/H/LS/VM

Xanthosoma robustum Schott A/H/EE/NS

Arecaceae

Acoelorrhaphe wrightii (Griseb. & H. Wendl.) H. Wendl. ex Becc.
A/B/EE/NS

Cannaceae

Canna glauca L. A/H/EE/NS

Commelinaceae

Callisia micrantha (Torr.) D.R. Hunt S/H/EE/NA

Commelina communis L. T/H/EE/NA

Commelina diffusa Burm. f. S/H/EE/VM

**Murdannia nudiflora* (L.) Brenan T/H/EE/VM

Cymodoceaceae

Halodule wrightii Asch. A/H/ES/NS

Syringodium filiforme Kütz. A/H/ES/NS

Cyperaceae

Bolboschoenus robustus (Pursh) Soják A/H/EE/NS

Bulbostylis capillaris (L.) C.B. Clarke T/H/EE/NS

Bulbostylis juncoides (Vahl) Kük. ex Osten T/H/EE/NS

Carex fructus Reznicek T/H/EE/ET

Cladium jamaicense Crantz A/H/EE/NS

Cyperus acuminatus Torrey & Hooker S/H/EE/NA

Cyperus aggregatus (Willd.) Endl. T/H/EE/NS

Cyperus articulatus L. A/H/EE/VM

Cyperus haspan L. S/H/EE/VM

Cyperus canus C. Presl. S/H/EE/NS

Cyperus compressus L. S/H/EE/VM

Cyperus digitatus Roxb. subsp. *digitatus* S/H/EE/VM

Cyperus elegans L. S/H/EE/NS

Cyperus flavicomus Michx. S/H/EE/VM

Cyperus entrerianus Boeckeler S/H/EE/NS

Cyperus erythrorhizos Muhl. S/H/EE/NA

**Cyperus esculentus* L. T/H/EE/VM

Cyperus floribundus (Kük.) R.N. Carter & S.D. Jones T/H/EE/NA

Cyperus hermaphroditus (Jacq.) Standl. T/H/EE/NS

Cyperus humilis Kunth S/H/EE/MS

**Cyperus involucratus* Rottb. S/H/EE/VM

**Cyperus iria* L. S/H/EE/VM

Cyperus laevigatus L. S/H/EE/VM

Cyperus lanceolatus Poir. S/H/EE/VM

Cyperus laxus Lam. S/H/EE/VM

Cyperus ligularis L. T/H/EE/VM

Cyperus lundellii O'Neill S/H/EE/MS

Cyperus manimae Kunth var. *asperimus* (Liebm.) Kük. T/H/
EE/NS

Cyperus manimae Kunth var. *manimae* (Liebm.) Kük. T/H/
EE/NS

Cyperus megalanthus (Kük.) G.C. Tucker S/H/EE/MC

Cyperus niger Ruiz López & Pavón S/H/EE/VM

Cyperus ochraceus Vahl S/H/EE/NS

Cyperus odoratus L. S/H/EE/VM

**Cyperus oxylepis* Steud. S/H/EE/NS

Cyperus polystachyos Rottb. S/H/EE/VM

Cyperus prolixus Kunth S/H/EE/VM

**Cyperus rotundus* L. T/H/EE/VM

Cyperus squarrosus L. S/H/EE/VM

Cyperus surinamensis Rottb. S/H/EE/NS

Cyperus tenuis Swallen S/H/EE/VM

Cyperus virens Michx. S/H/EE/NS

Eleocharis acicularis (L.) Roem. & Schult. A/H/EE/VM

Eleocharis albida Torr. A/H/EE/NA

Eleocharis atropurpurea (Retz.) J. Presl & C. Presl S/H/EE/VM

Eleocharis brachycarpa Svens. A/H/EE/NA

Eleocharis cellulosa Torr. A/H/EE/NS

Eleocharis coloradoensis (Britton) Gilly A/H/EE/NA

Eleocharis flavescens (Poir.) Urban A/H/EE/NS

Eleocharis geniculata (L.) Roem. & Schult. S/H/EE/VM

Eleocharis interstincta (Vahl) Roem. & Schult. A/H/EE/NS

Eleocharis macrostachya Britt. A/H/EE/NS

Eleocharis minima Kunth A/H/EE/NS

Eleocharis montevidensis Kunth S/H/EE/NS

Eleocharis mutata (L.) Roem. & Schult. A/H/EE/VM

Eleocharis parvula (Roem. & Schult.) Link ex Bluff, Nees &
Schauer A/H/EE/VM

Eleocharis radicans (A. Dietr.) Kunth A/H/EE/NS

Eleocharis rostellata (Torr.) Torr. A/H/EE/NS
Fimbristylis annua (All.) Roem. & Schult. S/H/EE/VM
Fimbristylis caroliniana (Lam.) Fernald. S/H/EE/NM
Fimbristylis castanea (Michx.) Vahl S/H/EE/NC
Fimbristylis complanata (Retz.) Link A/H/EE/VM
Fimbristylis cymosa (Lam.) R. Br. S/H/EE/VM
Fimbristylis dichotoma (L.) Vahl S/H/EE/VM
Fimbristylis puberula (Michx.) Vahl S/H/EE/NA
Fimbristylis spadicea (L.) Vahl S/H/EE/MS
Fimbristylis vahlii (Lam.) Link S/H/EE/NS
Fuirena camptotricha C. Wright S/H/EE/MC
Fuirena simplex Vahl S/H/EE/NS
Killingia brevifolia Rottb. S/H/EE/VM
Killingia odorata Vahl S/H/EE/VM
Killingia pumila Michaux S/H/EE/VM
Lipocarpha micrantha (Vahl) G. Tucker S/H/EE/VM
Oxycarium cubense (Poepp. & Kunth) Lye A/H/EE/VM
Rhynchospora colorata (L.) H. Pfeiffer T/H/EE/NS
Rhynchospora contracta (Nees) Raynal S/H/EE/NS
Schoenoplectus americanus (Pers.) Volkart ex Schinz & R. Keller A/H/EE/NS
Schoenoplectus californicus (C.A. Mey.) Soják A/H/EE/NS
Schoenoplectus erectus (Poir.) Palla ex J. Raynal subsp. *raynalii* (Schuyler) Lye A/H/EE/VM
Schoenoplectus pungens (Vahl) Palla A/H/EE/VM
Schoenoplectus saximontanus (Fernald) J. Raynal A/H/EE/NA
Schoenoplectus tabernaemontani (C.C. Gmel.) Palla A/H/EE/VM

Hydrocharitaceae

Halophila engelmannii Asch. A/H/ES/NC
 **Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle A/H/ES/VM
Thalassia testudinum Banks ex König A/H/ES/NS
Vallisneria americana Michx. A/H/ES/VM

Hypoxidaceae

Hypoxis decumbens L. var. *decumbens* T/H/EE/MS

Iridaceae

Cipura campanulata Ravenna S/H/EE/MS
Cipura paludosa Aublet S/H/EE/MS
Sisyrinchium angustifolium Mill. T/H/EE/NA
Sisyrinchium bifforme E.P. Bicknell T/H/EE/NA

Juncaceae

Juncus arcticus Willd. var. *mexicanus* (Willd.) Baslev S/H/EE/NS
Juncus dichotomus Elliott S/H/EE/NS
Juncus ebracteatus E. Mey S/H/EE/MS
Juncus nodosus L. S/H/EE/NA

Lemnaceae

Lemna aequinoctialis Welw. A/H/LF/VM
Lemna gibba L. A/H/LF/VM
Spirodela polyrhiza (L.) Schleid. A/H/LF
Wolffia brasiliensis Weddell A/H/LF/NS
Wolffiella lingulata (Hegelm.) Hegelm. A/H/LF/NS

Marantaceae

Thalia geniculata L. A/H/EE/VM

Najadaceae

Najas guadalupensis (Spreng.) Magnus var. *guadalupensis* A/H/ES/NS
Najas marina L. A/H/ES/VM
Najas wrightiana A. Braun A/H/ES/NC

Orchidaceae

Bletia purpurea (Lam.) DC. T/H/EE/NS
Habenaria pringlei B.L. Rob. S/H/EE/MC
Habenaria quinqueseta (Michx.) Sw. T/H/EE/MC
Habenaria repens Nutt. A/H/EE/NS

Poaceae

Andropogon glomeratus (Walter) Britton, Sterns & Poggenb. S/H/EE/NS
Arundinella berteroniana (Schultes) A. Hitch. & Chase T/H/EE/MS
 **Arundo donax* L. T/R/EE/VM
Distichlis spicata (L.) Greene var. *spicata* S/H/EE/NS
 **Echinochloa colona* (L.) Link S/H/EE/VM
 **Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv. S/H/EE/VM
Echinochloa crus-pavonis (Kunth) Schult. S/H/EE/VM
Echinochloa polystachya (Kunth) Hitchc. S/H/EE/VM
 **Echinochloa pyramidalis* (Lam.) Hitchc. & Chase S/H/EE/VM
Eragrostis cilianensis (All.) Vignolo ex Janch. T/H/EE/VM
Eragrostis hypnoides (Lam.) Britton, Sterns & Poggenb. S/H/EE
Eragrostis reptans (Michx.) Nees T/H/EE/NA
Eragrostis secundiflora C. Presl. T/H/EE/NS
Eriochloa acuminata (J. Presl) Kunth S/H/EE/NA
Eriochloa punctata (L.) Desv. S/H/EE/NC
Guadua angustifolia Kunth subsp. *angustifolia* T/B/EE/MS
 **Hemarthria altissima* (Poir.) Stapf & C.E. Hubb. T/H/EE/VM
Hymenachne amplexicaulis (Rudge) Nees A/H/EE/VM
Leersia hexandra Sw. A/H/EE/VM
Leptochloa fusca (L.) Kunth subsp. *fascicularis* (Lam.) N.W. Snow S/H/EE/NS
Leptochloa fusca (L.) Kunth subsp. *uninervia* (Presl.) Hitchc. & Chase S/H/EE/NS
Leptochloa panicea (Retz.) Ohwi subsp. *brachiata* (Steud.) N. Snow T/H/EE/NS
Leptochloa nealleyi Vasey S/H/EE/VM
Lithachne pauciflora (Sw.) P. Beauv T/H/EE/MS
Monanthochloë littoralis Engelm. S/H/EE/VM
Panicum hirsutum Sw. T/H/EE/NS
Panicum trichoides Sw. T/H/EE/NS
Panicum virgatum L. S/H/EE/NS
Paspalidium geminatum (Forssk.) Stapf A/H/EE/VM
Paspalum arundinaceum Poir. S/H/EE/MS
Paspalum conjugatum P.J. Bergius T/H/EE/VM
Paspalum conspersum Schrad. S/H/EE/NS
Paspalum denticulatum Trin. S/H/EE/NS
Paspalum distichum L. A/H/EE/NS
Paspalum harwegianum Fourn. T/H/EE/NC
Paspalum langei (Fourn.) Nash T/H/EE/NS
Paspalum monostachyum Chase T/H/EE/NA
Paspalum pubiflorum Rupr. T/H/EE/NC
Paspalum setaceum Michx. var. *setaceum* S/H/EE/NS
Paspalum squamulatum Fourn. S/H/EE/MC

- **Paspalum urvillei* Steud. S/H/EE/VM
Paspalum virgatum L. S/H/EE/NS
Paspalum vaginatum Sw. S/H/EE/VM
 **Pennisetum purpureum* Schum. T/H/EE/VM
Phragmites australis (Cav.) Trin. subsp. *australis* S/R/EE/VM
 **Polypogon monspeliensis* (L.) Desf. T/H/EE/VM
 **Polypogon viridis* (Gouan) Breistr. S/H/EE/VM
Setaria magna Griseb. S/H/EE/NS
Setaria parviflora (Poir.) Kerguelen T/H/EE/VM
Spartina patens (Aiton) Muhl. S/H/EE/NC
Spartina spartinae (Trin.) A. Hitchc. S/H/EE/NS
Sporobolus airoides (Torr.) Torr. T/H/EE/NA
Sporobolus pyramidatus (Lam.) Hitchc. T/H/EE/NS
Sporobolus virginicus (L.) Kunth S/H/EE/VM
Sporobolus wrightii Munro ex Scribn. T/H/EE/NA
Steinchisma laxa (Sw.) Zuloaga S/H/EE/MS
 **Urochloa mutica* (Forssk.) T.Q. Nguyen S/H/EE/NS

Pontederiaceae

- **Eichhornia crassipes* (C. Martius) Solms-Laub. A/H/LF/VM
Heteranthera dubia (Jacq.) MacMill. A/H/ES/NS
Heteranthera limosa (Sw.) Willd. A/H/EE/NS
Heteranthera mexicana S. Watson A/H/EE/NA
Heteranthera rotundifolia (Kunth) Griseb. A/H/EE/NS

Potamogetonaceae

- Potamogeton foliosus* Raf. subsp. *foliosus* A/H/ES/NS
Potamogeton illinoensis Morong A/H/ES/NS
Potamogeton nodosus Poir. A/H/EH/VM
Potamogeton pusillus L. var. *pusillus* A/H/ES/VM
Stuckenia pectinata (L.) Börner A/H/ES/VM
Stuckenia striata (Ruiz & Pav.) Holub A/H/ES/NS

Ruppiceae

- Ruppia maritima* L. A/H/ES/VM

Typhaceae

- Typha domingensis* Pers. A/H/EE/VM

Xyridaceae

- Xyris ambigua* Beyr. ex Kunth S/H/EE/NC
Xyris jupicai Rich. S/H/EE/NS

Zannichelliaceae

- Zannichellia palustris* L. A/H/ES/VM

DICOTILEDONEAE

Acanthaceae

- Blechum pyramidatum* (Lam.) Urb. T/H/EE/NS
Dicliptera sexangularis (L.) Juss. T/H/EE/MS
Justicia runyonii Small T/H/EE/NA
Ruellia coerulea Morong T/H/EE/NS
Ruellia inundata Kunth T/H/EE/MS
Ruellia malacosperma Greenm. T/H/EE/MS
Ruellia paniculata L. T/H/EE/MS

Aizoaceae

- Sesuvium maritimum* (Walter) Britton, Sterns & Poggenb. T/H/EE/MC
Sesuvium portulacastrum L. T/H/EE/VM
Sesuvium verrucosum Raf. T/H/EE/NA
Trianthema portulacastrum L. T/H/EE/VM

Amaranthaceae

- Alternanthera obovata* (M. Martens & Galeotti) Standl. S/H/EE/MC
Amaranthus australis (Gray) Sauer SH/EE/NC
Blutaparon vermiculare (L.) Mears T/H/EE/NS
Tidestromia lanuginosa (Nutt.) Standl. subsp. *lanuginosa* T/H/EE/VM

Annonaceae

- Annona glabra* L. A/B/EE/VM

Apiaceae

- **Centella erecta* (L. f.) Fernald S/H/EE/NS
Eryngium nasturtiifolium Juss ex Delar f. S/H/EE/NC
Hydrocotyle bonariensis Lamarck S/H/EE/NS
Hydrocotyle mexicana Schlttdl. & Cham. T/H/EE/MC
Hydrocotyle umbellata L. S/H/EE/NS
Hydrocotyle verticillata Thunb. var. *triradiata* (A. Rich.) Fernald S/H/EE/VM
Hydrocotyle verticillata Thunb. var. *verticillata* S/H/EE/VM

Apocynaceae

- Rhabdadenia biflora* (Jacq.) Müll. Arg. T/H/EE/MS

Asclepiadaceae

- **Cryptostegia grandiflora* Roxb. ex R. Br. T/H/EE/VM
 **Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. T/H/EE/VM
Funastrum clausum (Jacq.) Schltr. S/H/EE/NS
Funastrum cynanchoides (Dcne.) Schltr. var. *cynanchoides* S/H/EE/NA

Asteraceae

- Acmella oppositifolia* (Lam.) R.K. Jansen var. *oppositifolia* S/H/EE/NS
Ambrosia trifida L. T/H/EE/NA
Aster subulatus Michx. var. *subulatus* SH/EE/NS
Baccharis neglecta Britton & A. Brown T/R/EE/NA
Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.) Pers. S/R/EE/NS
Barkleyanthus salicifolius (Kunth) H. Rob. & Brettell T/R/EE/NA
Borrchia frutescens (L.) DC. S/H/EE/NA
Chloracantha spinosa (Benth.) G.L. Nesom S/H/EE/NC
Conoclinium betonicifolium (Mill.) R.M. King & H. Rob. S/H/EE/NA
Coreopsis tinctoria Nutt. T/H/EE/NS
Eclipta prostrata (L.) L. S/H/EE/VM
Egletes liebmanni Sch. Bip. S/H/EE/MC
Egletes viscosa Less. S/H/EE/NC
Flaveria trinervia (Spreng.) C. Mohr T/H/EE/VM
Fleischmannia arguta (Kunth) B.L. Rob. T/H/EE/MC
Fleischmannia porphyranthema (A. Gray) R.M. King & H. Rob. T/H/EE/EM
Gymnocoronis latifolia Hook & Arn. A/H/EE/MC
Helenium elegans DC. var. *amphibolum* (A. Gray) Bierner S/H/EE/EM
Helenium mexicanum Kunth S/H/EE/MC
Helenium microcephalum DC. var. *microcephalum* S/H/EE/NA
Helenium microcephalum DC. var. *ooclinium* (A. Gray) Bierner S/H/EE/NA
Helenium quadridentatum Labill. S/H/EE/MC

Jaegeria hirta (Lag.) Less. T/H/EE/MS
Laennecia coulteri (A. Gray) G.L. Nesom T/H/EE/NA
Melanthra nivea (L.) Small T/H/EE/NS
Mikania cordifolia (L. f.) Willd. S/H/EE/NS
Mikania micrantha Kunth S/H/EE/NS
Mikania scandens (L.) Willd. S/H/EE/NS
Packeria tampicana (DC.) C. Jeffrey T/H/EE/NA
Pluchea carolinensis (Jacq.) G. Don T/R/EE/VM
Pluchea odorata (L.) Cass. S/H/EE/NS
Pluchea salicifolia (Mill.) S.F. Blake S/H/EE/MC
Solidago velutina DC. T/H/EE/NA
Trichocoronis wrightii (Torr. & A. Gray) Gray var. *wrightii*
 A/H/EE/NA

Bataceae

Batis maritima L. S/H/EE/VM

Bigoniaceae

Chilopsis linearis (Cav.) Sweet T/H/EE/NA

Boraginaceae

Heliotropium curassavicum L. var. *curassavicum* T/H/EE/NS

Brassicaceae

Cakile geniculata (Robins.) Millsp. T/H/EE/NA
Cakile lanceolata (Willd.) O.E. Schulz subsp. *pseudoconstricta*
 Rodman T/H/EE/NC
 **Cardamine hirsuta* L. T/H/EE/VM
 **Nasturtium officinale* R. Br. A/H/ET/VM
Rorippa teres (Michx.) Stuckey S/H/EE/NC

Cabombaceae

Cabomba paleaformis Fassett A/H/ES/MC

Capparidaceae

Crateva tapia L. T/B/EE/MS

Ceratophyllaceae

Ceratophyllum demersum L. A/H/LS/VM

Chenopodiaceae

Salicornia bigelovii Torr. S/H/EE/NC
Salicornia virginica L. S/H/EE/VM
Suaeda conferta (Small) I. M. Johnston S/H/EE/NM
Suaeda linearis (Elliott) Moq. S/H/EE/NM
Suaeda nigra (Raf.) J.F. Macbr. S/H/EE/NM
Suaeda tampicensis (Standl.) I. M. Johnst. S/H/EE/NM

Chrysobalanaceae

Chrysobalanus icaco L. S/R/EE/VM

Combretaceae

Conocarpus erectus L. T/R/EE/VM
Laguncularia racemosa (L.) C.F. Gaertn. A/B/EE/VM

Convolvulaceae

Ipomoea carnea Jacq. subsp. *fistulosa* (Mart. ex Choisy) D.
 Austin T/H/EE/MS
Ipomoea rubens Choisy T/H/EE/VM

Elatinaceae

Bergia texana (Hook.) Seub. ex Walp. S/H/EE/NA

Euphorbiaceae

Caperonia castaneifolia (L.) A. St.-Hill. S/H/EE/MS
Caperonia palustris (L.) A. St.-Hil. S/H/EE/VM

Fabaceae

Aeschynomene indica L. S/H/EE/VM
Aeschynomene rudis Benth. S/H/EE/MS
Aeschynomene scabra G. Don S/H/EE/MS
Dalbergia brownei (Jacq.) Urban S/R/EE/NS
Desmodium triflorum (L.) DC. T/H/EE/VM
Sesbania drummondii (Rydb.) Cory T/R/EE/NA
Sesbania herbacea (Mill.) McVaugh S/H/EE/NS
Vigna luteola (Jacq.) Benth. S/H/EE/VM

Gentianaceae

Centaurium calycosum (Buckley) Fernald T/H/EE/NA
Eustoma exaltatum (L.) Salisb. subsp. *exaltatum* S/H/EE/NC
Eustoma exaltatum (L.) Salisb. subsp. *russellianum* (Hook.)
 Kartez S/H/EE/NA
Halenia plantaginea (Kunth) G. Don T/H/EE/EM
Sabatia arenicola Greenm. T/H/EE/NA
Sabatia stellaris Pursh S/H/EE/NM

Haloragaceae

**Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. A/H/ES/MS
Myriophyllum hippuroides Nutt. ex Torr. & A. Gray A/H/ES/NC

Hydrophyllaceae

Hydrolea spinosa L. A/H/EE/NS

Juglandaceae

Carya illinoensis (Wangenh.) K. Koch T/B/EE/NC
Carya myristiciformis (F. Michx.) Nutt. T/B/EE/NA
Carya palmeri W.E. Manning T/B/EE/EM

Lamiaceae

Clinopodium brownei (Sw.) Kuntze S/H/EE/NS
Hyptis capitata Jacq. T/H/EE/VM
Hyptis verticillata Jacq. T/H/EE/NS

Lentibulariaceae

Utricularia foliosa L. A/H/LS/VM
Utricularia gibba L. A/H/LS/VM

Lobeliaceae

Lobelia cardinalis L. subsp. *cardinalis* S/H/EE/NS
Lobelia purpusii Brand. A/H/EE/EM

Loganiaceae

Mitreola petiolata (J.F. Gmel.) Torr. & A. Gray S/H/EE/NS

Lythraceae

Ammannia auriculata Willd. S/H/EE/VM
Ammannia coccinea Rottb. S/H/EE/VM
Ammannia robusta Heer & Regel S/H/EE/NS
Cuphea hyssopifolia Kunth T/H/EE/NS
Heimia salicifolia Link S/R/EE/NS
Lythrum alatum Pursh. var. *lanceolatum* (Elliott) Rothr. S/H/
 EE/NM
Lythrum alatum Pursh. var. *linearifolium* A. Gray S/H/EE/EM
Lythrum californicum Torr. & A. Gray S/H/EE/NA
Lythrum gracile Benth. S/H/EE/MC
Nesaea palmeri S.A. Graham S/H/EE/EM
Rotala ramosior (L.) Koehne A/H/EE/VM

Malvaceae

Kosteletzkya depressa (L.) O.J. Blanch., Fryxell & D.M. Bates
 T/H/EE/MS

Malachra alceifolia Jacq. T/H/EE/MS
Malachra capitata (L.) L. T/H/EE/MS

Menyanthaceae

Nymphoides indica (L.) Kuntze A/H/EH/VM

Mimosaceae

Inga vera Willd. S/B/EE/NS
Mimosa pigra L. S/R/EE/VM
Neptunia natans (L. f.) Druce A/H/LF/VM
Neptunia plena (L.) Benth. S/H/EE/VM
Neptunia pubescens Benth. var. *pubescens* S/H/EE/NS
Pithecellobium lanceolatum (Humb. & Bonpl.) Benth. T/B/EE/MS

Molluginaceae

Glinus radiatus (Ruiz & Pav.) Rohrb. T/H/EE/NS
 **Mollugo verticillata* L. T/H/EE/VM

Moraceae

Ficus insipida Willd. S/B/EE/MS

Nelumbonaceae

Nelumbo lutea (Willd.) Pers. A/H/EH/NS

Nymphaeaceae

Nuphar advena (Aiton) W.T. Aiton subsp. *advena* A/H/EH/NA
Nymphaea amazonum Mart. & Zucc. subsp. *amazonum* A/H/EH/MS
Nymphaea ampla (Salisb.) DC. A/H/EH/NS
Nymphaea elegans Hook. A/H/EH/NA
Nymphaea jamesoniana Planchon A/H/EH/NS

Oleaceae

Fraxinus berlandieriana DC. S/B/EE/NA

Onagraceae

Ludwigia leptocarpa (Nutt.) H. Hara S/H/EE/VM
Ludwigia octovalvis (Jacq.) P.H. Raven S/H/EE/VM
Ludwigia palustris (L.) Elliott A/H/ES/NM
Ludwigia peploides (Kunth) P.H. Raven A/H/ET/NS
Ludwigia repens J.R. Forst. A/H/ES/NM

Plantaginaceae

**Plantago major* L. T/H/EE/VM

Platanaceae

Platanus rzedowskii K. Nixon & Poole S/B/EE/EM

Podostemaceae

Oserya coulteriana Tul. A/H/ES/EM
Tristichia trifaria (Bory ex Willd.) Spreng. A/H/ES/VM

Polygonaceae

Polygonum acuminatum Kunth A/H/EEMS
Polygonum ferrugineum Wedd. S/H/EE/MS
Polygonum glabrum Willd. S/H/EE/VM
Polygonum hydropiperoides Michx. var. *hydropiperoides* S/H/EE/NS
Polygonum hydropiperoides Michx. var. *opelosanum* (Riddell ex Small) J.S. Wilson S/H/EE/NS
 **Polygonum lapathifolium* Willd. S/H/EE/VM
Polygonum pennsylvanicum L. S/H/EE/VM
 **Polygonum persicaria* L. S/H/EE/VM
Polygonum persicarioides Kunth S/H/EE/MS

Polygonum punctatum Eil. S/H/EE/NS
Polygonum segetum Kunth S/H/EE/MS
Rumex chrysocarpus Moric. S/H/EE/NA
 **Rumex crispus* L. T/H/EE/VM
 **Rumex obtusifolius* L. S/H/EE/VM
 **Rumex pulcher* L. subsp. *pulcher* S/H/EE/VM

Primulaceae

Anagallis minima (L.) E.H.L. Krause S/H/EE/VM
Samolus ebracteatus Kunth var. *ebracteatus* T/H/EE/MC
Samolus parviflorus Raf. S/H/EE/NS

Rhizophoraceae

Rhizophora mangle L. A/B/EE/NS

Rubiaceae

Cephalanthus occidentalis L. S/R/EE/NC
Cephalanthus salicifolius Bonpl. S/R/EE/MC
 **Pentodon pentandrus* (Schumach. & Thonn.) Vatke T/H/EE/VM
Spermacoce confusa Rendle T/H/EE/MS
Spermacoce glabra Michx. T/H/EE/NS
Spermacoce tenuior L. T/H/EE/NS

Salicaceae

Populus mexicana Wesmael var. *mexicana* S/B/EE/EM
Populus tremuloides Michx. T/H/EE/NA
Salix thurberi Nutt. S/R/EE/NA
Salix humboldtiana Willd. S/B/EE/NC
Salix nigra Marshall S/B/EE/NA
Salix taxifolia Kunth S/R/EE/NC

Scrophulariaceae

Bacopa monnieri (L.) Wettst. A/H/EE/VM
Calceolaria mexicana Benth. T/H/EE/MS
Capraria biflora L. T/H/EE/VM
Capraria mexicana Moric. ex Benth. T/H/EE/MC
Lindernia dubia (L.) Pennell S/H/EE/NS
Mecardonia procumbens (Mill.) Small T/H/EE/VM
Mecardonia vandellioides (Kunth) Pennell S/H/EE/NS
Mimulus glabratus Kunth var. *glabratus* S/H/EE/NS
Stemodia durantifolia (L.) Sw. S/H/EE/NS
Stemodia schottii Holz. S/H/EE/NA
Veronica peregrina L. S/H/EE/NS

Solanaceae

Calibrachoa parviflora (Juss.) D'Arcy T/H/EE/NS
Lycium carolinianum Walter var. *quadrifidum* (Dunal) Hitchc. T/H/EE/NA
Solanum campechiense L. T/H/EE/NS
Solanum diphyllum L. T/H/EE/MC
Solanum tampicense Dunal A/H/EE/NC

Tamaricaceae

**Tamarix gallica* L. T/R/EE/VM
 **Tamarix chinensis* Lour. T/R/EE/VM

Ulmaceae

Celtis laevigata Willd. T/B/EE/NA
Ulmus crassifloia Nutt. T/B/EE/NA

Urticaceae

Boehmeria cylindrica (L.) Sw. T/H/EE/NS

Verbenaceae*Avicennia germinans* (L.) L. S/B/EE/VM*Clerodendrum ligustrinum* (Jacq.) R. Br. S/R/EE/MC*Lippia alba* (Mill.) N.E. Br. T/H/EE/VM*Phyla dulcis* (Trevir.) Moldenke T/H/EE/VM*Phyla lanceolata* (Michx.) Greene S/H/EE/NS*Phyla nodiflora* (L.) Greene T/H/EE/VM*Phyla stoechadifolia* (L.) Small S/H/EE/NS/NS*Phyla strigulosa* (M. Martens & Galeotti) Moldenke T/H/EE/NS

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas por el apoyo para realizar estudios de posgrado en la Universidad Nacional Autónoma de México. Enrique Ortiz y Abril Angeles gentilmente elaboraron las figuras. Se agradece a Hilda Flores, Mahinda Martínez y Fernando Chiang la revisión crítica del manuscrito y sus atinados comentarios. El doctor Alejandro Novelo Retana (1951–2006) colaboró estrechamente en el desarrollo de este trabajo; desafortunadamente su muerte prematura nos impidió seguir contando con su amplia experiencia en la flora acuática de México. Esta contribución se dedica cordialmente a su memoria.

REFERENCIAS

- ABELLÁN, P., D. SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, J. VELASCO y A. MILLÁN. 2005. Conservation of freshwater biodiversity: a comparison of different area selection methods. *Biodivers. & Conservation* 14:3457–3474.
- AMEZAGA, J.M., L. SANTAMARÍA y A.J. GREEN. 2002. Biotic wetland connectivity-supporting a new approach for wetland policy. *Acta Oecol.* 23:213–222.
- ARRIAGA, L., E. VÁZQUEZ, J. GONZÁLEZ, R. JIMÉNEZ, E. MUÑOZ y V. AGUILAR. (coords.). 1998. Regiones prioritarias marinas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- ARRIAGA, L., V. AGUILAR y J. ALCOCER. 2002. Aguas continentales y diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- BONILLA-BARBOSA, J. 2004. Flora acuática vascular. En: Luna I., J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. Las Prensas de Ciencias, México, D.F. Pp. 149–159.
- BONILLA-BARBOSA, J.R., J.A. VIANA-LASES y F. SALAZAR-VILLEGAS. 2000. Listados Florísticos de México. XX. Flora acuática de Morelos. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- BRIONES V., O.L. 1991. Sobre la flora, vegetación y fitogeografía de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas. *Acta Bot. Mex.* 16:15–43.
- BRUMMITT, R.K. 1992. Vascular plant families and genera. Royal Botanic Gardens, Kew, Great Britain.
- CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México: estudio de País, 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
- COOK, C.D.K. 1990. Aquatic plant book. SPB Academic Publishing, The Hague, Netherlands.
- COOK, C.D.K., B.J. GUT, E.M. RIX, J. SCHNELLER y M. SEITZ. 1974. Water plants of the world. A manual for the identification of the genera of freshwater macrophytes. Dr. W. Junk b.v., Publishers, The Hague, Netherlands.
- CRONQUIST, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York.
- CRUICKSHANK, G.G. y L. TAMAYO. 1976. Atlas del agua de la República Mexicana. Secretaría de Recursos Hidráulicos, México, D.F. P. 247.
- DAHLGREN, R.T.M., H.T. CLIFFORD y P.F. YEO. 1985. The families of monocotyledons. Structure, evolution, and taxonomy. Springer-Verlag, New York.
- DALTON, P. y A. NOVELO. 1983. Aquatic and wetland plants of the Arnold Arboretum. *Arnoldia* 43(2):7–44.
- DAUBENMIRE, R.F. 1979. Ecología vegetal. Tratado de autoecología de las plantas. Tercera edición. Limusa, México, D.F.
- DICE, L.R. 1943. The biotic provinces of North America. University of Michigan Press, Ann Arbor.
- FIGUEROLA, J. y A. GREEN. 2002. Dispersal of aquatic organisms by water-birds: a review of past research and priorities for future studies. *Freshw. Biol.* 47:483–494.

- FITZSIMONS, J.A. y H.A. ROBERTSON. 2005. Freshwater reserves in Australia: directions and challenges for the development of a comprehensive system of protected areas. *Hydrobiologia* 552:87–97.
- GONZÁLEZ, M. 1989. El género *Potamogeton* (Potamogetonaceae) en México. *Acta Bot. Mex.* 6:1–43.
- GONZÁLEZ-MEDRANO, F. 1972. La vegetación del nordeste de México. *Anales Inst. Biol. UNAM, Ser. Bot.* 43:11–50.
- GREEN, A.J., J. FIGUEROLA y M.I. SÁNCHEZ. 2002. Implications of waterbird ecology for the dispersal of aquatic organisms. *Acta Oecol.* 23:177–189.
- HERNÁNDEZ, L.G., J. TREVIÑO C., A. MORA-OLIVO y M. MARTÍNEZ. D. 2005. Diversidad florística y endemismos. En: Sánchez-Ramos, G., P. Reyes-Castillo & R. Dirzo (eds.). *Historia natural de la Reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas, México*. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Cd. Victoria. Pp. 244–253.
- HOLMGREN, P., N.H. HOLMGREN y L.C. BARNETT. 1990. *Index herbariorum. Part I: The herbaria of the world*. 8th edition. New York Botanical Garden, Bronx.
- INEGI. 2001. *Síntesis geográfica del estado de Tamaulipas*. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.
- JAIN, S.K. 1990. Conservation of aquatic plants. In: Gopal, B., ed. *Ecology and management of aquatic vegetation in the Indian Subcontinent*: 237–241. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- JOHNSTON, M.C., K. NIXON, G. NESOM y M. MARTÍNEZ. 1989. Listado de plantas vasculares conocidas de la Sierra de Guatemala, Gómez Farías, Tamaulipas, México. *Biotam* 1(2):21–33.
- LANGELAND, K.A. 1996. *Hydrilla verticillata* (L.F.) Royle (Hydrocharitaceae), The perfect aquatic weed. *Castanea* 61:293–304.
- LOT, A., A. NOVELO y P. RAMÍREZ-GARCÍA. 1986. Listados florísticos de México V. Angiospermas acuáticas mexicanas 1. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- LOT, A., A. NOVELO y P. RAMÍREZ-GARCÍA. 1993. Diversity of Mexican aquatic vascular plant flora. In: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.) *Biological diversity of Mexico*: 577–591. Oxford University Press, New York.
- LOT, A., A. NOVELO, M. OLVERA y P. RAMÍREZ-GARCÍA. 1999. Catálogo de angiospermas acuáticas de México. Hidrófitas estrictas emergentes, sumergidas y flotantes. Cuadernos 33. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- MARTÍNEZ-ÁVALOS, J.G. y E. JURADO. 2005. Geographic distribution and conservation of Cactaceae from Tamaulipas, México. *Biodivers. & Conservation* 14:2483–2506.
- MARTÍNEZ y O., E. y F. GONZÁLEZ-MEDRANO. 1977. La vegetación del sudeste de Tamaulipas, México. *Biótica* 2(2): 1–45.
- MARTÍNEZ, M. y A. NOVELO. 1993. La vegetación acuática del Estado de Tamaulipas, México. *Anales Inst. Biol. UNAM, Ser. Bot.* 64:59–86.
- MCGLONE, M.S., R.P. DUNCAN y P.B. HEENAN. 2001. Endemism, species selection and the origin and distribution of the vascular plant flora of New Zealand. *J. Biog.* 28:199–216.
- MICKEL, J.T. y A.R. SMITH. 2004. The pteridophytes of Mexico. *Mem. New York Bot. Gard.* 88:1–1054.
- MIRANDA, F. y E. HERNÁNDEZ X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 28:29–179.
- MORA O., A. 1997. Bases para el control y aprovechamiento de las malezas acuáticas en canales de riego de Tamaulipas, México. Tesis de Maestría, Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Cd. Victoria.
- MORA-OLIVO, A. y A. NOVELO. 2005. La vegetación acuática y semiacuática. En: Sánchez-Ramos G, P Reyes-Castillo & R Dirzo (eds.) *Historia natural de la Reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas, México*. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Cd. Victoria, Tamaulipas, México. Pp. 106–115.
- MORRONE, J.J., D. ESPINOSA O. y J. LLORENTE B. 2002. Mexican biogeographic provinces: preliminary scheme, general characterizations, and synonymies. *Acta Zool. Mex. (n.s.)* 85:83–108.
- MUENSCHER, W.C. 1944. *Aquatic plants of the United States*. Comstock Publishing Co., Inc. Ithaca, N.Y.
- NOVELO, A. y M. GALLEGOS M. 1988. Estudio de la flora y la vegetación acuática relacionada con el sistema de chinampas en el sureste del Valle de México. *Biótica* 3 (1–2):121–139.

- NOVELO R., A. y C.T. PHILBRICK. 1997. Taxonomy of Mexican Podostemaceae. *Aquatic Bot.* 57:275–303.
- NOVELO, A. y M. MARTÍNEZ. 1989. *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae): problemática maleza acuática de reciente introducción en México. *Anales Inst. Biol. UNAM, Ser. Bot.* (Número único):97–102.
- OLVERA, M. 1996. El género *Utricularia* (Lentibulariaceae) en México. *Anales Inst. Biol. UNAM, Ser. Bot.* 67: 347–384.
- PALACIO-PRIETO, J.L., G. BOCCO, A. VELÁSQUEZ, J.F. MAS, F. TAKAKI-TAKAKI, L. LUNA-GONZÁLEZ, G. GÓMEZ-RODRÍGUEZ, J. LÓPEZ-GARCÍA, M. PALMA M., I. TREJO V., A. PERALTA H., J. PRADO-MOLINA, A. RODRÍGUEZ-AGUILAR, R. MAYORGA-SAUCEDO y F. GONZÁLEZ M. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. *Investigaciones Geográficas, Bol. Instit. Geograf., UNAM* 43:183–203.
- PÉREZ-GARCÍA, B., R. RIBA y D.M. JOHNSTON. 1999. Marsileaceae. *Flora Méx.* 6(5):1–17.
- PUIG, H. 1968. Notas acerca de la flora y la vegetación de la Sierra de Tamaulipas, México. *Anales Esc. Nac. Cien. Biol.* 17:49–123.
- PUIG, H. 1970. Etude phytogéographique de la Sierra de Tamaulipas, Mexique. *Bull. Soc. d'Hist. Nat. Toul.* 106(12):60–78.
- PUIG, H. 1976. Végétation de la Huasteca, Mexique. *Mission Archéologique et Ethnologique Française au Mexique. Collection d'Etudes Mésoaméricaines. Vol. 5. México, D.F.*
- RAMSAR BUREAU. 2001. The Ramsar list of wetlands of international importance. Ramsar Bureau. Gland, Switzerland.
- RAUNKIAER, C. 1934. Life forms of plants and statistical plant geography. Clarendon Press, Oxford.
- REED, P.B., JR. 1988. National list of plant species that occur in wetlands: 1988 national summary. *Biol. Rep.* 88(24), U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.
- REED, P.B., JR. (comp.) 1997. Revision of the national list of plant species that occur in wetlands. In cooperation with the National and Regional Interagency Review Panels. Department of Interior, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.
- RZEDOWSKI, J. 1978. La vegetación de México. *Limusa, México, D.F.*
- RZEDOWSKI, J. 1991a. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Bot. Mex.* 15:3–21.
- RZEDOWSKI, J. 1991b. El endemismo en la flora fanerogámica de México: una apreciación analítica preliminar. *Acta Bot. Mex.* 15:47–64.
- RZEDOWSKI, J. 1993. Diversity and origins of the phanerogamic flora of Mexico. En: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds) *Biological diversity of Mexico*. Oxford University Press, New York. Pp. 129–144.
- SANTAMARÍA, L. y KLAASSEN. 2002. Waterbird-mediated dispersal of aquatic organisms: an introduction. *Acta Oecol.* 23:115–119.
- SAUNDERS, D.L., J.J. MEEUWIG y A.C.J. VINCENT. 2002. Freshwater protected areas: strategies for conservation. *Conservation Biol.* 16:30–41.
- SAWADA, M., A.E. VIAU y K. GAJEWSKI. 2003. The biogeography of aquatic macrophytes in North America since the last glacial maximum. *J. Biog.* 30:999–1017.
- SCULTHORPE, C.D. 1985. *The biology of aquatic vascular plants*. Edward Arnold. Ltd., London.
- SIQUEIROS, M.E. 1989. Contribución al conocimiento de la flora acuática y subacuática de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes.
- STUCKEY, R.L. 1993. Phytogeographical outline of aquatic and wetland angiosperms in continental eastern North America. *Aquatic Bot.* 44:259–301.
- TINER, R. 1991. The concept of a hydrophyte for wetland identification. *BioScience* 41:236–247.
- TUCKER, G.C. 1994. Revision of the Mexican species of *Cyperus* (Cyperaceae). *Syst. Bot. Monog.* 43:1–43.
- VALIENTE-BANUET, A., F. GONZÁLEZ y D. PIÑERO. 1995. La vegetación selvática de la región de Gómez Farías, Tamaulipas, México. *Acta Bot. Mex.* 33:1–36.
- VILLASEÑOR, J.L. 1990. The genera of Asteraceae endemic to Mexico and adjacent regions. *Aliso* 12:685–692.
- VILLASEÑOR, J.L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28:160–167.
- VILLASEÑOR, J.L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 75:105–135.
- WEAVER, J.E. y F.E. CLEMENTS. 1938. *Plant ecology*. Second edition. McGraw-Hill, New York.

CAPÍTULO III

PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE LA FLORA VASCULAR ACUÁTICA ESTRICTA EN EL ESTADO DE TAMAULIPAS, MÉXICO



Patrones de distribución de la flora vascular acuática estricta en el estado de Tamaulipas, México

Distributional patterns of the strictly aquatic vascular flora in the state of Tamaulipas, Mexico

Arturo Mora-Olivo^{1*}, José Luis Villaseñor², Isolda Luna-Vega³ y Juan J. Morrone⁴

¹Instituto de Ecología y Alimentos, Universidad Autónoma de Tamaulipas, 13 Blvd. Adolfo López Mateos 928, Ciudad Victoria 87040, Tamaulipas, México.

²Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado postal 70-367, 04510 México, D. F., México.

³Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado postal 70-399, 04510 México, D.F., México.

⁴Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado postal 70-399, 04510 México, D. F., México.

*Correspondencia: amorao@uat.edu.mx

Resumen. Se analizaron los patrones de riqueza y distribución de las plantas vasculares acuáticas estrictas en el estado de Tamaulipas, México. Se registraron 93 especies, 62 de las cuales son típicas de ambientes lénticos. La subcuenca Río Tamesí fue la que registró el mayor número de especies (68, 73.1%). No se registraron especies endémicas del estado, aunque existen 2 especies restringidas al territorio mexicano (*Lobelia purpusii* y *Oserya coulteriana*). Se consideran como raras 29 especies (31.2%) por presentarse en una sola subcuenca y sólo 2 especies están distribuidas ampliamente en la mayoría de éstas (*Bacopa monnieri* y *Echinodorus berteroi*). Un análisis de parsimonia de endemismos (PAE) de las subcuencas hidrológicas del estado con base en la presencia compartida de especies reveló que las plantas acuáticas estrictas presentan un patrón de distribución anidado. Se concluye que las plantas vasculares acuáticas estrictas de Tamaulipas son parte de una misma unidad florística y que su distribución obedece a gradientes altitudinales, latitudinales y climáticos.

Palabras clave: hidrófitas estrictas, análisis de parsimonia de endemismo, plantas tamaulipecas.

Abstract. Patterns of distribution and richness of strictly aquatic vascular plants of the state of Tamaulipas, Mexico, were analyzed. We registered 93 species of strictly aquatic vascular plants, which 62 are typical from lentic environments. The Río Tamesí sub-basin contains the highest number of species (68, 73.1%). There are no endemic species to the state of Tamaulipas, but we found 2 species endemic to Mexico (*Lobelia purpusii* and *Oserya coulteriana*). Twenty nine species (31.2%) are considered rare, because they are present in a single sub-basin; only 2 species are widely distributed in most of them (*Bacopa monnieri* and *Echinodorus berteroi*). A parsimony analysis of endemism (PAE) of the hydrological sub-basins represented in this state based on the shared presence of species suggested that the strictly aquatic vascular plants have a nested distributional pattern. We conclude that these plants in Tamaulipas are part of the same floristic unit and that their distribution follow altitudinal, latitudinal and climatic gradients.

Key words: strictly hydrophytes, parsimony analysis of endemism, Tamaulipan plants.

Introducción

La búsqueda de regularidades en la distribución de los seres vivos es uno de los objetivos principales de la biogeografía (Zunino, 2005). Los sistemas acuáticos en general son poco diversos, aun en ambientes tropicales (Rzedowski, 1991a; Crow, 1993), y las especies de plantas acuáticas usualmente poseen áreas de distribución amplias, muchas de ellas cosmopolitas

o subcosmopolitas (Santamaría, 2002), debido en parte a su amplia tolerancia ecológica. En contraste con las plantas terrestres, las hidrófitas se caracterizan por tener una escasa diversificación taxonómica y genética a niveles supraespecíficos (Sculthorpe, 1985; Santamaría, 2002). Comparado con otros grupos vegetales, el endemismo en las plantas acuáticas es bajo, como también sucede con bejucos, algunos helechos y orquídeas (Rzedowski, 1991b; McGlone et al., 2001). La dispersión a larga distancia por aves ha sido la causa que más frecuentemente se ha utilizado para explicar la distribución discontinua de especies

Recibido: 30 mayo 2007; aceptado: 12 febrero 2008

acuáticas (Santamaría y Klaassen, 2002; Les et al., 2003), aunque ésta no siempre ha explicado satisfactoriamente dichas distribuciones en el caso de grandes barreras geográficas, como las disyunciones intercontinentales, que podrían deberse a eventos históricos como la vicarianza y la deriva continental (Santamaría, 2002).

Los métodos empleados para elaborar trabajos biogeográficos para México han variado desde los netamente descriptivos hasta los cuantitativos (Murguía y Rojas, 2001). Los análisis fenéticos (Balleza et al., 2005), panbiogeográficos (Contreras-Medina y Eliosa, 2001; Morrone et al., 2002) y cladísticos (Contreras-Medina et al., 2007a; Escalante et al., 2007) han sido una herramienta útil para definir regiones, provincias y distritos biogeográficos. El método conocido como análisis de parsimonia de endemismos o PAE (por sus siglas en inglés) clasifica las áreas estudiadas (análogas a taxones en análisis filogenéticos) con base en los taxones compartidos (análogos a caracteres) generando un cladograma que muestra jerárquicamente las áreas con biotas similares (Rosen, 1988; Morrone y Crisci, 1995). En México, el PAE se ha usado con diferentes unidades geográficas y grupos taxonómicos; por ejemplo, áreas fragmentadas y plantas del bosque mesófilo de montaña (Luna et al., 1999, 2000), provincias florísticas y cactáceas columnares (Dávila-Aranda et al., 2002), cuadrantes y plantas vasculares endémicas de la península de Yucatán (Espadas et al., 2003), cuadrantes y magnoliofitas endémicas de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (Méndez-Larios et al., 2005), sistemas hidrológicos y helmintos parásitos de peces (Aguilar-Aguilar et al., 2003, 2005), transectos y aves del oeste del país (García-Trejo y Navarro-Sigüenza, 2004), cortes latitudinales y mamíferos de la Sierra Madre Oriental (León-Paniagua et al., 2004), provincias biogeográficas e insectos (Corona et al., 2005), provincias bióticas y mariposas (Luis et al., 2005), estados y árboles tropicales de México (Cué-Bär et al., 2006) o estados, provincias biogeográficas, cuadrantes y gimnospermas de México (Contreras-Medina et al., 2007b). Los estudios biogeográficos relacionados con plantas acuáticas son escasos (Stuckey, 1993; Santamaría, 2002; Les et al., 2003; Sawada et al., 2003), especialmente en México (Lot y Novelo, 1992), donde el único trabajo que aplica el PAE es el de Huidobro et al. (2006).

En Tamaulipas convergen porciones de reinos, regiones y provincias propuestos por diferentes autores. Por ejemplo, desde el punto de vista florístico, Rzedowski (1978) señala que en el estado confluyen los reinos holártico y neotropical; están representadas 3 regiones (Mesoamericana de Montaña, Xerofítica Mexicana y Caribeña) y 4 provincias (Sierra Madre Oriental, Altiplanicie, Planicie Costera del Noreste y Costa del Golfo de México).

Morrone et al. (2002), con plantas y animales, también ubican en su territorio las regiones neártica y neotropical y 4 provincias biogeográficas (Sierra Madre Oriental, Altiplano Mexicano, Tamaulipas y Golfo de México). Por su parte, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (Arriaga et al., 1997) propuso un sistema combinado basado en plantas (Rzedowski, 1978), animales (Casas-Andreu y Reyna-Trujillo, 1990; Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1990) y rasgos morfotectónicos (Ferrusquía-Villafranca, 1990), encontrando para el país 19 provincias biogeográficas. En Tamaulipas se localizan porciones de las provincias Sierra Madre Oriental, Altiplano Sur, Tamaulipeca y Golfo de México (Fig. 1).

Tamaulipas cuenta actualmente con un inventario actualizado de su flora vascular acuática (Mora-Olivo y Villaseñor, 2007). Con base en esta información, el

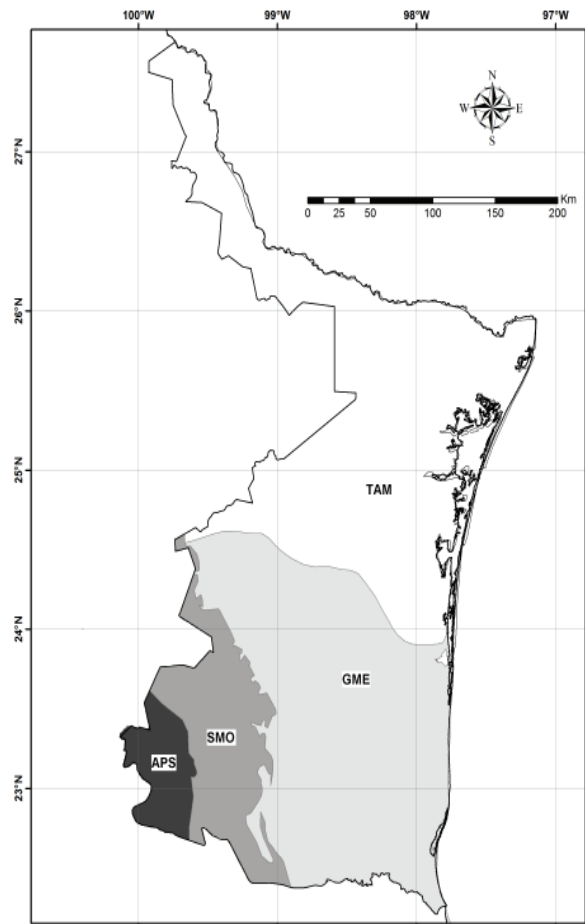


Figura 1. Provincias biogeográficas (CONABIO, 2007) que se localizan en el estado de Tamaulipas. TAM = Tamaulipeca, GME = Golfo de México, SMO = Sierra Madre Oriental, APS = Altiplano Sur.

objetivo del trabajo es evaluar el patrón de distribución de las plantas vasculares acuáticas estrictas usando un análisis de parsimonia de endemismos, con el fin de detectar áreas particularmente ricas en especies exclusivas que las diferencian como zonas particularmente interesantes por la distribución restringida de tales especies.

Material y métodos

Área de estudio. Tamaulipas tiene una superficie de 78,380 km² y se localiza entre los 22° 12' 31" y 27° 40' 42" de N y los 97° 08' 38" y 100° 08' 52" O. Colinda al norte con el estado de Texas de los Estados Unidos de América, al sur con los estados de Veracruz y San Luis Potosí, al este con el golfo de México y al oeste con el estado de Nuevo León (Fig. 2). La mayor parte del territorio tamaulipeco se eleva poco sobre el nivel del mar, con excepción de la Sierra Madre Oriental, que en su parte más alta llega a los 3000 m. Por su localización geográfica y su orografía, Tamaulipas presenta una gran diversidad de climas, que van desde los subhúmedos y húmedos, con lluvias en verano en la zona sur-sureste, hasta climas templados en el altiplano tamaulipeco y serranías, que varían de húmedos a secos según la altitud (INEGI, 2001).

En el estado de Tamaulipas se encuentran representadas total o parcialmente 13 cuencas hidrológicas y 50 subcuencas (SPP, 1982; CNA, 1998; INEGI, 2001) (Cuadro 1). Los principales cuerpos de agua son los ríos Bravo, San Fernando, Soto la Marina y Tamesí, y las lagunas Madre y San Andrés (SPP, 1982) (Fig. 2). Se ha registrado la presencia de manglares, tulares y carrizales en el estado (Miranda y Hernández-X., 1963), y además la característica vegetación de ríos, presas, canales, lagunas y charcos (Martínez y Novelo, 1993). Un inventario reciente reporta 426 especies de plantas vasculares asociadas con humedales, de las cuales 93 se consideran acuáticas estrictas nativas (Mora-Olivo y Villaseñor, 2007).

Con base en recolecciones de campo, revisión de ejemplares de herbario (UAT, MEXU, ENCB, XAL, TEX), acceso a bases de datos (REMIB, W3TROPICOS; Novelo, inédito; Villaseñor, inédito) y consulta de bibliografía especializada (e.g. Lot et al., 1986, 1999; González, 1989; Tucker, 1994; Olvera, 1996; Novelo y Philbrick, 1997; Pérez-García et al., 1999; Haynes y Holm-Nielsen, 1994, 2003), se elaboró una base de datos con 1376 registros georreferidos de especies de plantas vasculares acuáticas de Tamaulipas. Con esta información se determinó la presencia de 93 especies de plantas acuáticas estrictas no introducidas (Mora-Olivo y Villaseñor, 2007), en las cuencas y subcuencas en que se divide oficialmente el estado desde el punto de vista hidrológico (SPP, 1982;

CNA, 1998; INEGI, 2001). Algunas cuencas y subcuencas no registraron datos y otras tuvieron un número reducido de especies; en estos casos, se incluyeron en sus contrapartes vecinas que registraron un mayor número de especies como recomiendan Glasby y Álvarez (1999). Un caso especial fue el de la subcuenca Tula 1, en la cual sólo se registraron 3 especies, pero se tomó en cuenta de manera independiente dadas sus características ambientales, pues forma parte del Altiplano Mexicano. De esta manera, el número final de cuencas y subcuencas analizadas se redujo a 7 y 15 respectivamente (Fig. 2). Se decidió usar subcuencas en lugar de cuencas, debido a que algunas de éstas son muy extensas y en muchos casos ocupan distintas latitudes, longitudes y provincias bióticas. Otros estudios biogeográficos en México que utilizaron

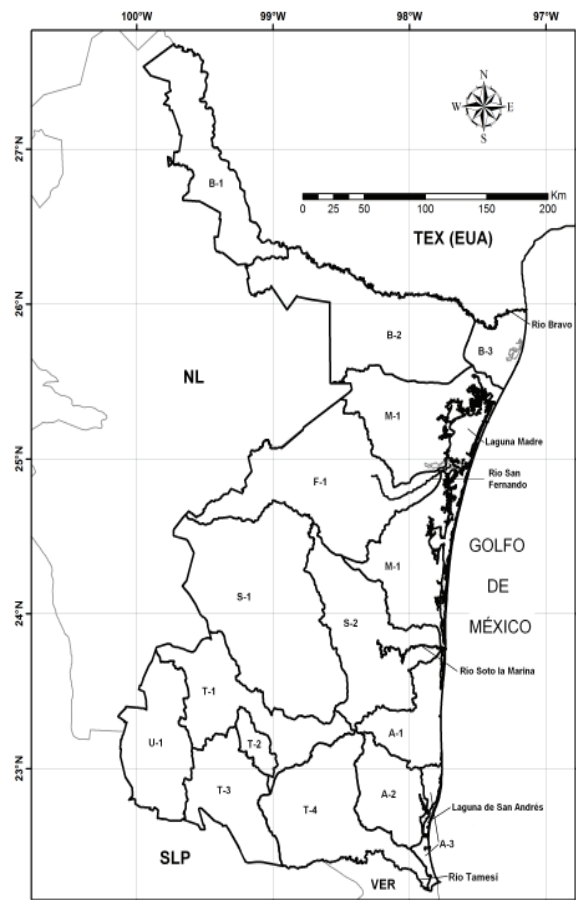


Figura 2. Localización de las subcuencas hidrológicas y de los principales ríos en Tamaulipas. TEX = Texas, EUA = Estados Unidos de América, NL = Nuevo León, SLP = San Luis Potosí, VER = Veracruz. Subcuencas: B-1 = Bravo 1, B-2 = Bravo 2, B-3 = Bravo 3, M-1 = Madre 1, F-1 = Fernando 1, S-1 = Soto 1, S-2 = Soto 2, A-1 = Andrés 1, A-2 = Andrés 2, T-1 = Tamesí 1, T-2 = Tamesí 2, Tamesí-3 = Tamesí 3, T-4 = Tamesí 4. U-1 = Tula 1.

Cuadro 1. Número de registros, especies de plantas vasculares acuáticas estrictas y especies endémicas de México en las cuencas (7) y subcuencas hidrológicas (15) en que se dividió el estado de Tamaulipas

<i>Cuenca (especies)</i>	<i>Subcuenca</i>	<i>Superficie (km²)</i>	<i>Registros</i>	<i>Especies (endémicas)</i>
Río Bravo (23)	Bravo 1	4 895.3	8	8
	Bravo 2	8 012.1	34	16
	Bravo 3	1 656.7	45	16
Laguna Madre (27)	Madre 1	9 699.5	71	27
Río San Fernando (10)	Fernando 1	8 814.3	9	10
Río Soto la Marina (39)	Soto 1	12 146.7	97	26 (1)
	Soto 2	6 345.8	80	32
Laguna San Andrés (46)	Andrés 1	2 709.6	51	22
	Andrés 2	2 957.0	30	18
	Andrés 3	686.7	32	28
Río Tamesí (75)	Tamesí 1	5 060.8	198	28 (1)
	Tamesí 2	752.8	54	18 (1)
	Tamesí 3	3 974.6	36	27
	Tamesí 4	6 123.6	623	68
Río Tula (3)	Tula 1	4 544.5	8	3
		78 380.0	1376	93 (2)

unidades hidrológicas son los de Aguilar-Aguilar et al. (2005), Espinosa y Huidobro (2005) y Espinosa et al. (2006), que trabajaron con helmintos acuáticos, peces y plantas terrestres, respectivamente. Para correlacionar los datos de riqueza de especies con el número de registros y la superficie en cada una de las subcuencas analizadas, se realizaron análisis de regresión simple utilizando el programa JMP versión 5.0.1a (SAS, 2002).

Se utilizó la metodología del PAE para clasificar a las subcuencas con base en la presencia compartida de 2 o más especies de plantas vasculares acuáticas estrictas (Crisci et al., 2000; Escalante y Morrone, 2003). Con los datos de presencia-ausencia de estas especies en cada una de las subcuencas, se creó una matriz a la que se le incluyó un área hipotética con "0" para enraizar los cladogramas (Morrone, 1994) (Cuadro 2). La matriz se analizó con el programa Nona (Goloboff, 1999) en WinClada (Nixon, 2002); usándose la opción de búsqueda heurística, se aplicó un TBR múltiple, buscando 50 000 cladogramas iniciales (mult*100) y reteniendo 20 cladogramas por réplica (h/10). Se obtuvo la longitud del cladograma, así como los índices de consistencia y de retención. A partir de los cladogramas más parsimoniosos se obtuvo un cladograma de consenso estricto.

Resultados

La diversidad de las plantas vasculares acuáticas estrictas nativas en Tamaulipas es de 93 especies: 8 exclusivas de ambientes lóticos (asociadas con aguas con corrientes), 62 exclusivas de ambientes lénticos (asociadas con aguas con poco movimiento) y 23 que pueden encontrarse en ambos ambientes, distribuidas en las 7 cuencas y 15 subcuencas hidrológicas consideradas en este trabajo (Apéndice 1, Cuadro 1). La mayor riqueza se encuentra en la cuenca Río Tamesí (75 especies, 80.6%), la cual se localiza en la porción sur del estado. Las cuencas Laguna de San Andrés y Río Soto la Marina tienen una riqueza más o menos similar, con 46 (49.5%) y 39 (41.9%) especies, respectivamente; la primera ocupa la porción sureste del estado y la segunda la parte central (Fig. 2). Por su parte, las cuencas del norte del estado tienen un menor número de especies: Río San Fernando tiene 10 (10.8%); Laguna Madre, 27 (29%) y Río Bravo, 23 (24.7%). Finalmente, la Río Tula, ubicada en la porción sureste de Tamaulipas, registró la menor riqueza con sólo 3 especies (3.2%).

Por otro lado, la distribución de la riqueza por subcuencas es muy variable, fluctuando de 3 a 68 especies

Cuadro 2. Matriz de datos conteniendo 15 subcuencas y 98 especies de plantas vasculares acuáticas estrictas (nombres de las especies en Apéndice 1)

	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	
RAÍZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bravo-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bravo-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bravo-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Madre-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fernando-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soto-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soto-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andrés-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andrés-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andrés-3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tamesí-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamesí-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamesí-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamesí-4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tula-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Cuadro 1), con un promedio de 23 especies por subcuenca y una desviación estándar de 15. La subcuenca con mayor número de especies es Tamesí 4, con 68 especies (73.1%) y la que registró menos especies es Tula 1, con 3 especies (3.2%). El resto de las subcuencas tuvo entre 8 y 32 especies. Tamaulipas no posee especies endémicas de plantas vasculares acuáticas estrictas en su territorio, aunque se registraron 2 especies endémicas de México: *Lobelia purpusii* de las subcuencas Tamesí 2 y Tamesí 3, y *Oserya coulteriana*, restringida a la subcuenca Soto 1.

En promedio, el número de registros por subcuenca es de 92, fluctuando de 8 a 623 (Cuadro 1). Se observa una fuerte correlación entre el número de registros y el número de especies por subcuenca ($R^2 = 0.803$, $p < 0.0001$); destaca Tamesí 4, que presentó el mayor número de especies (68) y el mayor número de registros (623). Tula 1, con menos especies (3), tuvo el menor número de registros (8). La superficie de las subcuencas analizadas no es uniforme, variando de 686.7 km² a 12 146.7 km², con un valor promedio de 5225.33 km² (Cuadro 1). No existe correlación entre la superficie de las subcuencas y el número de especies ($R^2 = 0.01114$, $p = 0.0172$). Soto 1, con mayor superficie (12 146.1 km²), no registró la mayor riqueza de especies y Andrés 3, con menos área (686.7 km²), no tuvo el menor número de especies (Cuadro 1).

Se consideran como raras 29 especies (31.2%), por presentarse en una sola subcuenca. *Bacopa monnieri*

y *Echinodorus berteroi* son de distribución amplia, habitando en 12 de las 15 subcuencas. Tamesí 4 es la que registra el mayor número de especies restringidas a una subcuenca (16, 55.2%); algunas de ellas, como *Cabomba palaeformis*, *Gymnocoronis latifolia*, *Hymenachne amplexicaulis*, *Neptunia natans*, *Nymphaea amazonum* y *Polygonum acuminatum*, son hidrófitas que alcanzan su límite de distribución septentrional en esta zona. Dentro de las especies exclusivas también se encuentra *Oserya coulteriana*, una hidrófita rara presente en hábitats muy restringidos, como todos los miembros de la familia Podostemaceae, la cual se registró de una pequeña porción del arroyo San Felipe, dentro de la subcuenca Soto 1.

El análisis de parsimonia de endemismos dio como resultado 6 cladogramas igualmente parsimoniosos, con una longitud de 196 pasos, un índice de consistencia de 0.47 y un índice de retención de 0.49. El cladograma de consenso estricto tuvo una longitud de 207 pasos, un índice de consistencia de 0.44 y un índice de retención de 0.44 (Fig.3). En él se reconocen varios grupos de áreas basados en la presencia de especies compartidas. El grupo I, definido por *Bacopa monnieri*, *Lemna aequinoctialis* y *Typha domingensis* (Cuadro 3), abarca casi todas las cuencas y subcuencas del estado, con excepción de Tula 1. El grupo II, definido por la presencia de *Echinodorus berteroi*, *Najas guadalupensis* y *Paspalidium geminatum*, incluye todas las subcuencas del grupo I, con excepción



Figura 3. Cladograma de consenso estricto mostrando 6 grupos sustentados por la presencia de especies compartidas únicas. Los puntos negros indican las especies exclusivas (véase especies en el Apéndice 1 o en los Cuadros 3 y 4).

de Bravo 1. El grupo III, que está sustentado por *Heteranthera dubia*, *H. limosa* y *Sagittaria longiloba*, incluye a las subcuencas del grupo II, excepto Fernando 1 y se divide en 2 clados: el primero lo forma un grupo que, aunque no está caracterizado por especies compartidas únicas, agrupa las 3 subcuencas que conforman el área del delta del río Bravo (Madre 1, Bravo 2 y Bravo 3); mientras que el segundo clado (grupo IV) agrupa al resto de las subcuencas, está definido por *Ceratophyllum demersum*, *Eleocharis interstincta* y *Ludwigia repens*, y se sitúa en el centro y sureste del estado. El grupo IV está compuesto por la politomía de 5 ramas del cladograma de consenso estricto; una de ellas incluye Tamesí 2 y Tamesí 3 formando el grupo V y es apoyado por la presencia de 2 especies: *Canna glauca* y *Lobelia purpusii*. Otra rama sin especies compartidas, está formada por 4 subcuencas, de las cuales, Andrés 3 y Tamesí 4 forman el grupo VI que está definido por *Acrostichum aureum*, *A. danaefolium*, *Crinum erubescens* y *Solanum tampicense*.

De las 15 subcuencas analizadas, 6 presentan especies exclusivas (Cuadro 4); destaca en primer lugar Tula 1, señalada por la presencia de *Lemna gibba* y que se ubica en el suroeste del estado, dentro de la amplia zona del país conocida como Altiplano Mexicano. Madre 1 incluye 4 especies propias de aguas salobres, como los pastos marinos *Halophila engelmannii* y *Syringodium filiforme*. Soto 1 se caracteriza por especies en su mayoría propias de corrientes de montaña, como las especies de Podostemaceae (*Oserya coulteriana* y *Tristicha trifaria*).

Andrés 1 registra como especie exclusiva a *Myriophyllum hippuroides*. Andrés 3 registra 2 especies exclusivas, propias de selvas bajas inundables que toleran aguas salobres. Tamesí 4 registra 16 especies de hidrófitas exclusivas, en su mayoría características de aguas dulces de lento movimiento (ambientes lénticos).

Discusión

La diversidad de plantas vasculares acuáticas estrictas del estado de Tamaulipas (93 especies) es menor a la registrada para el estado de Morelos (114 especies, Bonilla-Barbosa et al., 2000), pero mayor a la de Aguascalientes (36 especies, Siqueiros, 1989). Considerando la mayor superficie de Tamaulipas (78 380 km²), comparada con la de Morelos (4893 km²) y Aguascalientes (5618 km²), además de contar una mayor cantidad de cuerpos de agua (Palacio-Prieto et al., 2000), se esperaría tener una mayor riqueza en la entidad bajo estudio. Es posible que la mayor diversidad en Morelos se deba a su posición geográfica más meridional, lo que le permite tener una mayor cantidad de especies tropicales. Dado que aún se desconoce la flora acuática estricta de otros estados del país, por el momento no se puede conocer con precisión el lugar que ocupa Tamaulipas respecto a otros estados.

La mayor riqueza de especies encontrada en ambientes lénticos (62) en comparación con los lóticos (8) concuerda con los resultados de otros trabajos, donde los cuerpos

Cuadro 3. Especies de plantas vasculares acuáticas estrictas exclusivas a cada uno de los grupos del cladograma de consenso

Grupo	Subcuenca*	Especies
I	B-1, B-2, B-3, M-1, F-1, S-1, S-2, A1, A-2, A-3, T-1, T-2, T-3, T-4.	<i>Bacopa monnieri</i> , <i>Lemna aequinoctialis</i> y <i>Typha domingensis</i> .
II	B-2, B-3, M-1, F-1, S-1, S-2, A1, A-2, A-3, T-1, T-2, T-3, T-4.	<i>Echinodorus berteroi</i> , <i>Najas guadalupensis</i> y <i>Paspalidium geminatum</i> .
III	B-2, B-3, M-1, S-1, S-2, A1, A-2, A-3, T-1, T-2, T-3, T-4.	<i>Heteranthera dubia</i> , <i>H. limosa</i> y <i>Sagittaria longiloba</i> .
IV	S-1, S-2, A1, A-2, A-3, T-1, T-2, T-3, T-4.	<i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Eleocharis interstincta</i> y <i>Ludwigia repens</i> .
V	T-2, T-3.	<i>Canna glauca</i> y <i>Lobelia purpurii</i> .
VI	A-3, T-4	<i>Acrostichum aureum</i> , <i>A. danaefolium</i> , <i>Crinum erubescens</i> y <i>Solanum tampicense</i> .

*Subcuencas: B-1 = Bravo 1, B-2 = Bravo 2, B-3 = Bravo 3, M-1 = Madre 1, F-1 = Fernando 1, S-1 = Soto 1, S-2 = Soto 2, A-1 = Andrés 1, A-2 = Andrés 2, T-1 = Tamesí 1, T-2 = Tamesí 2, Tamesí-3 = Tamesí 3, T-4 = Tamesí 4.

Cuadro 4. Subcuencas de tamaulipas, México, con especies de plantas vasculares acuáticas estrictas exclusivas

Subcuenca	Especies exclusivas
Tula 1	<i>Lemna gibba</i> .
Madre 1	<i>Halophila engelmannii</i> , <i>Schoenoplectus americanus</i> , <i>S. erectus</i> y <i>Syringodium filiforme</i> .
Soto 1	<i>Oserya coulteriana</i> , <i>Potamogeton foliosus</i> , <i>P. pusillus</i> , <i>Sagittaria platyphylla</i> y <i>Tristicha trifaria</i> .
Andrés 1	<i>Myriophyllum hippuroides</i> .
Andrés 3	<i>Acoelorrhaphe wrightii</i> y <i>Annona glabra</i> .
Tamesí 4	<i>Cabomba palaeformis</i> , <i>Echinodorus grandiflorus</i> , <i>Gymnocoronis latifolia</i> , <i>Habenaria repens</i> , <i>Hymenachne amplexicaulis</i> , <i>Hymenocallis littoralis</i> , <i>Najas wrightiana</i> , <i>Nelumbo lutea</i> , <i>Neptunia natans</i> , <i>Nymphaea amazonum</i> , <i>Oxycarium cubense</i> , <i>Polygonum acuminatum</i> , <i>Sagittaria lancifolia</i> , <i>Stuckenia striata</i> , <i>Utricularia foliosa</i> y <i>Wolfiella lingulata</i> .

de agua con corriente son menos diversos que los de poco movimiento, como lagunas, estanques y charcos temporales (Martínez y García, 2001; Williams et al., 2003). Esta diferencia de riqueza también podría deberse a la mayor superficie que en Tamaulipas ocupan los cuerpos de agua lénticos en contraste con los lóticos, como sucede en el resto del país (Arriaga et al., 2000).

La distribución de especies por cuenca hidrológica indica que la mayor riqueza se concentra en la porción sureste del estado (cuenca Río Tamesí), disminuyendo paulatinamente hacia la parte norte, a excepción de Río Tula, que es la más pobre y se localiza en el Altiplano Mexicano, al suroeste del estado. El patrón de riqueza observado puede ser resultado de los niveles de precipitación, más abundantes en el sureste de Tamaulipas y menores en el norte y suroeste. La cuenca Río Tula forma parte de la región conocida como El Salado y se caracteriza por la escasa precipitación pluvial y por presentar tipos de suelo que no permiten la formación de grandes cuerpos de agua y cauces permanentes (INEGI, 2001), por lo que carece de una flora acuática diversa. Arriaga et al. (2000) señalan la cuenca del Río Tamesí como región prioritaria por su alta biodiversidad, entre otras razones por su riqueza de flora vascular acuática.

La riqueza de especies por subcuenca no está relacionada con la superficie que ocupa, más bien tiene que ver con la variedad de ambientes acuáticos presentes y el esfuerzo de colecta. La subcuenca con mayor número de especies registradas (Tamesí 4, 68 especies) incluye al amplio sistema lagunar-estuarino que forman, en su parte final, el delta de los ríos Pánuco y Tamesí en el sureste de Tamaulipas y norte de Veracruz; esta región ha sido mencionada por Rzedowski (1978) como una de las regiones del país con mayor riqueza de plantas acuáticas. Por otra parte, la recolecta de ejemplares en la subcuenca Tamesí 4 ha influido notablemente en los datos de riqueza obtenidos; trabajos previos en las lagunas del Chairel y Tancol (Mora-Olivo 1988) y en la cuenca del río Tamesí (Mora-Olivo, 2001) permitieron una exploración intensiva

de plantas acuáticas en esta zona. Lo opuesto sucede en la subcuenca Tula 1, donde hay escasez de cuerpos de agua y se han hecho pocas recolectas.

El hecho de encontrar especies restringidas a una sola subcuenca en Tamaulipas (raras) puede deberse a distintas causas, como hábitats específicos y algunos aspectos de su distribución. Entre las especies que tienen requerimientos ecológicos especiales se encuentran *Oserya coulteri* y *Tristicha trifaria*, que sólo habitan sobre rocas en rápidos de arroyos, permaneciendo en estado vegetativo y sumergidas en la época lluviosa y expuestas al aire en la estación seca, cuando pueden producir flores y frutos, como sucede con otras especies de Podostemaceae (Novelo y Philbrick, 1997; Kita y Kato, 2004). Pocos sitios en Tamaulipas contienen ambientes adecuados para el establecimiento de poblaciones de estas especies.

La latitud define el límite septentrional o meridional de algunas especies acuáticas en Tamaulipas. Por ejemplo, *Nuphar advena* se distribuye desde Canadá y encuentra su límite meridional de distribución en el estado (Wiersema y Hellquist, 1997). Por otro lado, una especie neotropical que encuentra aquí su límite septentrional es *Nymphaea amazonum* (Mora-Olivo, 1988; Ramírez-García y Novelo, 1989; Mora-Olivo y Villaseñor, 2007), la cual probablemente ya esté extinta, pues no se ha recolectado desde 1986 (Mahinda Martínez, com. pers.). Otro ejemplo es *Tristicha trifaria*, una especie propia de los trópicos de América y África (Kita y Kato, 2004), cuyo registro más al norte es en las montañas de Tamaulipas (subcuenca Soto 1). Las 2 especies endémicas de México presentes en el estado son raras; aunque una de ellas se conoce en 2 subcuencas, ambas especies tienen hábitats muy específicos: *Lobelia purpusii* (subcuencas Tamesí 2 y Tamesí 3), propia de arroyos de montaña y citada por McVaugh (1940) también en los estados de San Luis Potosí y Veracruz, y *Oserya coulteriana* se distribuye en la vertiente del Pacífico de Sonora hasta Guerrero y en Baja California Sur (Novelo y Philbrick, 1997), con una población disyunta en Tamaulipas (Mora-Olivo y Villaseñor, 2007). Estas 2 especies endémicas de México no han sido registradas en las subcuencas con mayor riqueza. Por lo general, en México la riqueza y el endemismo están correlacionados, como se observa en ciertos grupos de plantas como Asteraceae (Villaseñor et al., 1998; Balleza et al., 2005) o Cucurbitaceae (Lira et al., 2002). Es posible que las condiciones ambientales que favorecen la riqueza y el endemismo en plantas terrestres, sean diferentes para las plantas acuáticas. Sculthorpe (1985) menciona que quizá las especies de hidrófitas raras y endémicas tengan relación con ciertos factores físicos. De hecho, las 2 especies endémicas de México registradas en este trabajo se localizan en zonas montañosas con hábitats muy

particulares. Lo anterior concuerda con la afirmación de que las montañas mexicanas son ricas en endemismos en el nivel de especie (Rzedowski, 1991a; Castillo-Campos et al., 2005).

De acuerdo con el PAE, con excepción de Tula 1, todas las subcuencas forman una gran región florística que se distingue por 3 especies compartidas cuya distribución geográfica es amplia: *Bacopa monnieri*, *Lemna aequinoctialis* y *Typha domingensis*. Estas especies no se registran en la subcuenca Tula 1 (que corresponde a la porción del Altiplano Mexicano), debido probablemente a que las condiciones templadas y secas allí observadas no favorecen su presencia. Algunos autores (Novelo y Lot, 2001; Lot, 2004) mencionan que *Typha domingensis* se distribuye preferentemente desde el nivel del mar hasta los 1 000 m de altitud. También es conocido que las semillas de *Typha domingensis* pueden germinar en zonas frías, pero las plantas no maduran ni producen frutos (Smith, 2000), siendo sustituida usualmente por *T. latifolia* que tolera mejor las bajas temperaturas.

La exclusión de la subcuenca Bravo 1 del grupo II puede ser el resultado de la pobreza en especies observada en la parte alta de la cuenca del río Bravo, que difiere a la existente en las partes media y baja. Esta pobreza puede deberse al clima más seco en la subcuenca Bravo 1 o a las actividades humanas, como la descarga de contaminantes y la construcción de la presa Falcón, uno de los mayores embalses del país (Martínez y Novelo, 1993). De la misma manera, la exclusión de la subcuenca Fernando 1 del grupo III también puede deberse al escaso número de especies registradas.

La división del grupo III en 2 clados separa la zona del delta del río Bravo de las subcuencas más sureñas del estado. El delta del río Bravo agrupa las subcuencas Bravo 2, Bravo 3 y Madre 1, las cuales registran en conjunto 31 especies que son una mezcla de taxones de agua dulce (e.g. *Echinodorus berteroi*, *Heteranthera dubia* y *Nymphaea elegans*) y de agua salobre, como los pastos marinos que habitan en la Laguna Madre (*Halodule wrightii*, *Syringodium filiforme*, *Halophila engelmannii* y *Thalassia testudinum*). Para la porción del delta del río Bravo en los Estados Unidos, Richardson (1990) registra 36 especies de plantas vasculares que, de acuerdo con el criterio de Mora-Olivo y Villaseñor (2007), son acuáticas estrictas; sin embargo, sólo 21 especies se comparten entre las porciones mexicana y estadounidense. Estudios futuros podrían aumentar el número de especies para esta zona, la cual Britton y Morton (1989) señalan como un estuario con alta diversidad biológica.

El grupo IV contiene todas las subcuencas que se distribuyen desde la cuenca Río Soto la Marina, en el centro del estado, hasta la cuenca Río Tamesí que limita el

estado de Tamaulipas con Veracruz. Esta región contiene el 93.5% de la riqueza de hidrófitas estrictas nativas registradas en Tamaulipas, incluyendo las 2 especies endémicas de México (*Oserya coulteriana* y *Lobelia pusrpusii*). De manera particular, en la cuenca Río Soto la Marina se encuentra el límite de distribución septentrional de muchas plantas acuáticas tropicales, como *Tristicha trifaria*, *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*. Esta cuenca fue señalada por Gehlbach et al. (1976) como el límite noreste de las avifaunas tropicales en el Nuevo Mundo. Más recientemente, De la Maza (2005), al trabajar con peces cíclidos, menciona que “el cambio en especies de la cuenca San Fernando a la cuenca Soto La Marina está bien marcado y es abrupto”; sin embargo, algunos estudios de peces en el Golfo de México (Hulsey et al., 2004; Espinosa y Huidobro, 2005) señalan que la Faja Volcánica Transmexicana (situada aproximadamente 500 km al sur de la cuenca del río Soto la Marina) es el límite entre las regiones Neártica y Neotropical para estos organismos.

El grupo V incluye 2 subcuencas que ocupan porciones de la Sierra Madre Oriental conocidas como Sierra Los Nogales, Sierra Argentina, Sierra de Tamalave y Sierra de Cucharas o de Guatemala. En estas subcuencas se encuentra la Reserva de la Biosfera El Cielo, la cual es conocida ampliamente por su alta riqueza de plantas terrestres y acuáticas (Johnston et al., 1989; Hernández-Sandoval et al., 2005; Mora-Olivo y Novelo, 2005) y por contener cuerpos de agua en buen estado de conservación como el río Sabinas (Martínez y Novelo, 1993). El grupo VI contiene subcuencas con cuerpos de agua dulce (como el río Tamesí y las lagunas Champayán, Tancol y Vega Escondida) y salobres (como la Laguna de San Andrés, la desembocadura del río Pánuco y algunas porciones de la laguna del Chairel), por lo que se encuentran especies tanto halófitas como dulceacuícolas. Al revisar los 6 cladogramas obtenidos, puede verse que las subcuencas Andrés 1 y Andrés 2 son hermanas en 3 de los 6 cladogramas; éstas se ubican en la provincia del Golfo de México. Lo mismo sucede con Soto 1, que en 3 de los 6 cladogramas es hermana del grupo formado por Tamesí 1, Soto 2, Andrés 3 y Tamesí 4, la mayoría de ellas ubicadas en el Golfo de México, con excepción de Tamesí 1 que se ubica en la Sierra Madre Oriental.

Las plantas vasculares acuáticas estrictas en el estado de Tamaulipas presentan un patrón de distribución anidado (Fig. 4), por lo que podemos concluir que son parte de una misma unidad florística. Los 6 grupos de subcuencas mostrados en el cladograma de consenso estricto no son unidades bióticas independientes y la distribución de su riqueza se explica mejor por los gradientes altitudinales, latitudinales y climáticos mostrados por sus elementos

florísticos. De esta forma, subcuencas de diferentes cuencas se agrupan con las que tienen una distribución geográfico-ecológica equivalente, dentro de una misma provincia.

La distribución y riqueza de la flora vascular acuática estricta de Tamaulipas permite reconocer a la entidad como una zona de particular interés biogeográfico. Esta flora presenta una combinación de especies templadas y tropicales, siendo en su mayoría de distribución tropical; sin embargo, 62 especies (66.7%) extienden su distribución hasta el estado vecino de Texas en los Estados Unidos de América (Johnston, 1990). Será interesante comparar en un futuro la flora acuática de Tamaulipas con otras áreas geográficas, como el sureste de los Estados Unidos, otras partes de México, América Central y del Sur, con el objeto de profundizar en el conocimiento de la distribución de las hidrófitas de México.

Agradecimientos

El primer autor agradece al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, por apoyar sus estudios de doctorado; y a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, el apoyo otorgado para la realización del proyecto SO78. Los autores agradecen a Mahinda Martínez y a un revisor anónimo, por sus observaciones y sugerencias para mejorar este artículo. Enrique Ortiz amablemente elaboró las figuras.

Literatura citada

- Aguilar-Aguilar, R., R. Contreras-Medina y G. Salgado-Maldonado. 2003. Parsimony analysis of endemismity (PAE) of Mexican hydrological basins based on helminth parasites of freshwater fishes. *Journal of Biogeography* 30:1861-1872.
- Aguilar-Aguilar, R., R. Contreras-Medina, A. Martínez-Aquino, G. Salgado-Maldonado y A. González-Zamora. 2005. Aplicación del análisis de parsimonia de endemismos (PAE) en los sistemas hidrológicos de México: un ejemplo con helmintos parásitos de peces dulceacuícolas. *In Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines*, J. Llorente y J. J. Morrone (eds.). Las prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. p. 227-239.
- Arriaga, L., C. Aguilar, D. Espinosa y R. Jiménez. 1997. Regionalización ecológica y biogeográfica de México. Taller de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México, D.F.
- Arriaga, L., V. Aguilar y J. Alcocer. 2000. Aguas continentales y diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO),

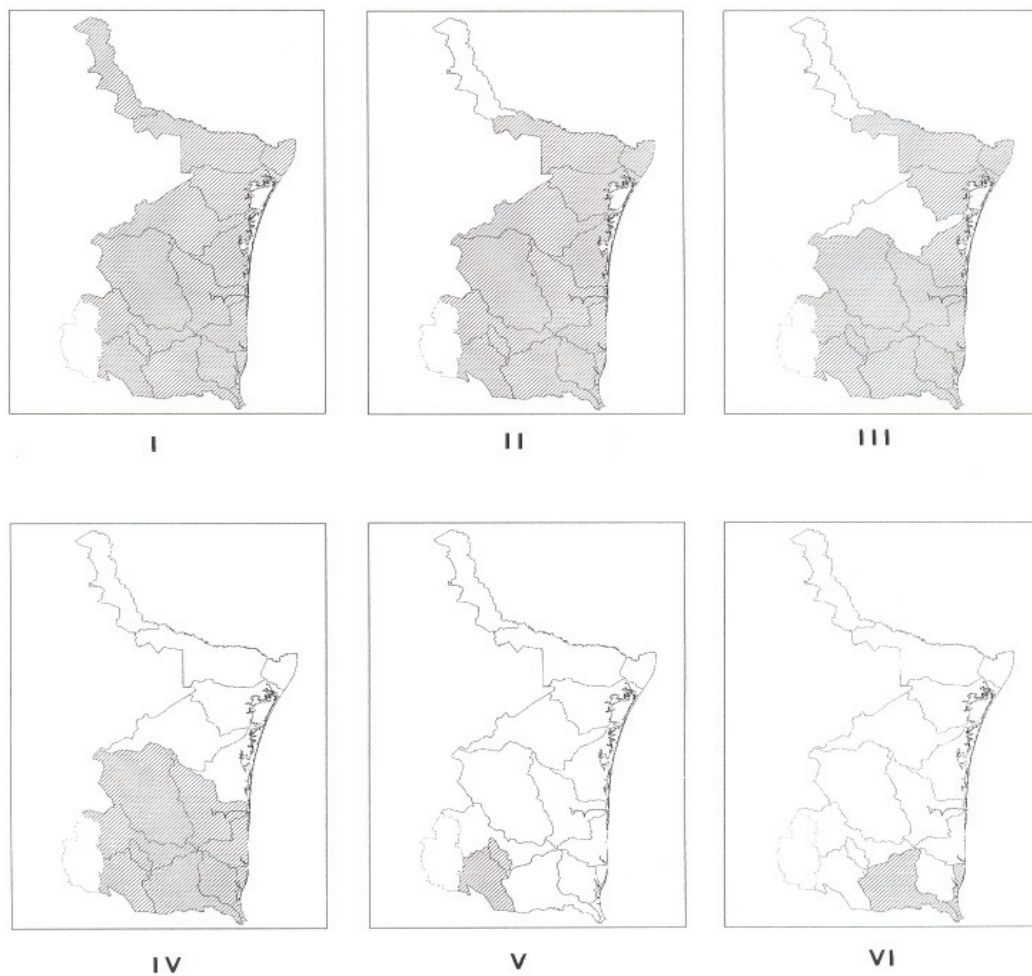


Figura 4. Patrón anidado de la distribución de las plantas vasculares acuáticas estrictas en el estado de Tamaulipas con base en sus similitudes florísticas utilizando las subcuencas hidrológicas.

- México, D.F. 327 p.
- Balleza, J. J., J. L. Villaseñor y G. Ibarra-Manríquez. 2005. Regionalización biogeográfica de Zacatecas, México, con base en los patrones de distribución de la familia Asteraceae. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76:71-78.
- Bonilla-Barbosa, J., J. A. Viana-Lases y F. Salazar-Villegas. 2005. Listados florísticos de México. XX. Flora acuática de Morelos. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 29 p.
- Britton, J. C. y B. Morton. 1989. *Shore ecology of the Gulf of Mexico*. University of Texas Press. Austin. 387 p.
- Casas-Andreu, G. y T. Reyna-Trujillo. 1990. Herpetofauna (anfibios y reptiles). Mapa IV.86. *In Atlas Nacional de México*, vol. III. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Castillo-Campos, G., M. E. Medina, P. Dávila y J. A. Zavala. 2005. Contribución al conocimiento del endemismo de la flora vascular en Veracruz, México. *Acta Botanica Mexicana* 73:19-57.
- CNA (Comisión Nacional del Agua). 1998. *Carta de regiones hidrológicas administrativas y de los estados*. México, D.F.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2007. *Regionalización*. URL: <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/regionalizacion.html>
- Contreras-Medina, R. y H. Eliosa. 2001. Una visión panbiogeográfica preliminar de México. *In Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*, J. Lorente y J. J. Morrone (eds.). Las prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. p.197-211.
- Contreras-Medina, R., I. Luna y J. J. Morrone. 2007a.

- Gymnosperms and cladistic biogeography of the Mexican Transition Zone. *Taxon* 56:905-915.
- Contreras-Medina, R., I. Luna y J. J. Morrone. 2007b. Application of parsimony analysis of endemism to Mexican gymnosperm distributions: Grid-cells, biogeographical provinces and track analysis. *Biological Journal of the Linnean Society* 92:405-417
- Corona, A. M., R. Acosta y J. J. Morrone. 2005. Estudios biogeográficos en insectos de la Zona de Transición Mexicana. *In* Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines, J. Llorente y J. J. Morrone (eds.). Las Prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. p. 241-255.
- Crisci, J.V., L. Katinas y P. Posadas. 2000. Introducción a la teoría y práctica de la biogeografía histórica. Sociedad Argentina de Botánica, Buenos Aires. 169 p.
- Crow, G.E. 1993. Species diversity in aquatic angiosperms: latitudinal patterns. *Aquatic Botany* 44:229-258.
- Cué-Bär, E.M., J. L. Villaseñor, J. J. Morrone y G. Ibarra-Manríquez. 2006. Identifying priority areas for conservation in Mexican tropical deciduous forest based on tree species. *Interciencia* 31:712-719.
- Dávila-Aranda, P., S. Arias-Montes, R. Lira-Saade, J. L. Villaseñor y A. Valiente-Banuet. 2002. Phytogeography of the columnar cacti (tribe Pachycereae) in México: a cladistic approach. *In* Columnar cacti and their mutualists: evolution, ecology and conservation, T. H. Fleming y A. Valiente-Banuet (eds.). University of Arizona Press, Tucson. p. 25-41.
- De la Maza, M. 2005. Adaptive radiation of the Herichthys clade in Northeastern Mexico, heroine Cichlids of Central America, Michi Tobler. URL: <http://faculty-staff.ou.edu/T/Michael.Tobler-1/cichlidae/delamaza.htm>
- Escalante T. y J. J. Morrone. 2003. ¿Para qué sirve el análisis de parsimonia de endemismos? *In* J. J. Morrone y J. Llorente. Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía. Las Prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. p. 167-172.
- Escalante, T., G. Rodríguez, N. Cao, M.C. Ebach y J. J. Morrone. 2007. Cladistic biogeographic analysis suggests an early Caribbean diversification in Mexico. *Naturwissenschaften* 94:561-565.
- Espadas C., R. Durán y J. Argáez. 2003. Phytogeographic analysis of taxa endemic to the Yucatán Peninsula using geographic information systems, the domain heuristic method and parsimony analysis of endemism. *Diversity and Distributions* 9:313-330.
- Espinosa, D., J. Llorente y J. J. Morrone. 2006. Historical biogeographic patterns of the species of *Bursera* (Burseraceae) and their taxonomical implications. *Journal of Biogeography* 33:1945-1958.
- Espinosa, H. y L. Huidobro. 2005. Ictiogeografía de los peces dulceacuácolas de la vertiente del Golfo de México. *In* Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines. J. Llorente y J. J. Morrone (eds.). Las Prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. p. 295-318.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1990. Regionalización biogeográfica. Mapa IV.8.10. *In* Atlas nacional de México, vol. III. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- García-Trejo, E. A. y A. G. Navarro-Sigüenza. 2004. Patrones biogeográficos de la riqueza de especies y el endemismo de la avifauna del oeste de México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 20:167-185.
- Gehlbach, F. R., D. O. Dillon, H. L. Harrell, S. E. Kennedy y K. R. Wilson. 1976. Avifauna of the Rio Corona, Tamaulipas, Mexico: Northeastern limit of the tropics. *The Auk* 93:53-65.
- Glasby, C. J. y B. Álvarez. 1999. Distribution patterns and biogeographical analysis of Austral Polycheta (Annelida). *Journal of Biogeography* 26:507-533.
- Goloboff, P. 1999. NONA, version 2.0. Publicado por el autor. San Miguel de Tucumán.
- González, M. 1989. El género *Potamogeton* (Potamogetonaceae) en México. *Acta Botanica Mexicana* 6:1-43.
- Haynes, R. R. y L. Holm-Nielsen. 1994. Alismataceae. *Flora Neotropica Monograph* 64. New York Botanical Garden. New York. 112 p.
- Haynes, R. R. y L. Holm-Nielsen. 2003. Potamogetonaceae. *Flora Neotropica Monograph* 85. New York Botanical Garden, New York. 52 p.
- Hernández-Sandoval, L. G., J. Treviño C., A. Mora-Olivo y M. Martínez. 2005. Diversidad florística y endemismos. *In* Historia natural de la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas, México, G. Sánchez-Ramos, P. Reyes-Castillo y R. Dirzo (eds.). Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria. p. 244-259.
- Huidobro, L., J. J. Morrone, J. L. Villalobos y F. Álvarez. 2006. Distributional patterns of freshwater taxa (fishes, crustaceans and plants) from the Mexican transition zone. *Journal of Biogeography* 33:731-741.
- Hulsey, C. D., F. J. García de León, Y. Sánchez J., D. A. Hendrickson y T. J. Near. 2004. Temporal diversification of Mesoamerican cichlid fishes across a major biogeographic boundary. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 31:754-764.
- INEGI. 2001. Síntesis geográfica del Estado de Tamaulipas. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F. 168 p.
- Johnston, M. C., K. Nixon, G. L. Nesom y M. Martínez. 1989. Listado de plantas vasculares conocidas de la sierra de Guatemala, Gómez Farías, Tamaulipas, México. *Biotam* 1:21-33.
- Johnston, M. C. 1990. The vascular plants of Texas. A list, updating the Manual of the vascular plants of Texas, segunda edición. Publicado por el autor. Austin, Texas. 107 p.
- Kita, Y. y M. Kato. 2004. Phylogenetic relationships between disjunctly occurring groups of *Tristicha trifaria* (Podostemaceae). *Journal of Biogeography* 31:1605-1612.
- León-Paniagua, L., E. García-Trejo, J. Arroyo-Cabrales y S. Castañeda-Rico. 2004. Patrones biogeográficos de la mastofauna. *In* Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental, I. Luna, J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Las Prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. p. 469-479.

- Les, D. H., D. J. Crawford, R. T. Kimball, M. L. Moody y E. Landolt. 2003. Biogeography of discontinuously distributed hydrophytes: A molecular appraisal of intercontinental disjunctions. *International Journal of Plant Sciences* 164:917-932.
- Lira, R., J. L. Villaseñor y E. Ortiz. 2002. A proposal for the conservation of the family Cucurbitaceae in Mexico. *Biodiversity and Conservation* 11:1699-1720.
- Lot, A., A. Novelo y P. Ramírez-García. 1986. Listados florísticos de México. V. Angiospermas acuáticas mexicanas I. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 60 p.
- Lot, A. y A. Novelo. 1992. Afinidades florísticas de las monocotiledóneas acuáticas mesoamericanas. *In* Biogeography of Mesoamerica, S. P. Darwin y A. L. Welden (eds.). *Tulane Studies in Zoology and Botany, Supplementary Publication* 1. p. 147-153.
- Lot, A., A. Novelo, M. Olvera y P. Ramírez-García. 1999. Catálogo de angiospermas acuáticas de México. Hidrófitas estrictas emergentes, sumergidas y flotantes. Cuadernos 33. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 161 p.
- Lot, A. 2004. Fanerógamas acuáticas. *In* Biodiversidad de Oaxaca, A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found, México, D.F. p. 237-248.
- Luis, A., J. Llorente e I. Vargas. 2005. Una megabase de datos de mariposas y la regionalización biogeográfica de México. *In* Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines, J. Llorente y J. J. Morrone (eds.). Las Prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. p. 269-294.
- Luna, I., O. Alcántara, D. Espinosa y J. J. Morrone. 1999. Historical relationships of the Mexican cloud forest: a preliminary vicariance model applying parsimony analysis of endemism to vascular plant taxa. *Journal of Biogeography* 26:1299-1305.
- Luna, I., O. Alcántara, D. Espinosa y J. J. Morrone. 2000. Track analysis and conservation priorities in the cloud forest of Hidalgo, Mexico. *Diversity and Distributions* 6:137-143.
- Martínez, M. y A. Novelo. 1993. La vegetación acuática del estado de Tamaulipas, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 64:59-86.
- Martínez, M. y A. García M. 2001. Flora y vegetación acuáticas de localidades selectas del estado de Querétaro. *Acta Botanica Mexicana* 54:1-23.
- Méndez-Larios, I., J. L. Villaseñor, R. Lira, J. J. Morrone, P. Dávila y E. Ortiz. 2005. Toward the identification of a core zone in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, Mexico, based on parsimony analysis of endemism of flowering plant species. *Interciencia* 30:267-274.
- McGlone, M.S., R.P. Duncan y P.B. Heenan. 2001. Endemism, species selection and the origin and distribution of the vascular plant flora of New Zealand. *Journal of Biogeography* 28: 199-216.
- McVaugh, R. 1940. A key to the North American species of *Lobelia* (Sect. *Hemipogon*). *American Midland Naturalist* 24:681-702.
- Miranda, F. y E. Hernández-X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28:29-179.
- Mora-Olivo, A. 1988. Plantas acuáticas y semiacuáticas de las lagunas del Chairel y Tancol, Tampico, Tamaulipas, México. Tesis, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad del Noreste, Tampico, Tamaulipas. 201 p.
- Mora-Olivo, A. 2001. Informe técnico final del Proyecto S078 flora vascular acuática de la cuenca del río Tamesí. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria. 25 p.
- Mora-Olivo, A. y A. Novelo. 2005. La vegetación acuática y semiacuática. *In* Historia natural de la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas, México, G. Sánchez-Ramos, P. Reyes-Castillo y R. Dirzo (eds.). Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria. p. 106-115.
- Mora-Olivo, A. y J. L. Villaseñor. 2007. Diversidad y distribución de la flora vascular acuática de Tamaulipas, México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 1:511-527.
- Morrone, J. J. 1994. On the identification of areas of endemism. *Systematic Biology* 43:438-441.
- Morrone, J. J. y J. V. Crisci. 1995. Historical biogeography: Introduction to methods. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26:373-401.
- Morrone, J. J., D. Espinosa O. y J. Llorente. 2002. Mexican biogeographic provinces: Preliminary scheme, general characterizations, and synonymies. *Acta Zoologica Mexicana* (n.s.) 85:83-108.
- Murguía, M. y F. Rojas. 2001. Biogeografía cuantitativa. *In* Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones, J. Llorente y J. J. Morrone (eds.). Las Prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. p. 39-47.
- Nixon, K.C. 2002. WinClada, ver. 1.00.08. Ithaca. www.cladistics.com/about_winc.htm
- Novelo, A. y A. Lot. 2001. Typhaceae. *In* Flora fanerogámica del Valle de México, G. Calderón de Rzedowski y J. Rzedowski (eds.). Instituto de Ecología, Pátzcuaro, Michoacán. p. 978-980.
- Novelo, R., A. y C. T. Philbrick. 1997. Taxonomy of Mexican Podostemaceae. *Aquatic Botany* 57:37-50.
- Olvera, M. 1996. El género *Utricularia* (Lentibulariaceae) en México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 67:347-384.
- Palacio-Prieto, J. L., G. Bocco, A. Velásquez, J. F. Mas, F. Takaki-Takaki, L. Luna-González, G. Gómez-Rodríguez, J. López-García, M. Palma M., I. Trejo V., A. Peralta H., J. Prado-Molina, A. Rodríguez-Aguilar, R. Mayorga-Saucedo y F. González M. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México* 43:183-203.
- Pérez-García, B., R. Riba y D. M. Johnson. 1999. Pteridofitas. Familia Marsileaceae. *Flora de México* 6:1-17.
- Ramírez-García, P. y A. Novelo R. 1989. *Nymphaea amazonum*

- (Nymphaeaceae) en México: Clave de las especies del subgénero *Hydrocallis* en el país. Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 58:87-92.
- Ramírez-Pulido, J. y A. Castro-Campillo. 1990. Regionalización mastofaunística (mamíferos). Mapa IV.8.8.A. In Atlas nacional de México, vol. III. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Richardson, A. 1990. Plants of the Rio Grande delta. University of Texas Press, Austin. 94 p.
- Rosen, B. R. 1988. From fossils to earth history: applied historical biogeography. In. Analytical biogeography: an integrated approach to the study of animal and plant distributions, A. A. Myers y P. S. Giller (eds.). Chapman and Hall, Londres. p. 437-481.
- Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Limusa, México, D.F. 432 p.
- Rzedowski, J. 1991a. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Acta Botanica Mexicana 14:3-21.
- Rzedowski, J. 1991b. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. Acta Botanica Mexicana 15:47-64.
- Santamaría, L. 2002. Why are most aquatic plants widely distributed? Dispersal, clonal growth and small-scale heterogeneity in a stressful environment. Acta Oecologica 23:137-154.
- Santamaría, L. y M. Klaassen. 2002. Waterbird-mediated dispersal of aquatic organisms: An introduction. Acta Oecologica 23:115-119.
- SAS. 2002. JMP Version 5. SAS Institute Inc. <http://www.jmp.com>
- Sawada, M., A. E. Viau y K. Gajewski. 2003. The biogeography of aquatic macrophytes in North America since the last glacial maximum. Journal of Biogeography 30:999-1071.
- Sculthorpe, C.D. 1985. The biology of aquatic vascular plants. Edward Arnold, Londres. 610 p.
- Siqueiros, M. E. 1989. Contribución a la flora acuática y subacuática de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes. 75 p.
- Smith, S.G. 2000. Typhaceae. In Flora of North America North of Mexico, vol. 22, Flora of North America Editorial Committee (eds.) Oxford University Press, New York. p. 278-285.
- SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto). 1982. Carta estatal hidrológica superficial. Escala 1:250,000. México, D.F.
- Stuckey, R. L. 1993. Phytogeographical outline of aquatic and wetland angiosperms in continental eastern North America. Aquatic Botany 44:259-301.
- Tucker, G. C. 1994. Revision of the Mexican species of *Cyperus* (Cyperaceae). Systematic Botany Monographs 43:1-43.
- Villaseñor, J. L., G. Ibarra-Manríquez y D. Ocaña. 1998. Strategies for the conservation of Asteraceae in Mexico. Conservation Biology 12:1066-1075.
- Williams, P., M. Whitfield, J. Biggs, A. Bray, G. Fox, P. Nicolet y D. Sear. 2003. Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in southern England. Biological Conservation 115:329-341.
- Wiersema, J.H. y C.B. Hellquist. 1997. Nymphaeaceae. In Flora of North America North Mexico, vol. 3, Flora of North America Editorial Committee (eds.) Oxford University Press, New York. p. 66-77.
- Zunino, M. 2005. Corotipos y biogeografía sistemática en el Euromediterráneo. In Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines, J. Llorente y J. J. Morrone (eds.). Las prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. p. 181-187.

Apéndice 1. Especies de las plantas vasculares acuáticas estrictas de Tamaulipas, indicando el tipo de ambiente que ocupan en el estado de Tamaulipas. L = Ambiente léntico, O = Ambiente lótico, y L/O = Ambientes léntico y lótico

-
- | | |
|--|---|
| 1. <i>Acoelorrhaphe wrightii</i> (Griseb. et H. Wendl.) H. Wendl. ex Becc. (Arecaceae) L | 14. <i>Echinodorus berteroi</i> (Spreng.) Fassett. (Alismataceae) L |
| 2. <i>Acrostichum aureum</i> L. (Polypodiaceae) L | 15. <i>Echinodorus cordifolius</i> (L.) Griseb. (Alismataceae) L |
| 3. <i>Acrostichum danaeifolium</i> Langsd. et Fisch. (Polypodiaceae) L/O | 16. <i>Echinodorus grandiflorus</i> (Cham. et Schltld.) Micheli. (Alismataceae) L |
| 4. <i>Annona glabra</i> L. (Annonaceae) L/O | 17. <i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. et Schult. (Cyperaceae) L |
| 5. <i>Azolla microphylla</i> Kaulf. (Azollaceae) L | 18. <i>Eleocharis interstincta</i> (Vahl) Roem. et Schult. (Cyperaceae) L |
| 6. <i>Bacopa monnieri</i> (L.) Wettst. (Scrophulariaceae) L/O | 19. <i>Eleocharis mutata</i> (L.) Roem. et Schult. (Cyperaceae) L |
| 7. <i>Cabomba paleaformis</i> Fassett. (Cabombaceae) L | 20. <i>Gymnocoronis latifolia</i> Hook. et Arn. (Asteraceae) L |
| 8. <i>Canna glauca</i> L. (Cannaceae) L | 21. <i>Habenaria repens</i> Nutt. (Orchidaceae) L |
| 9. <i>Ceratophyllum demersum</i> L. (Ceratophyllaceae) L/O | 22. <i>Halodule wrightii</i> Asch. (Cymodoceaceae) L |
| 10. <i>Ceratopteris thalictroides</i> (L.) Brongn. (Parkeriaceae) L | 23. <i>Halophila engelmannii</i> Asch. (Hydrocharitaceae) L |
| 11. <i>Cladium jamaicense</i> Crantz. (Cyperaceae) L/O | 24. <i>Heteranthera dubia</i> (Jacq.) MacMill. (Pontederiaceae) L/O |
| 12. <i>Crinum erubescens</i> Sol. (Amaryllidaceae) L/O | 25. <i>Heteranthera limosa</i> (Sw.) Willd. (Pontederiaceae) L |
| 13. <i>Cyperus articulatus</i> L. (Cyperaceae) L | 26. <i>Heteranthera mexicana</i> S. Watson. (Pontederiaceae) L |

27. *Heteranthera rotundifolia* (Kunth) Griseb. (Pontederiaceae) L
 28. *Hydrolea spinosa* L. (Hydrophyllaceae) L
 29. *Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees. (Poaceae) L
 30. *Hymenocallis littoralis* (Jacq.) Salisb. (Amaryllidaceae) L
 31. *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn. (Combretaceae) L/O
 32. *Leersia hexandra* Sw. (Poaceae) L
 33. *Lemna aequinoctialis* Welw. (Lemnaceae) L
 34. *Lemna gibba* L. (Lemnaceae) L
 35. *Lobelia purpusii* Brandege (Campanulaceae) O
 36. *Ludwigia palustris* (L.) Elliott (Onagraceae) O
 37. *Ludwigia peploides* (Kunth) P.H. Raven (Onagraceae) L/O
 38. *Ludwigia repens* J.R. Forst. (Onagraceae) O
 39. *Marsilea ancylopoda* A. Braun (Marsileaceae) L
 40. *Marsilea macropoda* A. Braun (Marsileaceae) L
 41. *Marsilea vestita* Hook. et Grev. (Marsileaceae) L
 42. *Myriophyllum hippuroides* Nutt. ex Torr. et A.Gray (Haloragaceae) O
 43. *Najas guadalupensis* (Spreng.) Magnus (Najadaceae) L/O
 44. *Najas marina* L. (Najadaceae) L/O
 45. *Najas wrightiana* A. Braun (Najadaceae) L
 46. *Nelumbo lutea* (Willd.) Pers. (Nelumbonaceae) L
 47. *Neptunia natans* (L. f.) Druce (Mimosaceae) L
 48. *Nuphar advena* (Aiton) W.T. Aiton (Nymphaeaceae) O
 49. *Nymphaea amazonum* Mart. et Zucc. (Nymphaeaceae) L
 50. *Nymphaea ampla* (Salisb.) DC. (Nymphaeaceae) L
 51. *Nymphaea elegans* Hook. (Nymphaeaceae) L
 52. *Nymphaea jamesoniana* Planch. (Nymphaeaceae) L
 53. *Nymphoides indica* (L.) Kuntze. (Menyanthaceae) L
 54. *Oserya coulteriana* Tul. (Podostemaceae) O
 55. *Oxycarium cubense* (Poepp. et Kunth) Lye. (Cyperaceae) L
 56. *Paspalidium geminatum* (Forssk.) Stapf. (Poaceae) L
 57. *Paspalum distichum* L. (Poaceae) L/O
 58. *Pistia stratiotes* L. (Araceae) L
 59. *Polygonum acuminatum* Kunth. (Polygonaceae) L
 60. *Potamogeton foliosus* Raf. (Potamogetonaceae) L/O
 61. *Potamogeton illinoensis* Morong. (Potamogetonaceae) L/O
 62. *Potamogeton nodosus* Poir (Potamogetonaceae) L/O
 63. *Potamogeton pusillus* L. (Potamogetonaceae) L/O
 64. *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae) L/O
 65. *Rotala ramosior* (L.) Koehne. (Lythraceae) L
 66. *Ruppia maritima* L. (Ruppiaceae) L
 67. *Sagittaria lancifolia* L. (Alismataceae) L
 68. *Sagittaria latifolia* Willd. (Alismataceae) L
 69. *Sagittaria longiloba* Engelm. ex J.G. Sm. (Alismataceae) L
 70. *Sagittaria platyphylla* (Engelm.) J.G. Sm. (Alismataceae) L
 71. *Salvinia auriculata* Aubl. (Salviniaceae) L
 72. *Salvinia minima* Baker (Salviniaceae) L
 73. *Schoenoplectus americanus* (Pers.) Volkart ex Schinz et R. Keller (Cyperaceae) L/O
 74. *Schoenoplectus californicus* (C.A. Mey.) Soják (Cyperaceae) L/O
 75. *Schoenoplectus erectus* (Poir.) Palla ex J. Raynal (Cyperaceae) L
 76. *Schoenoplectus pungens* (Vahl) Palla. (Cyperaceae) L
 77. *Schoenoplectus saximontanus* (Fernald) J. Raynal (Cyperaceae) L
 78. *Schoenoplectus tabernaemontani* (C.C. Gmel.) Palla. (Cyperaceae) L/O
 79. *Solanum tampicense* Dunal (Solanaceae) L
 80. *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. (Lemnaceae) L
 81. *Stuckenia pectinata* (L.) Börner (Potamogetonaceae) L
 82. *Stuckenia striata* (Ruiz et Pav.) Holub. (Potamogetonaceae) L
 83. *Syringodium filiforme* Kütz. (Cymodoceaceae) L
 84. *Taxodium mucronatum* Ten. (Taxodiaceae) O
 85. *Thalassia testudinum* Banks ex König (Hydrocharitaceae) L
 86. *Tristicha trifaria* (Bory ex Willd.) Spreng. (Podostemaceae) O
 87. *Typha domingensis* Pers. (Typhaceae) L/O
 88. *Utricularia foliosa* L. (Lentibulariaceae) L
 89. *Utricularia gibba* L. (Lentibulariaceae) L
 90. *Vallisneria americana* Michx. (Hydrocharitaceae) L/O
 91. *Wolffia brasiliensis* Wedd. (Lemnaceae) L
 92. *Wolffiella lingulata* (Hegelm.) Hegelm. (Lemnaceae) L
 93. *Zannichellia palustris* L. (Zannichelliaceae) L/O
-

CAPÍTULO IV

LAS PLANTAS VASCULARES ACUÁTICAS ESTRICTAS Y SU CONSERVACIÓN EN MÉXICO

(Sometido a Acta Botanica Mexicana)

LAS PLANTAS VASCULARES ACUÁTICAS ESTRICTAS Y SU CONSERVACIÓN EN MÉXICO

ARTURO MORA-OLIVO¹, JOSÉ LUIS VILLASEÑOR² Y MAHINDA MARTÍNEZ³

¹Instituto de Ecología Aplicada, Universidad Autónoma de Tamaulipas, 13 Blvd. Adolfo
López Mateos No. 928, 87040 Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

amorao@uat.edu.mx

²Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México
Apartado postal 70399, 04510 México, D. F., México

vrios@ibiologia.unam.mx

³Escuela de Biología. Universidad Autónoma de Querétaro. Av. De las Ciencias, Col.
Juriquilla, 76230 Querétaro, Querétaro.

mahinda@uaq.mx

RESUMEN

Con base en el análisis de la riqueza y distribución de las especies de hidrófitas vasculares estrictas, se identificaron las entidades federativas más relevantes para la conservación de los humedales de México y su riqueza florística asociada. Se registraron 240 especies de

hidrófitas vasculares estrictas, distribuidas en 106 géneros y 62 familias, incluyendo 227 nativas y 13 introducidas. Tal riqueza representa 24% de la riqueza total estimada para México. Los estados que registran la mayor riqueza son Veracruz (145 especies), Jalisco (123), Michoacán (115) y Tamaulipas (113). Solamente 8.3% de las especies son endémicas de México. Un análisis iterativo indica que es necesario involucrar a 13 estados, para la conservación del 100% de la flora acuática nativa.

Palabras clave: hidrófitas, conservación, México, plantas vasculares.

ABSTRACT

Based on the analysis of richness and distribution of species of vascular plants strictly aquatic, the states most relevant to wetlands conservation of Mexico and its associated flora were identified. A number of 240 species were identified, distributed in 106 genera and 62 families, including 227 native and 13 introduced. Such richness accounts 24% of the total estimated richness of aquatic plants in Mexico. The states that have the highest richness are Veracruz (145 species), Jalisco (123), Michoacán (115) and Tamaulipas (113); only 8.3% of the species are endemic to Mexico. Iterative analysis point out the need to involve 13 states for the conservation of 100% of the native aquatic flora.

Key words: hydrophytes, conservation, Mexico, vascular plants.

INTRODUCCIÓN

La conservación de la biodiversidad se ha convertido en una de las prioridades mundiales, tanto para los gobiernos como para los científicos y la sociedad en general (Vane-Wright et al., 1991; Morrone y Crisci, 1992). Se calcula que al menos la mitad de las especies que habitan en el planeta desaparecerán en las próximas décadas (Crisci et al., 2003), especialmente por la destrucción de su hábitat. Particularmente los ambientes acuáticos se cuentan entre los ecosistemas más amenazados (Jain, 1990; Abell, 2001) y en algunas regiones han desaparecido hasta en 90% (Imboden, 1976 citado por Oertli et al., 2002).

Entre las acciones para preservar la biodiversidad, la creación de áreas naturales protegidas ha jugado un papel muy importante (Margules y Pressey, 2000). En la actualidad, la red mundial de áreas protegidas incluye 11.9% de toda el área del planeta; sin embargo, la cobertura varía geográficamente y muchas biorregiones y especies no están protegidas o bien representadas (Brooks et al., 2004), sobre todo humedales y organismos acuáticos.

En México, como en otras regiones del mundo, los ecosistemas acuáticos han recibido poca atención, no sólo en materia de conservación sino también en cuanto al conocimiento de su biodiversidad y estado de amenaza actual (Olmsted, 1993; Getzner, 2001; Sánchez *et al.*, 2007). En América son pocos los países que se han preocupado por tener un inventario de la flora de sus humedales y conocer su estado de conservación (Lot y Novelo, 1992), como es el caso de Perú (León y Young, 1996), Costa Rica (Crow, 1993) y Estados Unidos (Reed, 1988). En México, de los 33,185 km² que cubren los ambientes acuáticos más importantes, distribuidos sobre todo en los ambientes costeros, se calcula que 35% ha sufrido algún deterioro o ha desaparecido por la deforestación y la expansión de la agricultura, la industria petroquímica y el turismo (Olmsted, 1993; Cervantes, 2007). La Comisión Nacional para el

Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) seleccionó 110 regiones hidrológicas prioritarias por su alta biodiversidad, uso y/o amenaza; sin embargo, 26% de ellas no cuenta con suficiente información científica (Arriaga et al., 2000). También en el país existe un Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP), el cual incluye 58 áreas protegidas que cubren una superficie de 121,209.2 km²; desafortunadamente sólo unas pocas corresponden o contienen humedales de importancia internacional, como es el caso de Pantanos de Centla, Ría Lagartos, Laguna Madre y Cuatrociénegas (CONANP, 2007; Ramsar, 2008).

La definición de las áreas para su conservación se ha basado en diversos criterios, aunque en la mayoría de los casos se ha usado una estrategia oportunista, que incluye aspectos políticos, sociales, económicos o de disponibilidad (Pressey et al., 1993, Primack et al., 2001). Hoy en día prevalece la idea de usar bases más científicas, como son los parámetros de riqueza, rareza o endemismo de especies; para esto es indispensable contar con un buen conocimiento sobre la taxonomía y distribución geográfica de las especies que se desea conservar (Giangrande, 2003). Diferentes metodologías han sido propuestas para la ubicación de sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad y sus ecosistemas (Morrone y Crisci, 1992; Williams et al., 1996; Bonn y Gaston, 2005; Margules y Sarkar, 2007). Entre ellas se pueden citar el método marcador, el análisis de discrepancias, las relaciones filogenéticas, la panbiogeografía, el análisis de parsimonia de endemismos o los métodos iterativos. Varios de ellos usan la distribución de las especies para detectar áreas de mayor diversidad, pues se ha sugerido que la biogeografía juega un papel clave en cuestiones de conservación biológica (Prance, 1994; Morrone y Espinosa, 1998; Whittaker et al., 2005).

Debido a que es mejor el conocimiento de los organismos terrestres que el de los acuáticos, existen pocos antecedentes sobre su uso para proponer sitios de conservación de humedales. Entre los pocos estudios destacan el uso de macroinvertebrados en Inglaterra (Bries, 2004), coleópteros en España (Abellán, 2003), peces costeros en Australia (Fox y Beckley, 2005) y aves acuáticas en Sudáfrica (Turpie, 1995). Los trabajos sobre conservación utilizando plantas vasculares acuáticas son más escasos; entre ellos se pueden citar los realizados en Australia (Margules et al., 1988; Pressey y Nicholls, 1989) o en Inglaterra (Linton y Goulder, 2000). En México se han hecho propuestas para la conservación de plantas terrestres (Villaseñor et al., 1998, 2003; Lira et al., 2002; Dávila-Aranda et al., 2004), pero no existen propuestas para la conservación de las plantas propias de humedales (hidrófitas), quizá debido a que no se cuenta con información suficiente sobre su riqueza y distribución.

El número de especies de plantas con flores acuáticas mexicanas se ha estimado en unas 1,000 especies (Rzedowski, 1991). Alternativamente, Lot y colaboradores (1993) mencionan la existencia de 747 especies de hidrófitas en México, lo que representa alrededor de 13% de la flora acuática a nivel mundial; sin embargo, hasta la fecha los únicos inventarios conocidos de hidrófitas con carácter nacional (Lot et al., 1986, 1999), documentan 118 especies, 45 géneros y 24 familias de angiospermas pertenecientes a familias estrictamente acuáticas. Se han realizado algunos trabajos que describen la diversidad de plantas acuáticas en zonas particulares del país (e.g. Bonilla-Barbosa, 2004; Gutiérrez, 2006; Lot, 2004; Martínez y García, 2001; Novelo, 2006; Ramos y Novelo, 1993), aunque sólo tres de las 32 entidades federativas en que se divide México cuentan con una flora vascular acuática publicada: Aguascalientes (Siqueiros, 1989), Morelos (Bonilla-Barbosa et al., 2000) y Tamaulipas (Mora-Olivo y Villaseñor, 2007). El escaso conocimiento florístico de los

humedales mexicanos es proporcional a los pocos estudios que existen sobre sus plantas acuáticas; por ejemplo, de 28 familias estrictamente acuáticas presentes en el país, solamente cinco han sido estudiadas taxonómicamente y de 70 géneros con todas sus especies estrictamente acuáticas, únicamente 12 cuentan con tratamiento taxonómico.

Es evidente que aún falta mucho por conocer sobre la riqueza y distribución de las plantas acuáticas de México, sobre todo si además de las hidrófitas estrictas, se toman en cuenta las especies subacuáticas y tolerantes, que forman un grupo mucho más numeroso. Lamentablemente esta riqueza aún desconocida, se encuentra en grave amenaza por la pérdida de los humedales mexicanos y por la introducción de plantas exóticas que desplazan a muchas especies acuáticas nativas (Novelo y Martínez, 1989; Mora-Olivo et al., 2008). Es importante entonces comenzar a proponer estrategias para la conservación de las plantas acuáticas de México. Como un paso inicial en este sentido, el presente estudio tiene como objetivo identificar, con base en el análisis de la riqueza y distribución de las especies de hidrófitas vasculares estrictas, las entidades federativas más relevantes para la conservación de los humedales de México y su riqueza florística acompañante.

ÁREA DE ESTUDIO

Los humedales de México son producto de una conjunción de factores geomorfológicos, hidrológicos y biológicos (Olmsted, 1993). De acuerdo con Lugo y Córdova (2007), el país tiene 22 unidades geomorfológicas continentales, siendo dominantes los relieves montañosos. En consecuencia el sistema hidrológico nacional es muy diverso,

dividiéndose en 314 cuencas distintas (SEMARNAP, 1996), lo que ha favorecido la presencia de distintos humedales que se pueden dividir en marinos, estuarinos, lacustrinos, riverinos y palustrinos (*sensu* Cowardin et al., 1979).

El área total de los ecosistemas acuáticos mexicanos no se conoce con exactitud. De los ambientes lóticos (cuerpos de agua con corriente, como ríos y arroyos) sólo se sabe que forman una red hidrológica de 633,000 km de longitud, pero no existen datos acerca de su superficie (CNA, 2008). En el caso de los ambientes acuáticos lénticos (cuerpos de agua de lento o nulo movimiento, como lagos, lagunas, presas, etc.), se ha estimado que ocupan una extensión de 57,604.2 km²; de ellos, 19,276.5 km² corresponden a cuerpos permanentes y 38,327.7 km² a cuerpos temporales. Por otra parte, 23,877.6 km² contienen agua salobre o salina y 33,726.6 km² agua dulce (CNA, 1998, Cuadro 1). El Inventario Forestal Nacional (Palacio-Prieto et al., 2000) considera que 31,821 km² del país constituyen cuerpos de agua y vegetación hidrófila; las entidades federativas con mayor superficie de humedales son Tabasco, Quintana Roo, Campeche, Chiapas, Veracruz, Sinaloa, Tamaulipas y Jalisco (Cuadro 3).

Diferentes comunidades vegetales se han reportado en los humedales mexicanos; entre ellas destacan la vegetación en galería (llamada impropriamente vegetación riparia, bosque ripario y selva alta o mediana riparia), la selva baja inundable, el palmar inundable, la sabana, el manglar, el matorral espinoso inundable, el matorral inerme inundable, el popal, el tular, el carrizal, la vegetación flotante, la vegetación sumergida y la vegetación de pastos marinos o ceibadales (Miranda y Hernández, 1963; Rzedowski, 1978, Sánchez, 1986; Lot y Novelo, 1990; Lot, 2004). Estos tipos de vegetación se encuentran distribuidos en el país desde el nivel del mar hasta los 4,000 m de altitud; sin embargo, se concentran principalmente en las zonas

donde se combina una alta precipitación y un drenaje deficiente, como la planicie costera del sur de Tamaulipas y de Veracruz, de Tabasco y de Campeche en el Golfo de México o la planicie costera de Nayarit y las zonas lacustres y pantanosas de Michoacán y Jalisco en el Océano Pacífico (Rzedowski, 1978).

MÉTODOS

Conceptos

En este trabajo se utiliza el concepto de humedal de la Convención Ramsar, que define a los humedales como las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina, cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Ramsar, 1996). Igualmente, los términos ambiente acuático y ecosistema acuático se emplean como sinónimos de humedal. Por otra parte, una hidrófita o planta acuática es aquella que vive en agua o sobre un substrato que está al menos periódicamente anaerobio debido al exceso de agua (Tiner, 1991) y puede ser estricta, subacuática o tolerante (Mora-Olivo y Villaseñor, 2007).

Inventario florístico

Con base en la consulta de diversas fuentes de información, como son ejemplares de herbario (depositados en ENCB, MEXU, UAMIZ, UAT, TEX y XAL), bases de datos (REMIB, W3TROPICOS, UNIBIO) y literatura especializada (monografías, revisiones taxonómicas y

estudios florísticos), se obtuvo una lista de las especies de hidrófitas vasculares estrictas en las 32 entidades federativas de México (Fig. 1, Cuadro 3). El catálogo se ordenó por grandes grupos taxonómicos y alfabéticamente por familias, géneros y especies. Se siguió la clasificación de Mickel y Smith (2004) para los helechos y plantas afines, de Brummitt (1992), para las gimnospermas, de Dahlgren et al. (1985) para las monocotiledóneas y de Cronquist (1981) para las dicotiledóneas. Los autores de las especies se abreviaron de acuerdo a Villaseñor (2001).

Distribución

Para cada especie se registró su presencia a nivel estatal, el tipo de humedal (permanente o temporal, dulceacuícola o salobre, léntico o lótico) y el intervalo altitudinal en que se encuentra. Con base en este último atributo, las especies se dividieron en dos grupos principales, el primero constituido por las hidrófitas que se distribuyen entre los 0 y los 1,000 metros de altitud y el segundo por las que se distribuyen por arriba de los 1,000 m de altitud. La definición de estos dos grupos sigue algunos criterios utilizados previamente para diferenciar comunidades vegetales tropicales y templadas, tanto acuáticas (Huidobro et al., 2006; Lacoul y Freedman, 2006) como terrestres (Rzedowski, 1978).

Análisis de datos

Para determinar qué estados de México destacan como los más importantes para llevar a cabo estrategias para la conservación de las especies de hidrófitas vasculares estrictas, se utilizó el método iterativo propuesto por Vane-Wright y colaboradores (1991), un método heurístico que permite de manera fácil determinar sitios prioritarios para la conservación, intentando

proteger el mayor número de especies en la menor cantidad de sitios (Pressey y Nicholls, 1989; Margules y Pressey, 2000). El método consiste simplemente en seleccionar en primer lugar el estado con el mayor número de especies, las cuales se eliminan de la lista original al considerarlas como primera opción. Las especies no seleccionadas con esta primera opción constituyen el complemento, el cual es evaluado para elegir nuevamente al estado con el mayor número de especies remanentes, disminuyendo así la lista de plantas que forman el complemento. Cuando dos o más estados tienen el mismo número de especies en el complemento, se elige el que tenga el mayor número total. Si aún continúa el empate entre dos o más estados, se selecciona el estado más cercano a alguno previamente seleccionado. Este proceso se repite continuamente hasta que todas las especies han sido incluidas para alguno de los estados.

RESULTADOS

Riqueza florística

El análisis de la literatura y la consulta del material resguardado en las colecciones consultadas permitió determinar que los humedales de México contienen 240 especies de hidrófitas vasculares estrictas, distribuidas en 106 géneros y 62 familias; este número incluye 13 especies introducidas (Cuadro 2, Apéndice). El componente principal lo constituyen las plantas con flores (221 especies); las monocotiledóneas superan en número a las dicotiledóneas, un patrón no observado entre las plantas terrestres, donde siempre estas últimas son más importantes por su número que las primeras. En la flora de México solamente

se registran 18 especies acuáticas estrictas de helechos y plantas afines y una especie de gimnosperma (*Taxodium mucronatum*) asociada principalmente a los cuerpos de agua.

Las familias mejor representadas por su riqueza de especies de hidrófitas estrictas son Cyperaceae (25), Alismataceae (18), Lemnaceae (15), Pontederiaceae (15), Nymphaeaceae (13), Potamogetonaceae (11) y Poaceae (10). Los géneros con mayor número de especies son *Eleocharis* (13), *Nymphaea* (12), *Echinodorus* (9), *Heteranthera* (9), *Potamogeton* (9), *Sagittaria* (9) y *Ludwigia* (8). Por otra parte, los estados que registran la mayor riqueza son Veracruz (145 especies), Jalisco (123), Michoacán (115), Tamaulipas (113), Chiapas (111), Tabasco (111), y Oaxaca (105). El estado con menor número de hidrófitas estrictas es Tlaxcala (27, Cuadro 3).

Riqueza por tipo de humedal

Existen en México humedales permanentes y temporales (Cuadro 1) y la riqueza encontrada en ambos tipos de cuerpos de agua no es significativamente distinta. Se tienen registradas 197 especies (82.1% del total) en los humedales permanentes y 176 especies (73.3%) en los cuerpos de agua temporales. Entre los humedales permanentes, los lagos y las presas poseen la mayor riqueza (151 especies), mientras que en los temporales los pantanos y las zonas inundables son los que registran la mayor riqueza (158 especies).

Las plantas de agua salina o salobre están pobremente representadas en la flora estrictamente acuática de México (32 especies en total), destacando principalmente las especies de agua dulce (224 especies en total). Por otra parte, los ecosistemas acuáticos lénticos (lagos, lagunas, esteros, pantanos, presas) son los que registran la mayor riqueza (222 especies); los ambientes lóticos (arroyos, ríos) registran un menor número de especies (134),

de las cuales 18 se localizan estrictamente en cuerpos de agua corriente, como son las nueve especies de la familia Podostemaceae, *Alternanthera philoxeroides*, *Erigeron heteromorphus*, *Justicia americana*, *Lobelia purpusii*, *Ludwigia repens*, *Myriophyllum sibiricum*, *Nuphar advena*, *Sparganium americanum* y *Taxodium mucronatum*.

Distribución altitudinal

Un número ligeramente mayor de hidrófitas estrictas se conoce de altitudes bajas, es decir, por debajo de los 1,000 m. En este intervalo altitudinal se registran 199 especies, mientras que por arriba de esta cota se registran 147; sin embargo, hay que señalar que 106 especies registran un intervalo altitudinal amplio, distribuidas por arriba y por debajo de esta cota altitudinal. Descontando este último número, entonces 93 especies se conocen solamente de altitudes bajas (menos de 1,000 m) mientras que 41 de ellas son características de humedales de montaña (arriba de 1,000 m).

Entre las hidrófitas conocidas de altitudes bajas, destacan aquellas que viven principalmente en las planicies costeras. Por ejemplo, en total se conocen 48 especies que solamente habitan ambientes costeros, como las características de manglares o los ceibadales (comunidades de pastos marinos) y cuerpos de agua dulce como *Gymnocoronis latifolia* y *Benjaminia reflexa*. Por otra parte, algunas especies que restringen su distribución a zonas de alta montaña, como *Callitriche heterophylla*, *Isoetes mexicana*, *Jaegeria glabra*, *Ranunculus hydrocharoides* y *R. trichopyllus*, contienen poblaciones por arriba de los 3,000 m de altitud. Ejemplos de especies que registran una distribución altitudinal amplia son *Lemna aequinoctialis* y *Potamogeton pusillus*, pues sus poblaciones se conocen desde el nivel del mar hasta más de 3,000 m.

Distribución geográfica

Como se indicó previamente, la riqueza de hidrófitas vasculares estrictas está conformada por 227 especies nativas de México y 13 introducidas, pocas de ellas mostrando una distribución amplia a nivel nacional. Entre las especies nativas, solamente *Typha domingensis* se conoce de los 32 estados en que México está políticamente dividido; por el contrario, 29 especies (12.1% del total) restringen su distribución a un solo estado, Tabasco (5 especies) y Durango (3) con el mayor número y otros 11 estados con al menos una de ellas.

Algunas especies tienen registrada hasta la fecha una distribución disyunta dentro del país. Por ejemplo, *Echinodorus virgatus* solamente se conoce de Nayarit y Veracruz, *Lemna trisulca* de la Península de Baja California, Distrito Federal, estado de México e Hidalgo, *Myriophyllum pinnatum* de Chihuahua y Michoacán, *Oserya coulteriana* de Sonora a Guerrero y Tamaulipas, *Potamogeton natans* de Baja California, Distrito Federal y Michoacán, *Sagittaria platyphylla* de Nuevo León, Tamaulipas y Michoacán y *Sparganium eurycarpum* de Baja California y el estado de México.

Todos los estados de México registran al menos una de las 13 especies introducidas (Cuadro 3). Entre las especies introducidas más ampliamente distribuidas están *Eichhornia crassipes* (conocida de 29 estados) y *Nasturtium officinale* (25 estados); las especies introducidas con distribución más restringida son *Alternanthera philoxeroides* e *Hygrophila polysperma* (conocidas solamente de Tamaulipas), *Nymphaea capensis* (Quintana Roo), *Salvinia molesta* (Baja California y Sonora) e *Hydrilla verticillata* (Nuevo León, Sinaloa y Tamaulipas),

Un porcentaje relativamente bajo (8.3%) de hidrófitas estrictas son endémicas de México (20 especies). Su distribución se ha registrado en 25 estados (Cuadro 3); Jalisco registra el mayor número (13 especies), seguido por Durango y Michoacán (8). Las especies endémicas con una distribución geográfica más amplia son *Isoetes mexicana* y *Oserya coulteriana* (conocidas de 11 estados); por otra parte, cuatro especies endémicas se conocen como restringidas a un solo estado: *Eleocharis arsenifera* (Chihuahua), *Eleocharis reznicekii* (Durango), *Oserya longifolia* (Jalisco) y *Tagetes epapposa* (Durango).

México es el límite geográfico de 102 hidrófitas estrictas, la mayoría de ellas de origen tropical (65 especies, 27.1%). Entre las especies que registran su distribución más septentrional en nuestro país están *Cabomba palaeformis*, *Crinum erubescens*, *Echinodorus andrieuxii*, *Eichhornia heterosperma*, *Eleocharis mutata*, *Heteranthera oblongifolia*, *Hydrocleys parviflora*, *Nymphaea amazonum* y *Pontederia rotundifolia*. Igualmente, entre las 37 especies de afinidad boreal cuya distribución más meridional está en México se pueden citar algunas que solamente se conocen de estados fronterizos, como *Justicia americana* (conocida en México solamente de Chihuahua y Coahuila), *Lemna turionifera* y *Pilularia americana* (Baja California) y otras que se encuentran en zonas más interiores del país, como *Elatine brachysperma*, *Nuphar advena*, *Potamogeton amplifolius*, *Sparganium americanum* y *Wolffiella gladiata*. En este grupo de plantas que encuentran en el país sus límites de distribución, destacan especies con distribución disyunta, como *Heteranthera oblongifolia*, *H. seubertiana*, *Nymphaea novogranatensis*, *Phyllanthus fluitans* y *Sagittaria intermedia*, que se distribuyen en Sudamérica y además solamente registran una o pocas poblaciones en México.

Estados importantes para la conservación de las hidrófitas vasculares estrictas de México

El análisis iterativo destaca que para lograr con éxito la conservación de las 227 especies de hidrófitas vasculares estrictas nativas de México, será necesario involucrar a 13 estados (Cuadro 4). Con pocos estados se lograrían establecer estrategias para la conservación de un alto porcentaje de ellas; por ejemplo, en cuatro estados se concentra casi 90% de toda la flora acuática considerada (Baja California, Michoacán, Tabasco y Veracruz). Sin embargo, todos los estados reconocidos con el análisis destacan por contener en su territorio sitios irremplazables, pues en ellos se conocen poblaciones de hidrófitas estrictas restringidas, es decir, conocidas solamente de localidades confinadas a su territorio político (Cuadro 4). De manera particular, por presentar en su territorio especies endémicas de México restringidas a su territorio político, es principalmente importante la participación de tres estados en las estrategias para su conservación (Chihuahua, Durango y Jalisco).

DISCUSIÓN

Las 240 especies de hidrófitas vasculares acuáticas estrictas registradas en México representan 32.1% del total de la flora acuática estimada para México por Lot et al. (1986, 1999) y 24% de la riqueza estimada por Rzedowski (1991). Por lo tanto, es de esperar que en los cuerpos de agua del país donde se registraron estas especies, se encuentren entre 500 y 700 especies más de plantas subacuáticas y tolerantes de acuerdo con las estimaciones de estos autores. Sin embargo, estimaciones preliminares revelan que este componente adicional de la flora acuática

de México es superior, pues actualmente se conocen cifras por arriba de las 1,000 especies subacuáticas y tolerantes (Mora-Olivo y Villaseñor, datos no publicados).

El número de 240 especies de hidrófitas estrictas en México es relativamente alto cuando se compara con las cifras reportadas en otros países. Por ejemplo, para Perú se reportan 177 especies de plantas vasculares asociadas obligadamente a los ambientes acuáticos (León y Young, 1996) y para Chile se reportan 54 especies (Ramírez et al., 1979). Crow (1993) cita además datos para algunos otros países latinoamericanos: Costa Rica (38 especies), Nicaragua (52), Panamá (35) y Ecuador (48). En contraste, México y todos estos países citados son menos diversos que Estados Unidos, ya que Reed (1988) reporta 2,494 especies de plantas catalogadas como obligadas de humedales. Las cifras al parecer apoyan la idea de Crow (1993) de que los ecosistemas acuáticos tropicales son menos diversos que los templados; sin embargo, para considerar válida esta afirmación hay que tomar en cuenta que aún falta mucho por conocer acerca de la biodiversidad de los ambientes acuáticos en países tropicales (Gottgens y Fortney, 2004). Otro aspecto que es necesario subrayar al comparar datos de distintos países, es la diferencia de criterios que existen para definir y clasificar una planta acuática en distintas categorías. Los conceptos de planta acuática estricta (Mora-Olivo y Villaseñor, 2007) y planta obligada de humedales (Reed, 1988; Tiner, 1991), no necesariamente son equivalentes. Para contrastar adecuadamente la riqueza de la flora acuática de diferentes regiones es recomendable primero uniformizar criterios y posteriormente tomar en cuenta otros aspectos, como la superficie que ocupan sus humedales.

La distribución de las especies de hidrófitas estrictas no es uniforme en todo el país. La mayor riqueza de especies se encuentra en los estados que contienen planicie costera, pues allí es donde se localiza la mayor cantidad de humedales (Rzedowski, 1978; CNA, 1998; Palacio-

Prieto et al., 2000), como por ejemplo el delta de los ríos Pánuco y Tamesí y los Pantanos de Centla. Veracruz es el estado con mayor número especies; igualmente es el estado con mayor extensión de litoral y planicie costera en México (INEGI, 2007). La escasa representación de hidrófitas estrictas en la flora de algunos estados del interior del país es reflejo de la menor proporción de humedales en su territorio (Cuadro 2), por ejemplo en Tlaxcala y Zacatecas. Destaca sin embargo el Distrito Federal, que a pesar de tener la menor extensión de humedales, posee la densidad de especies por unidad de área más alta, cinco veces mayor que por ejemplo el estado de Veracruz. Otros estados, como Nuevo León o Sinaloa seguramente requieren de mayor exploración en sus humedales, pues su flora acuática dista mucho de ser bien conocida. Es evidente, sin embargo, que la escasa cantidad de humedales en las regiones montañosas del país en comparación con las planicies costeras, ocasiona la baja diversidad en estados con territorios de altura y abrupta orografía; allí es más común encontrar hidrófitas principalmente anuales, registradas especialmente en la temporada de lluvias.

La flora vascular acuática estricta de México está mejor representada en los cuerpos de agua permanentes, como lagos, presas y ríos (82.1% del total). Sin embargo, los humedales temporales, como charcos y zonas inundables destacan también como zonas de alta riqueza, especialmente a nivel regional, pues en ellos se ha registrado 31.3% de esta flora. Por ejemplo, en los charcos temporales de Amealco y Huimilpan, en el estado de Querétaro se encontró una mayor riqueza de especies que en otros cuerpos de agua (Martínez y García, 2001). Igualmente, Williams et al. (2003) al comparar la riqueza de hidrófitas entre diferentes cuerpos de agua en Inglaterra, encontraron que los estanques temporales fueron los más diversos. A pesar de que los humedales temporales pueden permanecer sin agua durante largos períodos de tiempo, las especies adaptadas a vivir en ellos pueden sobrevivir hasta la próxima

inundación, debido a la presencia de estructuras reproductoras que soportan la sequía. Ejemplo de este tipo de plantas en México son *Callitriche heterophylla*, *Heteranthera peduncularis*, *Isoetes mexicana* y algunas especies del género *Marsilea*.

Es notable la preponderancia de plantas viviendo en ambientes con agua dulce (93.3% del total). Es bien conocido que las altas concentraciones de sales en el agua no permiten la existencia de muchas plantas acuáticas (Sculthorpe, 1985); sin embargo, algunas especies comunes en aguas dulces llegan a tolerar ciertos niveles bajos de salinidad, como *Pachira aquatica* o *Stuckenia pectinata*. Es importante subrayar entonces que la alta riqueza de especies encontrada en los estados con planicies costeras como Jalisco, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz, no está definida por plantas de ambientes salobres, sino por especies propias de agua dulce.

La riqueza de especies encontrada en los ambientes lénticos y lóticos es también contrastante. Los primeros registran más del 90% de la riqueza de especies y los segundos contienen poco más del 50%. Aunque 115 especies se comparten entre los dos tipos de humedales, un porcentaje muy bajo de ellas (7.5%) pueden sobrevivir exclusivamente en agua corriente, como las especies de la familia Podostemaceae, algunas de las cuales tienen una distribución tan restringida que inclusive sólo se conocen de una o dos localidades, como *Oserya longifolia* (Jalisco) y *Vanroyenella plumosa* (Jalisco y Oaxaca) (Novelo y Philbrick, 1997).

La mayor riqueza de hidrófitas vasculares estrictas en México se localiza en las zonas de baja altitud, donde hay una mayor profusión y extensión de cuerpos de agua. La escasa cantidad de humedales en regiones montañosas del país ocasiona la baja diversidad de plantas acuáticas, muchas de las cuales son anuales y se localizan solamente en época de lluvias. Por

lo tanto, en México la riqueza de hidrófitas es inversamente proporcional a la altitud, un patrón que se ha observado también en otros países, como Brasil (Rolon y Maltchik, 2006), Inglaterra (Jones et al., 2003) o Nepal (Lacoult y Freedman, 2005).

Pocas hidrófitas estrictas muestran una amplia distribución geográfica. La mayoría de ellas (191, 79.6% del total de especies) se distribuyen en la mitad o menos de los estados en que se divide políticamente el país, 29 conocidas en la actualidad solamente de un estado. Algunos autores han argumentado que, a nivel global o continental, las hidrófitas muestran una distribución geográfica amplia (Santamaría, 2002; Les et al. 2003). Sin embargo, a nivel del país tal patrón no es tan evidente, pues pocas hidrófitas estrictas muestran amplia distribución geográfica a lo largo del territorio nacional. En consecuencia, la escala al parecer es importante al momento de explicar la distribución de estas especies, pues muchas de ellas pueden tener una amplia distribución mundial, aunque a nivel nacional se restringen a pocas localidades. Tal es el caso de *Brasenia schreberi*, que se distribuye ampliamente en América, Asia, el occidente de Europa y Australia (Lot et al., 2002), pero en México solamente se le ha encontrado en seis estados (Chiapas, Chihuahua, Jalisco, Michoacán, San Luis Potosí y Tabasco); otro ejemplo es *Bolboschoenus robustus*, que se distribuye en casi todo el Continente Americano, pero en México solamente ha sido observada en los estados de Tabasco, Tamaulipas y Veracruz (González et al., 2007).

El endemismo de hidrófitas acuáticas estrictas en el país es bajo (8.3%), cifra cercana ha lo encontrado previamente por Rzedowski (1991) al discutir toda la flora acuática. Este autor indica que las especies de plantas acuáticas endémicas del país son alrededor de 150; en este trabajo se reportan únicamente 23 especies de hidrófitas estrictas, por lo que es posible que la mayoría de las especies consideradas por él como endémicas sean subacuáticas o

tolerantes. En otros países, como Perú y Nueva Zelanda, también se reporta una relativa pobreza de endemismos acuáticos (León y Young, 1996; McGlone et al., 2003).

Quizá el número de especies endémicas no sea sobresaliente, comparado con otros grupos de plantas mexicanas; sin embargo, es importante subrayar que el endemismo se distribuye en 24 de los 32 estados del país. La mayoría de las especies endémicas (16) se encuentran en dos o más estados, mientras que solamente cuatro de ellas se localizan en un estado y en ocasiones en un solo cuerpo de agua, como es el caso de *Oserya longifolia* que se conoce sólo del río Purificación en el estado de Jalisco (Novelo y Philbrick, 1997) o de *Eleocharis arsenifera*, que su distribución se restringe a un humedal de Chihuahua con altas concentraciones de arsénico (González-Elizondo et al., 2005). Es necesario realizar estudios más específicos para entender porqué la distribución más amplia de algunos endemismos, o la distribución tan restringida de otros.

En México se localiza el límite geográfico de muchas especies acuáticas. De igual manera, en su territorio se registran especies con distribución disyunta, tanto a escala nacional (e.g. *Echinodorus virgatus*, *Potamogeton natans* y *Oserya coulteriana*, Apéndice) como a escala continental, por ejemplo *Marsilea macropoda* (Johnson, 1986) y *Phyllanthus fluitans* (Lot et al., 1980), ambas conocidas solamente de Sudamérica y México. Su distribución disyunta es explicada más que por factores históricos (vicarianza), por dispersión a larga distancia. Muchas especies mexicanas dependen de aves acuáticas para su dispersión; los registros de varias de estas especies disyuntas a lo largo de las rutas de aves migratorias ha sido el principal argumento para apoyar este mecanismo de dispersión como el más importante (Green et al., 2002). Sin embargo, se requiere de trabajo adicional para realmente demostrar la manera cómo estas especies han alcanzado la distribución geográfica que muestran en la

actualidad. También es posible que varios estados mexicanos y otros países requieran de trabajo de campo más intenso, para conocer con mayor precisión la distribución real de las hidrófitas acuáticas estrictas.

La identificación de 13 estados que ameritan atención especial para llevar a cabo estrategias de conservación de la flora vascular acuática estricta de México es una primera etapa que orientará estudios futuros con mayor detalle. Por ejemplo, es necesario contrastar la distribución de las hidrófitas estrictas con las áreas naturales protegidas que existen actualmente en los estados seleccionados; seguramente será necesario proponer nuevas reservas en humedales que permitan proteger esta diversidad de plantas acuáticas mexicanas. También será necesario poner especial atención en las especies de distribución restringida, sobre todo las especies endémicas; muchas de ellas viven en zonas montañosas, principalmente a lo largo de la Sierra Madre Occidental y en cuerpos de agua temporales, lo que hace su sobrevivencia muy delicada, por la temporalidad de los ambientes donde viven. Otras especies de distribución restringida se localizan en planicies costeras (a menudo también en charcos temporales), ambientes que son particularmente amenazados sobre todo por las actividades antropogénicas. En consecuencia, es necesario más trabajo para identificar los charcos temporales que cobijan estas especies de distribución restringida, para así evaluar su grado de amenaza y proponer las estrategias de conservación más adecuadas.

La presencia de especies introducidas, muchas de ellas catalogadas como malezas acuáticas, es un fuerte impacto para la flora acuática nativa. Algunas de ellas han llegado recientemente a México a través de los Estados Unidos, como *Hydrilla verticillata* (Novelo y Martínez, 1989), *Hygrophila polysperma* (Mora-Olivo *et al.*, 2008) y *Salvinia molesta* (Mora-Olivo y Yatskievych, aceptado). Es imperativo efectuar programas para el control y

erradicación de varias de estas especies; de igual manera, el gobierno mexicano debe de llevar a cabo actividades que prevengan la introducción de nuevas malezas acuáticas, que sin lugar a dudas serán una amenaza para la conservación de la diversidad y endemismo de las plantas acuáticas mexicanas.

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México y al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, por el apoyo recibido para realizar los estudios de doctorado del primer autor. A diversos especialistas de familias que revisaron la lista florística y/o contribuyeron a la misma: Donald H. Les (varias), George Yatskievych (Salviniaceae), Ishan Al-Shehbaz (Brassicaceae), Jaime Bonilla (Nymphaeaceae), Jerzy Rzedowski (varias), J. Gabriel Sánchez-Ken (Poaceae), Nancy Hensold (Eriocaulaceae), Nely Diego (Cyperaceae), Patricia Dávila (Poaceae), R. James Hickey (Isoetaceae), Robert R. Haynes (varias), Shirley Graham (Lythraceae), Socorro González (Cyperaceae), Thomas F. Daniel (Acanthaceae), Thomas Philbrick (varias). A los revisores anónimos del manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Abell, R. 2001. Conservation biology for the biodiversity crisis: a freshwater follow-up. *Freshwater Conservation Biology* 16: 1435-1437.
- Abellán R., P. 2003. Selección de áreas prioritarias de conservación en la Provincia de Albacete utilizando los coleópteros acuáticos. Tesis de licenciatura, Facultad de Biología, Universidad de Murcia. Versión resumida en internet URL: <http://entomologia.rediris.es/aracnet/e2/11/24/>.
- Arriaga, L., V. Aguilar y J. Alcocer. 2000. Aguas continentales y diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D. F. 327 pp.
- Bonilla-Barbosa, J. 2004. Flora acuática vascular. In: Luna I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. Las Prensas de Ciencias, México, D. F. pp. 149-159.
- Bonilla-Barbosa, J., J. A. Viana-Lases y F. Salazar-Villegas. 2000. Listados florísticos de México. XX. Flora acuática de Morelos. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 29 pp.
- Bonn, A. y K. J. Gaston. 2005. Capturing biodiversity: selecting priority areas for conservation using different criteria. *Biodiversity and Conservation* 14: 1083-1100.
- Bries, R. A. 2004. Incorporating connectivity into reserve selection procedures. *Biological Conservation* 103: 77-83.
- Brooks, T. M., M. I. Bakarr, T. Boucher, G. A. B. Da Fonseca, C. Hilton-Taylor, J. M. Hoekstra, T. Moritz, S. Olivieri, J. Parrish, R. L. Pressey, A. S. L. Rodríguez, W.

- Sechrest, A. Stattersfield, W. Strahm y S. N. Stuart. 2004. Coverage provided by the Global Protected-Area System: is it enough? *Bioscience* 54: 1081-1091.
- Brummitt, R. K. 1992. *Vascular plant families and genera*. Royal Botanic Gardens, Kew, Great Britain. 804 pp.
- Cervantes, M. 2007. Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México. In: Sánchez, O., M. Herzig, E. Peters, R. Márquez y L. Zambrano (eds.) *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México, D. F. pp. 37-67.
- CNA (Comisión Nacional del Agua). 1998. *Inventario de cuerpos de agua y humedales de México (escala 1:250 000)*. Subgerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. México, D. F.
- CNA (Comisión Nacional del Agua). 2008. *Estadísticas del agua en México*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F. 228 pp.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2007. *Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP)*. URL: <http://www.conanp.gob.mx/sinap/>.
- Cowardin, L. M., V. Carter, F. Focet y E. T. La Roe. 1979. *Classification of wetland and deepwater habitats of the United States*. Fish and Wildlife Service. U. S. Department of the Interior. Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office. Washington, D. C. 103 pp.
- Crisci, J. V., L. Katinas y P. Posadas. 2003. Biodiversity and conservation evaluations. In: Crisci, J. V., L. Katinas y P. Posadas (eds.). *Historical biogeography. An introduction*. Harvard University Press, London. pp. 160-173.
- Cronquist, A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press, New York. 1262 pp.

- Crow, G. E. 1993. Species diversity in aquatic angiosperms: latitudinal patterns. *Aquatic Botany* 44: 229-258.
- Dahlgren, R. T. M., H. T. Clifford y P. F. Yeo. 1985. The families of monocotyledons. Structure, evolution, and taxonomy. Springer-Verlag, New York. 520 pp.
- Dávila-Aranda, P., R. Lira-Saade y J. Valdés-Reyna. 2004. Endemic species of grasses in Mexico: a phytogeographic approach. *Biodiversity and Conservation* 13: 1101-1121.
- Fox, N. J. y L. E. Beckley. 2005. Priority areas for conservation of Western Australian coastal fishes: a comparison of hotspots, biogeographical and complementary approaches. *Biological Conservation* 125: 399-410.
- Getzner, M. 2001. Investigating public decisions about protecting wetlands. *Journal of Environmental Management* 64: 237-246.
- Giangrande, A. 2003. Biodiversity, conservation, and the "Taxonomic impediment". *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 13: 451-459.
- González-Elizondo, M. S., J. A. Tena-Flores, M. T. Alarcón-Herrera, E. Flores-Tavizón y N. Barajas-Acosta. 2005. An arsenic-tolerant new species of *Eleocharis* (Cyperaceae) from Chihuahua, Mexico. *Brittonia* 57: 150-154.
- González E., M. S., M. González E., J. A. Tena F., I. L. López E., A. A. Reznicek y N. Diego-Pérez. 2007. Sinopsis de *Scirpus* s.l. (Cyperaceae) para México. *Acta Botanica Mexicana* 82: 15-41.
- Gottgens, J. F. y R. H. Fortney. 2004. Neotropical wetlands: building links among scientists. *Wetland Ecology and Management* 12: 543-546.
- Green, A. J., J. Figuerola y M. I. Sánchez. 2002. Implications of waterbird ecology for the dispersal of aquatic organisms. *Acta Oecologica* 23:177-189.

- Gutiérrez B., C. 2006. Lista de especies de plantas acuáticas vasculares de la Península de Yucatán, México. *Polibotánica* 21: 75-87.
- Huidobro, L., J. J. Morrone, J. L. Villalobos y F. Álvarez. 2006. Distributional patterns of freshwater taxa (fishes, crustaceans and plants) from the Mexican transition zone. *Journal of Biogeography* 33: 731-741.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2007. Agenda estadística de los Estados Unidos Mexicanos. Aguascalientes, Aguascalientes. 252 pp.
- Jain, S. K. 1990. Conservation of aquatic plants. In: Gopal, B. (editor). Ecology and management of aquatic vegetation in the Indian subcontinent. Kluwer Academic Publishers. London. pp. 237-241.
- Johnson, D. M. 1986. Systematics of the New World species of *Marsilea* (Marsileaceae). *Systematic Botany Monographs* 11: 1-87.
- Jones, J. I., W. Li y S. C. Maberly. 2003. Area, altitude and aquatic plant diversity. *Ecography* 26: 411-420.
- Lacoult, P. y B. Freedman. 2005. Relationships between plants and environmental factors along a steep Himalayan altitudinal gradient. *Aquatic Botany* 84: 3-16.
- León, B. y K. Young. 1996. Aquatic plants of Peru: diversity, distribution and conservation. *Biodiversity and Conservation* 5: 1169-1190.
- Les, D. H., D. J. Crawford, R. T. Kimball, M. L. Moody y E. Landolt. 2003. Biogeography of discontinuously distributed hydrophytes: A molecular appraisal of intercontinental disjunctions. *International Journal of Plant Sciences* 164: 917-932.
- Linton, S. y R. Goulder. 2000. Botanical conservation value related to origin and management of ponds. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 10: 77-91.

- Lira, R., J. L. Villaseñor y E. Ortiz. 2002. A proposal for the conservation of the family Cucurbitaceae in Mexico. *Biodiversity and Conservation* 11: 1699-1720.
- Lot, A. 2004. Flora y vegetación de los humedales de agua dulce en la zona costera del Golfo de México. In: Caso, M., I. Pisanty y E. Ezcurra (comps.). *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México, D. F. pp. 521-553.
- Lot, A. y A. Novelo. 1990. Forested wetlands of Mexico. In: Lugo, A. E., M. Brinson y S. Brown (eds.). *Ecosystems of the world 15. Forested wetlands*. Elsevier. Amsterdam. pp. 287-298.
- Lot, A. y A. Novelo. 1992. Afinidades florísticas de las monocotiledóneas acuáticas mesoamericanas. *Tulane Studies in Zoology and Botany, Supplementary Publication* 1: 147-153.
- Lot, A., A. Novelo and C. P. Cowan. 1980. Hallazgo en México de una Euforbiácea acuática originaria de Sudamérica. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 39: 83-89.
- Lot, A., A. Novelo y P. Ramírez-García. 1986. Listados florísticos de México V. Angiospermas acuáticas mexicanas 1. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 60 pp.
- Lot, A., A. Novelo y P. Ramírez-García. 1993. Diversity of Mexican aquatic vascular plant flora. In: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological diversity of Mexico*. Oxford University Press, New York. pp. 577-591.
- Lot, A., A. Novelo, M. Olvera y P. Ramírez-García. 1999. Catálogo de angiospermas acuáticas de México. Hidrófitas estrictas emergentes, sumergidas y flotantes.

- Cuadernos 33. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 161 pp.
- Lot, A., F. Ramos y P. Ramírez-García. 2002. *Brasenia schreberi* J.F. Gmel. (Cabombaceae), un nuevo registro para Chihuahua, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 70: 87-88.
- Lugo, H. y C. Córdova. 2007. Geomorfología (NA III 2). In: Coll-Hurtado, A. (coordinador). Nuevo Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Margules, C. R., A. O. Nicholls y R. L. Pressey. 1988. Selecting networks of reserves to maximize biological diversity. Biological Conservation 43: 63-76.
- Margules, C. R. y R. L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. Nature 405: 243-253.
- Margules, C. R. y S. Sarkar. 2007. Systematic Conservation. Cambridge University Press. New York. 270 pp.
- Martínez, M. y A. García M. 2001. Flora y vegetación de localidades selectas del estado de Querétaro. Acta Botanica Mexicana 54: 1-23.
- McGlone, M. S., R. P. Duncan y P. B. Heenan. 2001. Endemism, species selection and the origin and distribution of the vascular plant flora of New Zealand. Journal of Biogeography 28: 199-216.
- Mickel, J. T. y A. R. Smith. 2004. The pteridophytes of Mexico. Memoirs of the New York Botanical Garden 88:1-1054.
- Miranda, F. y E. Hernández-X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México 28: 29-179.

- Mora-Olivo, A. y J. L. Villaseñor. 2007. Diversidad y distribución de la flora vascular acuática de Tamaulipas, México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 1: 511-527.
- Mora-Olivo, A., T. F. Daniel y M. Martínez. 2008. *Hygrophila polysperma* (Acanthaceae) una maleza acuática registrada por primera vez para la flora mexicana. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 265-269.
- Mora-Olivo, A. y G. Yatskievych. (Aceptado). *Salvinia molesta* in Mexico. *American Fern Journal*.
- Morrone, J. J. y J. V. Crisci. 1992. Aplicación de métodos filogenéticos y panbiogeográficos en la conservación de la biodiversidad biológica. *Evolutionary Biology* 6: 53-66.
- Morrone J. J. y D. Espinosa. 1998. La relevancia de los atlas biogeográficos para la conservación de la biodiversidad mexicana. *Ciencia* 49: 12-16.
- Novelo, A. 2006. Plantas acuáticas de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. *Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable, A.C. (ENDESU)*. Villahermosa, Tabasco. 260 pp.
- Novelo, A. y M. Martínez. 1989. *Hydrilla verticillata* (HYDROCHARITACEAE): problemática maleza acuática de reciente introducción en México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica*: 97-102.
- Novelo R., A. y C. T. Philbrick. 1997. Taxonomy of Mexican Podostemaceae. *Aquatic Botany* 57: 37-50.
- Oertli, B., D. A. Joye, E. Castella, R. Juge, D. Cambin y J.-B. Lachavanne. 2002. Does size matter? The relationship between pond and biodiversity. *Biological Conservation* 104: 59-70.

- Olmsted, I. 1993. Wetlands of México. In: Whigham, D., D. Dykyjová y S. Hejný (eds.). Wetlands of the world: inventory, ecology and management. Vol. 1. Kluwer Academic Publishers. London. pp. 637-677.
- Palacio-Prieto, J. L., G. Bocco, A. Velásquez, J. F. Mas, F. Takaki-Takaki, L. Luna-González, G. Gómez-Rodríguez, J. López-García, M. Palma M., I. Trejo V., A. Peralta H., J. Prado-Molina, A. Rodríguez-Aguilar, R. Mayorga-Saucedo y F. González M. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: Resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México 43: 183-203.
- Prance, G. T. 1994. The use of phytogeographic data for conservation planning. In: Forey, P.L., C. J. Humphries y R.I. Vane-Wright (eds.). Systematic and Conservation Evaluation. Systematics Association Special Volume 50. Clarendon Press. Oxford. pp. 145-163.
- Pressey, R. L. y A. O. Nicholls. 1989. Efficiency in conservation evaluation: scoring versus iterative approaches. Biological Conservation 50: 199-218.
- Pressey, R. L., C. J. Humphries, C. R. Margules, R. I. Vane-Wright y P. H. Williams. 1993. Beyond opportunism key principles for systematic reserve selection. Trends in Ecology and Evolution 8: 124-128.
- Primack, R., R. Rozzi y P. Feinsinger. 2001. Establecimiento de áreas protegidas. In: Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo. Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. pp. 449-475.

- Ramírez, C., M. Romero y M. Riveros. 1979. Habit, habitat, origin and geographical distribution of Chilean vascular hydrophytes. *Aquatic Botany* 7: 241-253.
- Ramos, L. J. y A. Novelo R. 1993. Vegetación y flora acuáticas de la laguna de Yuriria, Guanajuato, México. *Acta Botanica Mexicana* 25: 61-79.
- Ramsar (Convención de Ramsar sobre los humedales). 1996. Definición de "humedales" y sistema de clasificación de tipos de humedales de la Convención de Ramsar. Dwight Peck, Ramsar. URL: http://www.ramsar.org/ris/key_ris_types_s.htm.
- Ramsar (Convención de Ramsar sobre los humedales). 2008. The list of wetlands of international importance. The Secretariat of the Convention on Wetlands. Gland, Switzerland. 40 pp. URL: <http://www.ramsar.org/sitelist.doc>.
- Reed, P. B. Jr. 1988. National list of plant species that occur in wetlands: 1988 national summary. Biological Report 88. U. S. Fish and Wildlife Service. Washington, D. C. 244 pp.
- Rolon, A. S. y L. Maltchik. 2006. Environmental factors as predictors of aquatic macrophyte richness and composition in wetlands of southern Brazil. *Hydrobiologia* 556: 221-231.
- Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Editorial Limusa. México, D. F. 432 pp.
- Rzedowski, J. 1991. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: Una apreciación analítica preliminar. *Acta Botanica Mexicana* 15: 47-64.
- Sánchez S., R. 1986. Vegetación en galería y sus relaciones hidrogeomorfológicas. *Ingeniería Hidráulica en México* 1(3): 70-78.

- Sánchez, O., M. Herzig, E. Peters, R. Márquez y L. Zambrano (eds.). 2007. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México, D. F. 294 pp.
- Santamaría, L. 2002. Why are most aquatic plants widely distributed? Dispersal, clonal growth and small-scale heterogeneity in a stressful environment. *Acta Oecologica* 23: 137-154.
- Sculthorpe, C.D. 1985. The biology of aquatic vascular plants. Edward Arnold. Ltd., London. 610 pp.
- SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 1996. Programa Hidráulico 1995-2000. URL: <http://www.semarnap.gob.mx>.
- Siqueiros, M. E. 1989. Contribución a la flora acuática y subacuática de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes. 75 pp.
- Tiner, R. W. 1991. The concept of a hydrophyte for wetland identification. *Bioscience* 41: 236-247.
- Turpie, J. K. 1995. Priorizing South African estuaries for conservation: a practical example using waterbirds. *Biological Conservation* 74: 175-185.
- Vane-Wright, R. I., C. J. Humphries y P. H. Williams. 1991. What to protect? Systematics and the agony of choice. *Biological Conservation* 55: 235-254.
- Villaseñor, J. L., E. Ortiz y R. Redondo-Martínez. 2008. Catálogo de autores de plantas vasculares de México. Segunda edición. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Usos de la Biodiversidad. México, D. F. 69 pp.

- Villaseñor, J. L., G. Ibarra-Manríquez y D. Ocaña. 1998. Strategies for the conservation of Asteraceae in Mexico. *Conservation Biology* 12: 1066-1075.
- Villaseñor, J. L., J. A. Meave, E. Ortiz y G. Ibarra-Manríquez. 2003. Biogeografía y conservación de los bosques tropicales húmedos de México. In: Morrone, J. J. y J. Llorente B. (eds.). Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México, D. F. pp. 209-216.
- Villaseñor, J. L., E. Ortiz y R. Redondo-Martínez. 2008. Catálogo de autores de plantas vasculares de México. Segunda edición. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. 69 pp.
- Williams, P., D. Gibson, C. Margules, A. Rebelo, C. Humphries y R. Pressey. 1996. A comparison of richness hotspots, rarity hotspots, and complementarity areas for conserving diversity of British birds. *Conservation Biology* 10: 155-174.
- Williams, P., M. Whitfield, J. Biggs, S. Bray, G. Fox, P. Nicolet y D. Sear. 2003. Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in agricultural landscape in Southern England. *Biological Conservation* 115: 329-341.
- Whittaker, R. J., M. B. Araújo, P. J. Jepson, R. J. Ladle, J. E. M. Watson y K. J. Willis. 2005. Conservation biogeography: assessment and prospect. *Diversity and Distributions* 11: 3-23.

Cuadro 1. Tipos de humedales en México de acuerdo a su nivel de permanencia (los humedales permanentes poseen agua todo el tiempo, los temporales sólo tienen agua en alguna época del año) y riqueza de especies de hidrófitas estrictas vasculares que contienen. La superficie es la determinada por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 1988, 2008).

Tipo de humedal	Tipo de agua	Superficie (km ²)	Especies (%)
<i>Humedales permanentes</i>			
Lagunas y esteros	salobre	11,386.7	32 (13.3)
Lagos y presas	dulce	7,889.8	151 (62.9)
Ríos y arroyos	dulce	No disponible	123 (51.2)
<i>Humedales temporales</i>			
Lagunas y marismas	salobre	12,490.9	8 (3.3)
Lagos y presas	dulce	1,960.1	71 (29.6)
Ríos y arroyos	dulce	No disponible	32 (13.3)
Pantanos y zonas inundables	dulce	23,875.7	158 (65.8)

Cuadro 2. Riqueza de especies de hidrófitas estrictas vasculares en México y su distribución en los principales grupos taxonómicos.

Grupo	Familias	Géneros	Especies	Especies	
				Nativas	Introducidas
Helechos y plantas afines	6	7	18	17	1
Gimnospermas	1	1	1	1	0
Dicotiledóneas	30	46	90	82	8
Monocotiledóneas	25	52	131	127	4
Total	62	106	240	227	13

Cuadro 3. Estados de México mostrando la superficie de humedales (cuerpos de agua y vegetación hidrófila) reportada en el Inventario Forestal Nacional (Palacio-Prieto *et al.*, 2000), su riqueza total de especies de hidrófitas estrictas vasculares, el número de especies endémicas de México y de especies restringidas (conocidas solamente del estado).

No.	Estado	Superficie (km ²)	Total de especies	Especies introducidas	Especies endémicas	Especies restringidas
1	Aguascalientes	15	47	3	3	0
2	Baja California Norte	720	55	4	0	3
3	Baja California Sur	1,023	44	2	1	0
4	Campeche	3,963	78	2	0	2
5	Coahuila	466	50	2	0	0
6	Colima	155	52	3	2	0
7	Chiapas	2,073	111	4	2	1
8	Chihuahua	1,066	64	3	6	1
9	Distrito Federal	2	68	5	4	0
10	Durango	291	60	2	8	3
11	Guanajuato	191	58	3	5	0
12	Guerrero	597	76	4	4	0
13	Hidalgo	114	83	5	4	0
14	Jalisco	1,321	123	5	13	2
15	México	152	92	6	6	2
16	Michoacán	921	115	5	8	2

Cuadro 3. Continuación

No.	Estado	Superficie (km ²)	Total de especies	Especies introducidas	Especies endémicas	Especies restringidas
17	Morelos	11	80	6	4	0
18	Nayarit	1,068	78	2	5	0
19	Nuevo León	133	34	3	0	0
20	Oaxaca	956	105	6	4	3
21	Puebla	105	68	4	1	0
21	Querétaro	23	72	3	6	0
23	Quintana Roo	4,397	62	2	0	1
24	San Luis Potosí	170	53	2	2	0
25	Sinaloa	1,710	48	2	3	0
26	Sonora	914	67	5	2	0
27	Tabasco	4,531	111	2	0	5
28	Tamaulipas	1,613	113	7	2	2
29	Tlaxcala	11	27	1	1	0
30	Veracruz	1,746	145	4	3	2
31	Yucatán	1,296	52	2	0	0
32	Zacatecas	71	35	3	1	0
	Total	31,825	240	13	20	29

Cuadro 4. Estados considerados prioritarios para la conservación de las especies de hidrófitas estrictas vasculares nativas de México. Las especies restringidas se conocen solamente de un estado.

No.	Estado	Número acumulado de especies	Complemento	Especies restringidas
1	Veracruz	141	86	2
2	Michoacán	177	52	2
3	Tabasco	186	41	5
4	Baja California Norte	197	30	3
5	Jalisco	206	21	2
6	Oaxaca	210	17	2
7	Durango	214	13	3
8	México	217	10	2
9	Campeche	220	7	2
10	Coahuila	223	4	0
11	Chiapas	225	2	1
12	Querétaro	226	1	0
13	Chihuahua	227	0	1
	Total	227	227	25

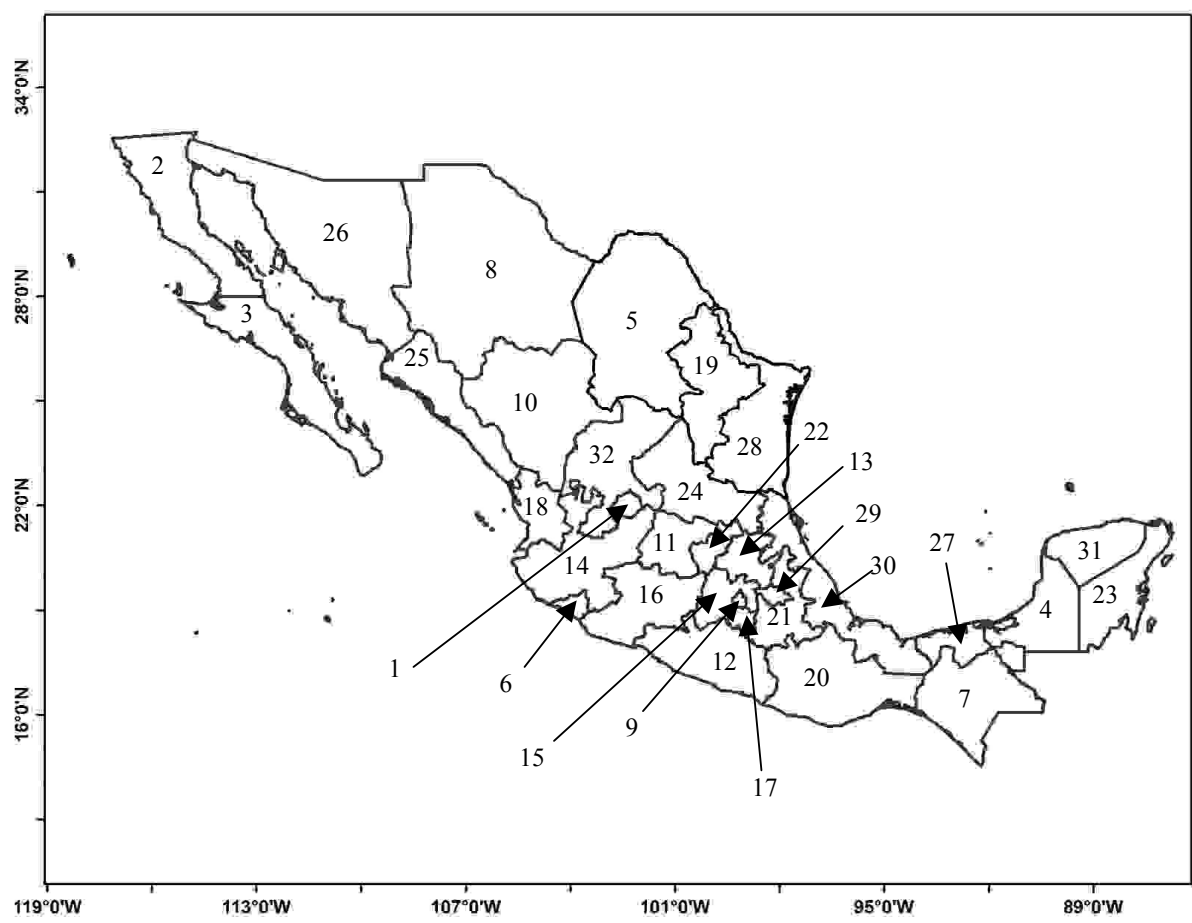


Fig. 1. División política de México. Los números corresponden a las entidades federativas y sus nombres se pueden consultar en el Cuadro 3.

APÉNDICE

Lista florística de las hidrófitas estrictas vasculares de México. Con un asterisco (*) se señalan las especies introducidas. Entre paréntesis se muestra el intervalo altitudinal de cada especie, el número 1 indica el intervalo 0-1,000 msnm, el número 2 indica el intervalo 1,001-4,000 msnm. AGS = Aguascalientes, BCN = Baja California Norte, BCS = Baja California Sur, CAM = Campeche, CHIS = Chiapas, CHIH = Chihuahua, COAH = Coahuila, COL = Colima, DFE = Distrito Federal, DGO = Durango, GTO = Guanajuato, GRO = Guerrero, HGO = Hidalgo, JAL = Jalisco, MEX = , MICH = , MOR = , NAY = , NLE = , OAX = , PUE = , QRO = , QROO = , SLP = , SIN = Sinaloa, SON = Sonora, TAB = Tabasco, TAMS = Tamaulipas, TLAX = Tlaxcala, VER = Veracruz, YUC = Yucatán, ZAC = Zacatecas.

I. Helechos y plantas afines

AZOLLACEAE

Azolla filiculoides Lam. (1) BCN, CHIH, DFE, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, OAX, PUE, QRO, SIN, TAB, VER.

Azolla microphylla Kaulf. (1, 2) AGS, BCN, BCS, CHIS, CHIH, DFE, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, SON, TAB, TAMS, TLAX, VER.

ISOETACEAE

Isoetes mexicana Underw. (2) CHIH, DFE, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, QRO.

MARSILEACEAE

Marsilea ancylopoda A. Braun (1, 2) AGS, CHIH, DGO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, NAY, OAX, QRO, TAMS.

Marsilea crotophora D.M. Johnson CAM, GRO, TAB, VER.

Marsilea deflexa A. Braun (1, 2) JAL, NAY, OAX, PUE, VER.

Marsilea macropoda Engelm ex A. Braun (1) COAH, HGO, NLE, TAMS.

Marsilea mollis B.L. Rob. & Fernald (1, 2) AGS, CHIS, CHIHDFE, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, QRO, SLP, SON, TAMS, VER.

Marsilea polycarpa Hook. & Grev. (1) GRO, JAL, NAY, TAB, VER.

Marsilea vestita Hook. & Grev. (1, 2) AGS, BCN, BCS, CHIS, CHIH, COAH, DFE, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, SON, TAMS, VER, ZAC.

Pilularia americana A. Braun (1,2) BCN.

PARKERIACEAE

Ceratopteris pteridoides (Hook.) Hieron. (1) CHIS, GRO, NAY, SIN, TAB, VER.

Ceratopteris thalictroides (L.) Brongn. (1) GRO, NAY, OAX, TAB, TAMS.

PTERIDACEAE

Acrostichum aureum L. (1) CAM, CHIS, GRO, NAY, OAX, QROO, TAB, TAMS, VER, YUC.

Acrostichum danaeifolium Langsd. & Fisch. (1) CAM, CHIS, COL, GRO, JAL, MICH, NAY, OAX, QRO, QROO, SLP, TAB, TAMS, VER, YUC.

SALVINIACEAE

Salvinia auriculata Aubl. (1) CAM, CHIS, GRO, MICH, OAX, QROO, TAB, TAMS, VER, YUC.

Salvinia minima Baker (1) CAM, CHIS, OAX, QROO, TAB, TAMS, VER, YUC.

**Salvinia molesta* D.S. Mitch. (1) BCN, SON.

II. Gimnospermas

TAXODIACEAE

Taxodium mucronatum Ten. (1, 2) AGS, CHIS, CHIH, COAH, COL, DFE, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, SON, TAB, TAMS, TLAX, VER, ZAC.

III. Plantas con flores

Monocotiledóneas

ALISMATACEAE

Echinodorus andrieuxii (Hook. & Arn.) Small (1, 2) CAM, CHIS, COL, GRO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, OAX, QROO, SIN, TAB, VER, YUC.

Echinodorus berteroi (Spreng.) Fassett. (1, 2) BCN, BCS, CHIH, COAH, COL, DGO, GRO, JAL, MICH, NAY, NLE, OAX, QRO, SLP, SIN, SON, TAMS, VER, YUC.

Echinodorus bolivianus (Rusby) Holm-Niels. (1) CHIS.

Echinodorus cordifolius (L.) Griseb. (1) CAM, TAMS, VER, YUC.

Echinodorus grandiflorus (Cham. & Schltdl.) Micheli (1) CHIS, DFE, TAB, TAMS, VER.

Echinodorus nymphaeifolius (Griseb.) Buchenau (1) CAM, QROO, YUC.

Echinodorus paniculatus Micheli (1) CAM, CHIS, TAB, TAMS, VER.

Echinodorus tenellus (Mart. ex Schult. & Schult. f.) Buchenau (2) CHIS, VER.

Echinodorus virgatus (Hook. & Arn.) Micheli (1) NAY, VER.

Sagittaria demersa J.G. Sm. (2) AGS, CHIH, DGO, HGO, JAL, QRO.

Sagittaria guayanensis Kunth (1) CAM, CHIS, JAL, MEX, NAY, OAX, PUE, TAB, VER.

Sagittaria intermedia Micheli (1) CAM.

Sagittaria lancifolia L. (1, 2) AGS, CAM, CHIS, COL, GRO, JAL, MICH, NAY, OAX, QRO, QROO, TAB, TAMS, VER, YUC.

Sagittaria latifolia Willd. (1, 2) CAM, CHIS, DFE, DGO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, QRO, SIN, TAB, TAMS, TLAX, VER.

Sagittaria longiloba Engelm. ex J.G. Sm. (1, 2) AGS, BCN, BCS, DGO, GTO, HGO, JAL, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, QRO, SIN, SON, TAMS.

Sagittaria macrophylla Zucc. (2) DFE, HGO, JAL, MEX, MICH, SON, TLAX.

Sagittaria montevidensis Cham. & Schltdl. (1, 2) CHIS, CHIH, COAH, COL, JAL, MICH, NAY, SIN, SON, TAB.

Sagittaria platyphylla (Engelm.) J.G. Sm. (1, 2) MICH, NLE, TAMS.

AMARYLLIDACEAE

Crinum erubescens Aiton (1, 2) BCS, CAM, CHIS, COL, DFE, GRO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, QRO, QROO, TAB, TAMS, VER, YUC.

ARACEAE

Pistia stratiotes L. (1, 2) BCN, CAM, CHIS, COL, DFE, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, QROO, SIN, TAB, TAMS, VER, YUC.

ARECACEAE

Acoelorrhaphe wrightii (Griseb. & H. Wendl.) H. Wendl. ex Becc. (1) CAM, CHIS, QROO, TAB, TAMS, VER, YUC.

CANNACEAE

Canna glauca L. (1) CAM, CHIS, JAL, MOR, NAY, PUE, QROO, TAB, TAMS, VER, YUC.

CYMODOCEACEAE

Halodule wrightii Asch. (1) BCS, CAM, QROO, SIN, SON, TAB, TAMS, VER, YUC.

Syringodium filiforme Kütz. (1) CAM, QROO, TAMS, VER, YUC.

CYPERACEAE

Bolboschoenus maritimus (L.) Palla (1, 2) BCN, BCS, CHIH, COAH, COL, DFE, DGO, MEX, MICH, SIN, SON, TAMS.

Bolboschoenus robustus (Pursh) Soják (1) TAB, TAMS, VER.

Cladium jamaicense Crantz (1, 2) CAM, CHIS, CHIH, COAH, COL, HGO, NLE, OAX, QRO, QROO, SLP, TAB, TAMS, VER, YUC.

Cyperus articulatus L. (1) BCS, CHIS, COL, DFE, GTO, GRO, HGO, JAL, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QROO, SLP, SIN, SON, TAB, TAMS, VER, YUC, ZAC.

Cyperus gardneri Nees (1) CAM.

Cyperus giganteus Vahl (1) CAM, CHIS, COL, JAL, MICH, OAX, PUE, QROO, TAB, TAMS, VER.

Eleocharis acicularis (L.) Roem. & Schult. (1, 2) AGS, BCN, CAM, CHIS, CHIH, DFE, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, OAX, PUE, QRO, QROO, SLP, SON, TAMS, TLAX, VER.

Eleocharis acutangula (Roxb.) Schult. (1, 2) CAM, CHIS, DGO, GRO, JAL, NAY, OAX, TAB, TAMS, VER, YUC.

Eleocharis arsenifera S. González, Tena & T. Alarcón (1) CHIH.

Eleocharis cellulosa Torr. (1) CAM, CHIS, COAH, GRO, JAL, MEX, NLE, QROO, TAB, TAMS, VER, YUC.

Eleocharis densa Benth. (1, 2) AGS, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, PUE, QRO, VER.

Eleocharis elegans (Kunth.) Roem. & Schult. (1, 2) CAM, CHIS, COL, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, QRO, QRO, SLP, SIN, SON, TAB, TAMS, VER.

Eleocharis interstincta (Vahl) Roem. & Schult. (1) CAM, CHIS, CHIH, COAH, COL, HGO, MOR, OAX, QRO, QROO, TAB, TAMS, VER, YUC.

Eleocharis mutata (L.) Roem. & Schult. (1, 2) CAM, CHIS, COL, DGO, GRO, JAL, MEX, NAY, OAX, QROO, TAB, TAMS, VER, YUC.

Eleocharis obtusetrigona (Lindl. & Nees) Steud. (1, 2) TAMS, VER.

Eleocharis plicarhachis Griseb. & Svenson (1) CHIS, TAB, VER, YUC.

Eleocharis quadrangulata (Michx.) Roem. & Schult. (1) DGO, JAL, MICH, NAY, TAMS.

Eleocharis reznicekii S. Elizondo, D.J. Rosen, R. Carter & P. Peterson (2) DGO.

Eleocharis yecorensis Roalson (1, 2) DGO, JAL, SON.

Oxycaryum cubense (Poepp. & Kunth) Palla (1, 2) CAM, CHIS, GTO, GRO, JAL, MICH, NAY, QROO, TAB, TAMS, VER, YUC.

Schoenoplectus acutus (Muhl. ex Bigelow) Á. Löve & D. Löve (1, 2) AGS, BCN, CHIH, COAH, MICH, NLE, SON, ZAC.

Schoenoplectus americanus (Pers.) Volkart ex Schinz & R. Keller (1, 2) BCAN, CHIS, CHIH, COAH, COL, DFE, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NLE, OAX, PUE, SIN, SON, TAMS, TLAX, VER.

Schoenoplectus californicus (C.A. Mey.) Soják (1, 2) BCN, BCS, CHIS, CHIH, COAH, COL, DFE, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SON, TAMS, TLAX, VER.

Schoenoplectus pungens (Vahl) Palla (1, 2) BCN, BCS, COAH, GTO, JAL, MICH, SON, TAMS, VER.

Schoenoplectus tabernaemontani (C.C. Gmel.) Palla (1, 2) CAM, CHIS, CHIH, COAH, COL, DFE, DGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, QROO, SON, TAB, TAMS, TLAX, VER, YUC.

ERIOCAULACEAE

Eriocaulon melanocephalum Kunth (1) TAB.

HYDROCHARITACEAE

**Egeria densa* Planch. (1, 2) AGS, DFE, HGO, JAL, MEX, MOR, NAY, OAX, QRO, VER, YUC.

Halophila decipiens Ostenf. (1) VER.

Halophila engelmannii Asch. (1) TAM, VER.

**Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle (1) TAM, NLE, SIN.

Limnobium laevigatum (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Heine (1, 2) DFE, HGO, MEX, MICH, SLP, TAB, VER.

Thalassia testudinum Banks & Sol. ex K.D. König (1) CAM, QROO, TAMS, VER, YUC.

Vallisneria americana Michx. (1, 2) CAM, MEX, MOR, QROO, TAB, TAMS, VER.

JUNCAGINACEAE

Triglochin maritima L. (1, 2) BCN, BCS, CHIH, DGO.

Triglochin mexicanum Kunth (2) BCS, DFE, GTO, MEX, MICH, PUE, TLAX.

LEMNACEAE

Lemna aequinoctialis Welw. (1, 2) AGS, BCN, BCS, CAM, CHIS, COAH, COL, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, OAX, QRO, QROO, SLP, SIN, SON, TAB, TAMS, VER, YUC, ZAC.

Lemna gibba L. (1, 2) AGS, BCN, BCS, CHIH, COAH, DFE, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, OAX, PUE, QRO, SLP, SON, TAMS, TLAX, VER, ZAC.

Lemna minuta Kunth (1, 2) AGS, BCN, BCS, CAM, CHIS, CHIH, COAH, DFE, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SON.

Lemna obscura (Austin) Daubs (1, 2) AGS, CHIS, DFE, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, PUE, TAB.

Lemna trisulca L. (2) BCN, BCS, DFE, HGO, MEX.

Lemna turionifera Landolt (2) BCN.

Lemna valdiviana Phil. (1, 2) BCN, BCS, CHIH, COAH, COL, DFE, DGO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, OAX, QROO, TAB.

Spirodela intermedia W. Koch (1) CHIS, TAB.

Spirodela polyrhiza (L.) Schleid. (1, 2) CHIS, CHIH, COL, DFE, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, NAY, OAX, QRO, SIN, SON, TAB, TAMS, VER, YUC.

Wolffia brasiliensis Wedd. (1, 2) AGS, CAM, CHIS, DFE, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, OAX, PUE, SLP, TAB, TAMS, YUC, ZAC.

Wolffia columbiana H. Karst. (1, 2) AGS, DFE, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, OAX, PUE, QRO, SIN, TAB, TAMS, TLAX, YUC.

Wolffiella gladiata (Hegelm.) Hegelm. (2) DFE, HGO, MEX.

Wolffiella lingulata (Hegelm.) Hegelm. (1, 2) CHIS, DFE, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, TAB, TAMS, VER.

Wolffiella oblonga (Phil.) Hegelm. (1, 2) DFE, HGO, MEX, TAB, VER.

Wolffiella welwitschii (Hegelm.) Monod (1) CHIS, MOR, TAB.

LILAEACEAE

Lilaea scilloides (Poir.) Hauman (1, 2) AGS, BCN, CHIH, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, PUE, QRO, TLAX, ZAC.

LIMNOCHARITACEAE

Hydrocleys nymphoides (Willd.) Buchenau (1) VER.

Hydrocleys parviflora Seub. (1) CHIS, VER.

Limnocharis flava (L.) Buchenau (1) CAM, CHIS, GRO, NAY, OAX, SIN, SON, TAB, VER.

Limnocharis laforestii Griseb. (1) CHIS, NAY, OAX, VER.

MARANTACEAE

Thalia geniculata L. (1,2) CAM, CHIS, COL, GRO, JAL, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, QROO, SLP, SIN, TAB, TAMS, VER, YUC.

MAYACACEAE

Mayaca fluviatilis Aubl. (1, 2) CHIS, JAL, MEX, MICH, NAY, TAB, VER.

NAJADACEAE

Najas guadalupensis (Spreng.) Magnus (1, 2) AGS, BCN, BCS, CAM, CHIS, CHIH, COAH, COL, DFE, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, SON, TAB, TAMS, VER, YUC.

Najas marina L. (1, 2) AGS, BCS, BCS, CAM, COAH, DGO, GRO, MICH, MOR, NAY, NLE, QROO, SIN, SON, TAMS, VER.

Najas wrightiana A. Braun (1) CAM, CHIS, QROO, TAB, TAMS, VER, YUC.

ORCHIDACEAE

Habenaria repens Nutt. (1, 2) CAM, CHIS, GRO, HGO, JAL, MICH, QRO, TAB, TAMS, VER.

POACEAE

Hymenachne amplexicaulis (Rudge) Nees (1, 2) CAM, CHIS, COL, GRO, JAL, MICH, NAY, NLE, OAX, QROO, SIN, TAB, TAMS, VER.

Leersia hexandra Sw. (1, 2) CAM, CHIS, COAH, DFE, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, TAB, TAMS, VER, ZAC.

Leptochloa aquatica Scribn. & Merr. (1) COL, GRO, JAL, MICH, MOR, NAY, SIN ZAC.

Luziola fluitans (Michx.) Terrell & H. Rob. (1, 2) AGS, CHIH, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, NAY, QRO, ZAC.

Panicum elephantipes Nees ex Trin. (1, 2) COL, DFE, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, QROO, TAB, ZAC.

Paspalidium geminatum (Forssk.) Stapf (1, 2) AGS, BCN, BCS, CAM, CHIS, COAH, COL, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, QROO, SLP, SIN, SON, TAB, TAMS, TLAX, VER, YUC, ZAC.

Paspalum acuminatum Raddi (1, 2) MICH, MOR, PUE, TAB, TAMS, VER.

Paspalum longicuspe Nash (1, 2) CHIS, GRO, JAL, MICH, MOR, NAY, OAX, SIN, VER.

Paspalum repens P.J. Bergius (1) CAM, CHIS, GRO, TAB, VER.

Spartina alterniflora Loisel. (1) TAMS, VER.

PONTEDERIACEAE

Eichhornia azurea (Sw.) Kunth (1) COL, GRO, JAL, MICH, OAX, SON, TAB, VER.

**Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (1, 2) AGS, BCN, CAM, CHIS, COAH, COL, DFE, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, QROO, SLP, SIN, SON, TAB, TAMS, VER, YUC, ZAC.

Eichhornia heterosperma Alexander (1) TAB, CHIS.

Eichhornia paniculata (Spreng.) Solms (1) OAX, VER.

Heteranthera dubia (Jacq.) MacMill. (1, 2) CAM, CHIH, COAH, DGO, HGO, JAL, NAY, OAX, QROO, SLP, SON, TAB, TAMS, VER.

Heteranthera limosa (Sw.) Willd. (1, 2) AGS, CHIS, CHIH, COAH, COL, DFE, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, QRO, QROO, SLP, SIN, SON, TAMS, VER, YUC, ZAC.

Heteranthera mexicana S. Watson (1) COAH, QRO, QROO, TAMS, YUC.

Heteranthera oblongifolia C. Mart. ex Roem. & Schult. (1) OAX.

Heteranthera peduncularis Benth. (1, 2) AGS, CHIH, DFE, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, QRO, SLP, VER, ZAC.

Heteranthera reniformis Ruiz & Pav. (1, 2) CHIS, COAH, COL, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, QRO, SLP, TAB, TAMS, VER.

Heteranthera rotundifolia (Kunth) Griseb. (1, 2) AGS, CHIS, CHIH, COAH, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, SON, TAMS, VER, YUC, ZAC.

Heteranthera seubertiana Solms (1) CHIS, QROO, YUC.

Heteranthera spicata C. Presl (1) JAL.

Pontederia rotundifolia L. f. (1) GRO, MOR, OAX, TAB, VER.

Pontederia sagittata C. Presl (1, 2) CAM, CHIS, GRO, MICH, OAX, PUE, QROO, TAB, VER.

POTAMOGETONACEAE

Potamogeton amplifolius Tuck. (2) MICH.

* *Potamogeton crispus* L. (1, 2) CHIH, GRO, JAL, MEX, MICH, MOR, PUE, SLP.

Potamogeton diversifolius Raf. (2) AGS, CHIH, COAH, GTO, JAL, MICH, NAY, QRO, SLP, SON.

Potamogeton foliosus Raf. (1, 2) AGS, BCN, BCS, CHIH, COL, DFE, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, OAX, PUE, QRO, SLP, SON, TAB, TAMS, VER, ZAC.

Potamogeton illinoensis Morong (1, 2) BCN, BCS, CAM, CHIS, CHIH, COAH, DFE, DGO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, QRO, QROO, SLP, TAB, TAMS, VER.

Potamogeton natans L. (1, 2) BCN, DFE, MICH.

Potamogeton nodosus Poir. (1, 2) AGS, BCN, CAM, CHIS, CHIH, COAH, COL, DFE, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SON, TAB, TAMS, TLAX, VER, ZAC.

Potamogeton praelongus Wulfen (2) MEX.

Potamogeton pusillus L. (1, 2) AGS, BCN, CHIS, CHIH, COL, DFE, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, PUE, QRO, SLP, SON, TAMS, VER, ZAC.

Stuckenia pectinata (L.) Börner (1, 2) BCN, BCS, CAM, COAH, COL, DFE, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, SON, TAMS, TLAX, VER.

Stuckenia striata (Ruiz & Pav.) Holub (1, 2) COAH, GTO, GRO, JAL, MICH, NAY, QRO, SON, TAMS, VER.

RUPPIACEAE

Ruppia didyma Sw. ex Wikstr. (1) COL, JAL, NAY, OAX, SIN, YUC.

Ruppia maritima L. (1, 2) BCN, BCS, CAM, CHIS, COAH, COL, DFE, GRO, JAL, MEX, MOR, NAY, OAX, PUE, QROO, SLP, SIN, SON, TAB, TAMS, VER, YUC.

SPARGANIACEAE

Sparganium americanum Nutt. (2) DGO.

Sparganium eurycarpum Engelm. (2) BCN, MEX.

TYPHACEAE

Typha domingensis Pers. (1, 2) AGS, BCN, BCS, CAM, CHIS, CHIH, COAH, COL, DFE, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, QROO, SLP, SIN, SON, TAB, TAMS, TLAX, VER, YUC, ZAC.

Typha latifolia L. (2) AGS, BCN, BCS, CAM, CHIS, CHIH, COAH, COL, DFE, DGO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, SIN, SON, TAB, TAMS, TLAX, VER.

ZANNICHELLIACEAE

Zannichellia palustris L. (1, 2) AGS, BCN, BCS, CHIH, COAH, DFE, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NLE, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, SON, TAMS, VER, ZAC.

ZOSTERACEAE

Phyllospadix scouleri Hook. (1) BCN, BCS.

Phyllospadix torreyi S. Watson (1) BCN, BCS.

Zostera marina L. (1) BCN, BCS, SIN, SON.

Dicotiledóneas

ACANTHACEAE

**Hygrophila polysperma* (Roxb.) T. Anderson (1) TAMS.

Justicia americana Vahl (1) CHIH, COAH.

AMARANTHACEAE

**Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. (1) TAMS.

ANNONACEAE

Annona glabra L. (1) CAM, COL, GRO, JAL, NAY, OAX, QROO, TAB, TAMS, VER, YUC.

APIACEAE

Berula erecta (Huds.) Coville (1, 2) AGS, BCN, CHIS, CHIH, COAH, DFE, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NLE, OAX, PUE, QRO, SON, TLAX, VER, ZAC.

Hydrocotyle ranunculoides L. f. (2) AGS, BCN, BCS, CHIH, COAH, DFE, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, OAX, PUE, QRO, SLP, SON, TLAX, VER, ZAC.

Lilaeopsis schaffneriana (Schltdl.) J.M. Coult. & Rose (1, 2) AGS, CHIH, COAH, DFE, DGO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NLE, PUE, QRO, SLP, SON, TAMS, TLAX, VER, ZAC.

ASTERACEAE

Erigeron heteromorphus B.L. Rob. (1) QRO, SLP.

Gymnocoronis latifolia Hook & Arn. (1) CAM, CHIS, NAY, TAB, TAMS, VER.

Hydropectis aquatica (S. Watson) Rydb. (2) CHIH, DGO.

Jaegeria glabra (S. Watson) B.L. Rob. (2) AGS, CHIH, DFE, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, QRO.

Jaegeria purpurascens B.L. Rob. (2) DGO, JAL, QRO.

Olivaea tricuspis Sch. Bip. (2) AGS, GTO, JAL, MEX, MICH.

Tagetes epapposa B.L. Turner (2) DGO.

BOMBACACEAE

Pachira aquatica Aubl. (1, 2) CAM, CHIS, GRO, MICH, NAY, OAX, PUE, QROO, SIN, TAB, VER, YUC.

BRASSICACEAE

**Nasturtium officinale* R. Br. (1, 2) AGS, BCN, BCS, CHIS, CHIH, COAH, COL, DFE, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NLE, OAX, PUE, QRO, SON, TAMS, TLAX, VER, ZAC.

CABOMBACEAE

Brasenia schreberi J.F. Gmel. (2) CHIS, CHIH, JAL, MICH, SLP, TAB.

Cabomba palaeformis Fassett (1, 2) CAM, CHIS, MEX, MOR, OAX, QROO, SLP, TAB, TAMS, VER.

CALLITRICHACEAE

Callitriche heterophylla Pursh (1, 2) AGS, BCN, CHIS, CHIH, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, OAX, PUE, QRO, SLP, SON, VER, ZAC.

CERATOPHYLLACEAE

Ceratophyllum demersum L. (1, 2) BCN, BCS, CAM, CHIS, COAH, COL, DFE, DGO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, SON, TAB, TAMS, TLAX, VER.

Ceratophyllum muricatum Cham. (1, 2) CHIS, COL, DFE, GRO, JAL, OAX, TAB, VER.

COMBRETACEAE

Laguncularia racemosa (L.) C.F. Gaertn. (1) BCS, CAM, CHIS, COL, GRO, JAL, MICH, NAY, OAX, QROO, SIN, SON, TAB, TAMS, VER, YUC.

CRASSULACEAE

Crassula saginoides (Maxim.) M. Bywater & Wickens (1, 2) AGS, BCS, DFE, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, QRO.

ELATINACEAE

**Bergia capensis* L. (1) OAX.

Bergia texana (Hook.) Seub. ex Walp. (1) BCN, BCS, NLE, SIN, SON, TAMS.

Elatine brachysperma A. Gray (2) AGS, BCN, CHIS, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, OAX, QRO, SLP, SON.

Elatine californica A. Gray (2) BCN.

EUPHORBIACEAE

Phyllanthus fluitans Benth. ex Müll. Arg. (1) TAB.

HALORAGACEAE

**Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. (1, 2) CHIS, DFE, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, OAX, SON, TAMS, ZAC.

Myriophyllum farwellii Morong (2) MICH.

Myriophyllum heterophyllum Michx. (1, 2) CAM, CHIS, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, VER.

Myriophyllum hippuroides Nutt. ex Torr. & A. Gray (1, 2) CHIH, MEX, MICH, MOR, QRO, TAMS.

Myriophyllum pinnatum (Walter) Britton, Sterns & Poggenb. (2) CHIH, MICH.

Myriophyllum quitense Kunth (2) MEX.

Myriophyllum sibiricum Kom. (1) BCN, CHIH, SON.

Proserpinaca palustris L. (2) CHIS, VER.

Proserpinaca pectinata Lam. (1) TAB.

LENTIBULARIACEAE

Utricularia foliosa L. (1, 2) CAM, CHIS, GTO, GRO, JAL, OAX, QRO, QROO, TAB, TAMS, VER.

Utricularia gibba L. (1, 2) CAM, CHIS, CHIH, COAH, DFE, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, PUE, QRO, QROO, SLP, SON, TAB, TAMS, VER, YUC, ZAC.

Utricularia hydrocarpa Vahl (1) TAB.

Utricularia macrorhiza Leconte (2) BCS, COAH, DFE, MEX, MICH, PUE.

Utricularia perversa P. Taylor (2) CHIH, GTO, HGO, JAL, MEX, OAX, QRO.

Utricularia purpurea Walter (1) QROO, TAB.

Utricularia radiata Small (2) TAB.

LOBELIACEAE

Lobelia purpusii Brandege (1, 2) CHIS, DGO, PUE, QRO, SLP, TAMS, VER.

LYTHRACEAE

Rotala mexicana Schltld. & Cham. (1, 2) CAM, CHIS, CHIH, GRO, QRO, VER.

MENYANTHACEAE

Nymphoides fallax Ornduff (1, 2) AGS, CHIS, CHIH, DFE, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, NAY, OAX, PUE, QRO, TLAX, VER, ZAC.

Nymphoides indica (L.) Kuntze (1, 2) CAM, CHIS, COL, GRO, HGO, JAL, MICH, NAY, QRO, QROO, TAB, TAMS, VER, YUC.

MIMOSACEAE

Neptunia natans (L. f.) Druce (1) CAM, CHIS, GRO, JAL, MICH, MOR, NAY, OAX, SIN, TAB, TAMS, VER.

NELUMBONACEAE

Nelumbo lutea Willd. (1) CAM, CHIS, JAL, NAY, QROO, TAB, TAMS, VER.

NYMPHAEACEAE

Nuphar advena (Aiton) W.T. Aiton (1) COAH, NLE, TAMS, VER

Nymphaea amazonum Mart. & Zucc. (1) CAM, CHIS, OAX, TAB, TAMS.

Nymphaea ampla (Salisb.) DC. (1, 2) CAM, CHIS, COAH, COL, GRO, JAL, MICH, NAY, NLE, OAX, PUE, QRO, QROO, SLP, SON, TAB, TAMS, VER, YUC.

**Nymphaea capensis* Thunb. (1) QROO.

Nymphaea conardii Wiersema (1) CAM, CHIS, OAX, TAB, VER.

Nymphaea elegans Hook. (1) BCS, GRO, HGO, JAL, MOR, NAY, NLE, OAX, QROO, SIN, SON, TAMS, VER.

Nymphaea gracilis Zucc. (2) AGS, DFE, DGO, GTO, JAL, MEX, MICH, OAX.

Nymphaea jamesoniana Planch. (1) CAM, CHIS, GRO, JAL, OAX, QROO, TAB, TAMS, VER.

Nymphaea mexicana Zucc. (1, 2) DFE, HGO, MEX, MICH, NLE, OAX, SON, TAMS, VER.

Nymphaea novogranatensis Wiersema (1) OAX.

Nymphaea odorata Aiton (2) DFE, DGO, HGO, MEX, MICH, SON, VER.

Nymphaea prolifera Wiersema (1) TAB, VER.

Nymphaea pulchella DC. (1, 2) CAM, GRO, JAL, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, QROO, TAB, YUC, ZAC.

ONAGRACEAE

Ludwigia adscendens (L.) H. Hara (1, 2) HGO, JAL, MICH, TAMS, VER.

Ludwigia helminthorrhiza (Mart.) H. Hara (1) CHIS, GRO, JAL, NAY, OAX, TAB.

Ludwigia inclinata (L. f.) M. Gómez (1) CHIS, GRO, OAX, TAB, VER.

Ludwigia palustris (L.) Elliott (1, 2) CHIS, CHIH, DFE, DGO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NLE, QROO, SLP, SIN, SON, TAB, TAMS, VER.

Ludwigia peploides (Kunth) P.H. Raven (1, 2) AGS, BCN, BCS, CAM, CHIS, CHIH, COL, DFE, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, OAX, PUE, QRO, QROO, SLP, SIN, SON, TAB, TAMS, TLAX, VER, ZAC.

Ludwigia repens J.R. Forst. (1, 2) CHIH, COAH, JAL, MEX, MICH, MOR, PUE, QRO, SLP, TAMS, VER, ZAC.

Ludwigia sedoides (Bonpl.) H. Hara (1) CAM, CHIS, TAB, VER, AGS.

Ludwigia torulosa (Arn.) H. Hara (1) TAB, VER.

PODOSTEMACEAE

Marathrum minutiflorum Engl. (1, 2) CHIS, OAX, TAB, VER.

Marathrum rubrum Novelo & C.T. Philbrick (1) GRO, JAL.

Marathrum schiedeanum Cham. (1) CHIS, COL, GRO, JAL, MICH, MOR, NAY, OAX, VER.

Marathrum tenue Liebm. (1, 2) CHIS, MOR, OAX, PUE, VER.

Oserya coulteriana Tul. (1, 2) BCS, CHIH, COL, GRO, JAL, MICH, MOR, NAY, SIN, SON, TAMS.

Oserya longifolia Novelo & C.T. Philbrick (1) JAL.

Podostemum rutifolium Warm. (1, 2)

Tristicha trifaria (Bory ex Willd.) Spreng. (1, 2) CHIS, COL, GRO, HGO, JAL, MEX, MOR, NAY, OAX, PUE, SLP, TAB, TAMS, VER, ZAC.

Vanroyenella plumosa Novelo & C.T. Philbrick (1) JAL, OAX.

POLYGONACEAE

Polygonum acuminatum Kunth (1, 2) CAM, CHIS, GRO, MOR, QROO, TAB, TAMS, VER.

**Polygonum amphibium* L. (2) BCN, BCS, CHIH, DFE, HGO, MEX, MICH, MOR, PUE, SON.

RANUNCULACEAE

Ranunculus cymbalaria Pursh (1, 2) AGS, BCN, CHIH, COAH, DFE, DGO, GTO, HGO, MEX, MICH, MOR, PUE, QRO, SLP, TLAX, VER.

Ranunculus flagelliformis Sm. (2) CHIS, HGO, OAX, PUE.

Ranunculus hydrocharoides A. Gray (2) BCN, BCS, CHIS, CHIH, DFE, DGO, GTO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, QRO, SLP, SON, TLAX, VER, ZAC.

Ranunculus trichophyllus Chaix ex Vill. (2) BCN, CHIH, COAH, DFE, DGO, HGO, MEX, MOR, SON, TLAX, VER.

RHIZOPHORACEAE

Rhizophora mangle L. (1) BCN, BCS, CAM, CHIS, COL, GRO, JAL, MICH, NAY, OAX, QROO, SIN, SON, TAB, TAMS, VER, YUC.

SCROPHULARIACEAE

Benjaminia reflexa (Benth.) D'Arcy (1) QROO, TAB, VER.

SOLANACEAE

Solanum tampicense Dunal (1) CAM, CHIS, GRO, JAL, NAY, OAX, TAB, TAMS, VER, YUC.

SPHENOCLEACEAE

**Sphenoclea zeylanica* Gaertn. (1) CAM, CHIS, COL, GRO, OAX, TAB, TAMS, VER.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES

El objetivo principal de este trabajo fue analizar los patrones de riqueza y distribución de las plantas vasculares acuáticas mexicanas, con especial énfasis en Tamaulipas, para generar propuestas de conservación para sus humedales y su riqueza florística asociada. Dado que los ecosistemas acuáticos mexicanos se encuentran actualmente amenazados (Olmsted, 1993; Sánchez et al., 2007) y que existen pocas áreas naturales protegidas en estos ambientes (CONANP, 2008), se consideró oportuno llevar a cabo estudios sobre la flora acuática que permitieran contar con elementos para proponer estrategias de conservación de humedales.

En una primera fase se estudiaron las hidrófitas vasculares del estado de Tamaulipas por varias razones. De las 32 entidades federativas en que se divide México, Tamaulipas es la que tiene la mayor proporción de cuerpos de agua en su territorio, después de Tabasco (Palacio-Prieto et al., 2000), algunos de ellos considerados de importancia internacional, como la Laguna Madre (Ramsar, 2008). En su trabajo sobre la vegetación de México, Rzedowski (1978) señala al sureste de Tamaulipas como uno de los sitios con mayor concentración de vegetación acuática. Desde el punto de vista biogeográfico, Tamaulipas es de especial relevancia por la confluencia de los reinos neártico y neotropical y de tres provincias florísticas (Rzedowski, 1978), además de contar con una biodiversidad tal que permite que gran parte de su superficie sea identificada como la Provincia Biótica o Biogeográfica Tamaulipeca (Dice, 1943, CONABIO, 1998; Morrone et al., 2002). Las características mencionadas, aunadas a un trabajo extensivo realizado en años recientes en diferentes cuerpos de agua de Tamaulipas (Mora-Olivo, 1988, 2001; Mora-Olivo y Novelo, 2005), ubicaron a esta entidad como un candidato idóneo para iniciar un estudio de la diversidad y distribución de la flora acuática de México.

Los resultados obtenidos en el capítulo 2 de este trabajo (Mora-Olivo y Villaseñor, 2007), indican que Tamaulipas posee una riqueza de 426 especies de plantas vasculares acuáticas, lo que corresponde a 57% de toda la diversidad de hidrófitas reconocidas para México por Lot et al. (1999). Hasta ahora, la flora acuática de Tamaulipas es más diversa que la de los otros dos estados que de igual forma han publicado un inventario de sus plantas acuáticas, Aguascalientes (Siqueiros, 1989) y Morelos (Bonilla-Barbosa et al., 2000); sin embargo, Morelos tiene una densidad de especies ligeramente superior a Tamaulipas si se considera la superficie de humedales reportada por Palacio-Prieto et al. (2000) (Cuadro 1). Aunque datos preliminares (Mora-Olivo y Villaseñor, datos no publicados) indican que

Tamaulipas ocupa el quinto lugar en México, de acuerdo con su riqueza de hidrófitas vasculares, no será hasta que se haya explorado e identificado la flora asociada a los humedales de todo el país, que se podrá conocer con precisión la posición jerárquica de Tamaulipas y el resto de las entidades federativas del país.

La distribución de la mayor parte de las especies asociadas a humedales en Tamaulipas es amplia (cosmopolitas o pantropicales); por el contrario, las especies endémicas del país son escasas (2.1%). Este patrón se observa igualmente para plantas acuáticas de otras regiones de México, como Querétaro (Martínez y García, 2001) y Baja California Sur (León de la Luz, 2006) y del mundo, como Perú (León y Young, 1996) y Nueva Zelanda (McGlone et al., 2001). La distribución actual de las hidrófitas de Tamaulipas obedece a diversas razones. La situación geográfica y las condiciones ambientales del estado favorecen la presencia de casi todos los tipos de ecosistemas acuáticos que existen en el mundo; estos varían desde los marinos y salobres, hasta los de agua dulce, desde humedales característicos de la planicie costera, hasta los subalpinos situados por encima de los 3,000 msnm. Por otro lado, la confluencia de los reinos neártico y neotropical en este estado, permite la presencia de especies que tienen su límite de distribución boreal (13 especies) y meridional (39 especies) en esta región de México. La influencia antropogénica ha contribuido, además, a la distribución de especies exóticas en Tamaulipas; al menos 36 especies fueron introducidas en esta región en distintos periodos de tiempo, algunas de ellas en fechas recientes, como *Hygrophila polysperma* (Mora-Olivo et al., 2008a), nativa de Asia y *Alternanthera philoxeroides* (Mora-Olivo, datos no publicados) originaria de Sudamérica. Al igual que en otras regiones del mundo (Santamaría, 2002), la mayoría de las plantas asociadas a humedales en Tamaulipas, tienen una distribución estrechamente relacionada con aves acuáticas que dispersan semillas y otros propágulos a través de sus rutas migratorias (Mora-Olivo y Garza, en preparación).

En la segunda fase de este estudio (capítulo 3, Mora-Olivo et al., 2008b), se analizaron los patrones de riqueza y distribución de las 93 especies nativas de plantas vasculares acuáticas estrictas de Tamaulipas, ubicadas en las distintas cuencas hidrológicas del estado. Los resultados mostraron que los ambientes lénticos (con aguas de lento o nulo movimiento) son más diversos que los lóticos (con aguas de corriente), lo cual obedece en parte a que la mayor superficie del estado pertenece a la Provincia de la Planicie Costera del Noreste (Rzedowski, 1978), donde una gran cantidad de áreas con drenaje deficiente favorecen la presencia de

lagunas, marismas y cuerpos de agua temporales. Un resultado interesante fue observar que, con excepción de la zona del Altiplano (Cuenca del Río Tula), en el resto de Tamaulipas la riqueza de especies disminuye conforme aumenta la latitud, por lo que la cuenca con mayor número de especies es la del Río Tamesí (80.6% del total) que se ubica en el sur del estado. Otros estudios, como los de Duarte y Kalff (1987) en Canadá y los de Rorslet (1991) en el norte de Europa, muestran resultados semejantes, donde la riqueza de plantas acuáticas es mayor en latitudes y altitudes inferiores. Heino (2001, 2002) encontró resultados similares con los patrones de riqueza y distribución tanto de macrófitas (plantas acuáticas macroscópicas) como de peces y dos grupos de insectos acuáticos en la Península Escandinava. En este estudio no se determinó el patrón de riqueza con base en datos altitudinales; sin embargo, de manera general se observó que las cuencas y subcuencas ubicadas cerca de la costa tuvieron altos valores de riqueza de especies. El análisis de parsimonia de endemismos (PAE) con las 15 subcuencas en que se dividió el estado, reveló que la flora acuática estricta de Tamaulipas tiene un patrón de distribución anidado, lo que indica que todas las especies son parte de una misma unidad florística. En México el único antecedente acerca de la clasificación de áreas utilizando plantas acuáticas, es el de León de la Luz y Domínguez (2006), quienes mediante un análisis de agrupamiento por la disimilitud de la composición florística en 12 oasis de Baja California Sur, encontraron que se forman dos grupos, uno de estos corresponde a humedales bien conservados y el otro a ambientes acuáticos perturbados. Otro estudio realizado con hidrófitas de Dinamarca, Suecia, Noruega y Finlandia por Heino (2001), utilizando TWINSPLAN, mostró que las 78 provincias biogeográficas de los cuatro países se dividen en ocho grupos independientes, los cuales forman a su vez dos grupos relacionados de cuatro provincias cada uno. Por el momento no es posible comparar los resultados de este estudio (Mora-Olivo et al., 2008b) con los trabajos mencionados, debido a la diferencia de metodologías empleadas; sin embargo, se pretende realizar análisis posteriores mediante el uso de métodos multivariados.

En la tercera fase de este estudio (capítulo 4), con base en el análisis de la riqueza y distribución de las especies de hidrófitas vasculares estrictas de México, se identificaron las entidades federativas más relevantes para la conservación de los humedales del país y su flora asociada. Se consideró importante que previo a la identificación de sitios prioritarios para la conservación de humedales en Tamaulipas, se pudiera conocer la posición del estado con

respecto al resto de las entidades del país, tomando en cuenta la riqueza, el endemismo y la distribución de las plantas vasculares acuáticas estrictas. De todas las plantas vasculares acuáticas que existen en México, se seleccionaron las acuáticas estrictas por ser el grupo mejor conocido en la actualidad, en comparación con las subacuáticas y las tolerantes.

En este trabajo se presenta por primera vez un inventario de la flora vascular acuática estricta a nivel nacional, que incluye 240 especies. La cifra incrementa substancialmente el número de especies, tomando en cuenta que el antecedente más cercano era de 118 especies, pertenecientes a 24 familias de angiospermas acuáticas estrictas (Lot et al., 1999). A pesar de que las estimaciones de otros autores para el total de la flora acuática de México oscila entre 700 y 1,000 especies (Lot et al, 1993, 1999; Rzedowski, 1991a), Mora-Olivo y Villaseñor (datos no publicados) calculan que esta cifra debe de ser superior, ya que solamente entre las plantas subacuáticas y tolerantes existen poco más de 1,000 especies. Futuros estudios en diferentes estados de México, permitirán corroborar o modificar esta nueva propuesta.

México presenta una gran riqueza de plantas vasculares acuáticas estrictas, comparada con la de otros países tropicales; sin embargo, estos valores aparentemente son más altos en países templados, como Estados Unidos (Cuadro 2). Esta información es contraria a la idea generalizada de que las zonas tropicales son más diversas que las zonas templadas, algo que ya había sido señalado por Crow (1993). Es posible que la alta riqueza de México sea un resultado de su situación geográfica, que le permite tener humedales tanto en zonas tropicales como templadas. De cualquier manera, es recomendable contar con un criterio internacional consensuado para la definición de una planta acuática estricta, con el objeto de hacer comparaciones adecuadas entre la flora acuática de diferentes países.

Las plantas vasculares acuáticas estrictas en México no presentan una distribución uniforme. La mayor diversidad de especies se concentra en los estados costeros, destacando Veracruz, Tamaulipas y Tabasco en el Golfo de México y Jalisco, Michoacán y Chiapas en el Pacífico. La riqueza de hidrófitas estrictas por tipo de humedal también es variable. Los cuerpos de agua permanentes, dulceacuícolas, lénticos y de altitudes bajas, son lo que presentan los valores más altos de diversidad alfa; sin embargo, el resto de los ambientes no son menos importantes. Por ejemplo, los cuerpos de agua temporales contienen 31.3% de la riqueza total y poseen una flora especialmente adaptada a estos ambientes, con especies anuales o efímeras que no son características de humedales profundos y permanentes. Los

ambientes acuáticos de agua salobres no son muy diversos, aunque son de gran relevancia por el papel ecológico que tienen a lo largo de toda la franja costera, como es el caso de los manglares y de las comunidades de pastos marinos (Dawes, 1986; Touchette, 2007). Los ambientes lóticos incluyen en su flora acuática a especies especializadas para vivir en corrientes de agua, algunas de ellas endémicas, como ciertos los miembros de la familia Podostemaceae y *Erigeron heteromorphus* (Asteraceae). Los humedales de las zonas altas de México contienen solamente 17.1% de la flora vascular acuática estricta del país; sin embargo, incluyen 15 de las 20 especies endémicas de México. Los niveles de endemismo (8.3%) corresponden al patrón de distribución mundial de la flora acuática, pues se ha mencionado ampliamente que la plantas acuáticas tienen, en general, amplias áreas de distribución, con pocas especies restringidas (Santamaría, 2002; Les et al., 2003). Aún así, México presenta mayor número de especies endémicas a su territorio que otros países, como Perú con un 3.4% de endemismo en plantas acuáticas (León y Young, 1996). Por otra parte, 42.5% de la especies tiene su límite de distribución boreal o septentrional en México, algunas de las cuales aparecen de forma disyunta tanto en México como en Sudamérica. Como se puede observar, la flora vascular presente en los humedales mexicanos es muy notable, tanto por su riqueza específica como por sus patrones de distribución geográfica. Por lo tanto, es conveniente llevar a cabo estudios de corte biogeográfico, tanto desde el punto de vista ecológico como histórico, para encontrar posibles explicaciones a la riqueza, endemismo y distribución actual observada de las hidrófitas vasculares de México.

Trece entidades federativas de México concentran el 100% de las especies de plantas vasculares acuáticas estrictas. Estos estados, entre los que destacan Veracruz y Tabasco en la vertiente del Golfo de México y Baja California y Michoacán en la vertiente del Pacífico, son importantes para la conservación de la flora acuática del país por su riqueza de especies. Esto no significa que los 19 estados restantes no deberán establecer estrategias de conservación de sus humedales; por el contrario, una gran cantidad de especies de distribución restringida se localizan en varios de ellos y se encuentran fuertemente amenazadas por problemas de contaminación, desecación de cuerpos de agua y la presencia de especies exóticas (León de la Luz y Domínguez, 2006). Entre estas entidades destaca Tamaulipas como el estado que por el nivel de conocimiento de su flora acuática, motivó el desarrollo de un estudio de la diversidad y distribución de las plantas

acuáticas mexicanas como prototipo de conservación. A pesar de que en el análisis iterativo Tamaulipas no figuró como un estado prioritario para la conservación de ambientes acuáticos a nivel nacional, existen varios aspectos que lo sitúan como una entidad de interés para futuros estudios en materia de biogeografía y conservación. Tamaulipas tiene una riqueza de plantas vasculares acuáticas de 426 especies en sus humedales (Mora-Olivo y Villaseñor, 2007); de estas, 113 están catalogadas como acuáticas estrictas (Mora-Olivo et al., 2008b), cifra que representa casi el 50% de la riqueza total de la flora vascular acuática estricta de México. Diversas especies de distribución restringida se localizan en Tamaulipas, incluyendo a dos especies endémicas de México propias de ambientes lóticos (*Lobelia purpusii* y *Oserya coulteriana*) y a una gran cantidad de hidrófitas cuyo límite de distribución boreal y meridional está dentro de sus límites geográficos. Por otra parte, la presencia de siete especies introducidas en humedales de Tamaulipas, es una amenaza para la sobrevivencia de las plantas acuáticas nativas, tanto de este estado como de regiones adyacentes. Es importante implementar estrategias regionales y locales para la conservación de los humedales en esta entidad federativa, especialmente en aquellas áreas con altos niveles de riqueza y amenaza a su flora acuática, como el delta del río Tamesí.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- Abell, R. 2001. Conservation biology for the biodiversity crisis: a freshwater follow-up. *Conservation Biology* 16: 1435-1437.
- Arber, A. 1920. *Water plants, a study of aquatic angiosperms*. Cambridge University Press. Cambridge. 567 pp.
- Barrett, S. C. H., C. G. Echert y B. C. Husband. 1993. Evolutionary processes in aquatic plant populations. *Aquatic Botany* 44: 105-145.
- Bonilla-Barbosa, J. 2004. Flora acuática vascular. En: I. Luna, J. J. Morrone y D. Espinosa (editores). *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. Las Prensas de Ciencias, México, D. F. pp. 149-159.
- Bonilla-Barbosa, J., J. A. Viana-Lases y F. Salazar-Villegas. 2000. Listados florísticos de México. XX. Flora acuática de Morelos. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 29 pp.
- Borhidi, A. 2006. *Rubiáceas de México*. Akadémiai Kiadó. Budapest. 512 pp.
- Cabrera-Rodríguez, L. y J. L. Villaseñor. 1987. Revisión bibliográfica sobre el conocimiento de la familia Compositae en México. *Biotica* 12: 131-147.
- Cervantes, M. 2007. Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México. En: Sánchez, O., M. Herzig, E. Peters, R. Márquez y L. Zambrano (editores) *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México, D. F. pp. 37-67.
- Charalambidou, I. y L. Santamaría. 2002. Waterbirds as endozoochorous dispersers of aquatic organisms: a review of experimental evidence. *Acta Oecologica* 23: 165-176.
- Clausen, P., B. A. Nolet, A. D. Fox y M. Klaassen. 2002. Long-distance endozoochorous dispersal of submerged macrophyte seeds by migratory waterbirds in northern Europe –a critical review of possibilities and limitations. *Acta Oecologica* 23: 191-203.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1998. *La diversidad biológica de México: estudio de País, 1998*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 341 pp.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2008. *Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP)*. URL: <http://www.conanp.gob.mx/sinap/html>.
- Cook, C. D. K. 1974. *Water plants of the world: a manual for the identification of the genera of freshwater macrophytes*. Junk Publishers. The Hague. 561 pp.

- Cook, C. D. K. 1985. Range extensions of aquatic vascular plant species. *Journal of Aquatic Plant Management* 23: 1-6.
- Cook, C. D. K. 1987. Dispersion in aquatic and amphibian vascular plants. En: Crawford, R. M. M. (editor). *Plant life in aquatic and amphibious habitats*. Special Publication Number 5, British Ecological Society. Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp. 179-190.
- Cook, C. D. K. 1990. *Aquatic plant book*. SPB Academic Publishing. The Hague. 228 pp.
- Cook, C. D. K. 1996. *Aquatic plant book*. SPB Segunda Edición. Academic Publishing. Amsterdam y New York. 228 pp.
- Crow, G. E. 1993. Species diversity in aquatic angiosperms: Latitudinal patterns. *Aquatic Botany* 44: 229-258.
- Crow, G. E. y C. B. Hellquist. 2000. *Aquatic and wetland plants of Northeastern North America. Volume One. Pteridophytes, Gymnosperms, and Angiosperms: Dicotyledons*. The University of Wisconsin Press. Madison. 448 pp.
- Dawes, C. J. 1986. *Botánica marina*. Limusa. México, D. F. 673 pp.
- Deil, U. 2005. A review on habitats, plant traits and vegetation of ephemeral wetlands –a global perspective. *Phytocoenologia* 35: 533-706.
- Dice, L. R. 1943. *The biotic provinces of North America*. University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan. 78 pp.
- Duarte, C. M. y J. Kalff. 1987. Latitudinal influences on the depths of maximum colonization and maximum biomass of submerged angiosperms in lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 44: 1759-1764.
- Duran G., R. e I. Olmsted. 1987. *Listado florístico de la Reserva Sian ka'an*. Amigos de Sian Ka'an. Puerto Morelos, Q.R. 71 pp.
- Dutartre, A. y P. Capdevielle. 1982. Répartition actuelle de quelques végétaux vasculaires aquatiques introduits dans le sud-ouest de la France. En: Symoens, J. J., S. S. Hooper y P. Compère (editores). *Studies on aquatic vascular plants. Proceedings of the International Colloquium on Aquatic Vascular Plants (Brussels, 23-25 January, 1981)*. Royal Botanical Society of Belgium. Brussels. pp. 390-393.
- Ellison, A. M. 2004. Wetlands of Central America. *Wetlands, Ecology and Mangement* 12: 3-55.
- Figuerola, J. y A. Green. 2002. Dispersal of aquatic organisms by water-birds: a review of past research and priorities for future studies. *Freshwater Biology* 47:483-494.

- Fox, N. J. y L. E. Beckley. 2005. Priority areas for conservation of Western Australian coastal fishes: a comparison of hotspots, biogeographical and complementary approaches. *Biological Conservation* 125: 399-410.
- Fryxell, P. A. 1988. Malvaceae of Mexico. *Systematic Botany Monographs* 25: 1-522.
- González G., M. 1989. El género *Potamogeton* (Potamogetonaceae) en México. *Acta Botanica Mexicana* 6: 1-43.
- Gottgens, J. F. y R. H. Fortney. 2004. Neotropical wetlands: building links among scientists. *Wetlands, Ecology and Management* 12: 543-546.
- Green, A. J., J. Figuerola y M. I. Sánchez. 2002. Implications of waterbird ecology for the dispersal of aquatic organisms. *Acta Oecologica* 23: 177-189.
- Gutiérrez B., C. 2006. Lista de plantas acuáticas vasculares de la Península de Yucatán, México. *Polibotánica* 21: 75-87.
- Heino, J. 2001. Regional gradient analysis of freshwater biota: do similar biogeographic patterns exist among multiple taxonomic groups? *Journal of Biogeography* 28: 69-76.
- Heino, J. 2002. Concordance of species richness patterns among multiple freshwater taxa: a regional perspective. *Biodiversity and Conservation* 11: 137-147.
- Jain, S. K. 1990. Conservation of aquatic plants. En: Gopal, B. (editor). *Ecology and management of aquatic vegetation in the Indian subcontinent*. Kluwer Academic Publishers. London. pp. 237-241.
- Kita, Y. y M. Kato. 2004. Phylogenetic relationships between disjunctly occurring groups of *Tristicha trifaria* (Podostemaceae). *Journal of Biogeography* 31: 1605-1612.
- León De la Luz, J. L. y R. Domínguez C. 2006. Hydrophytes of the oases in the Sierra de la Giganta of Central Baja California Sur, Mexico: Floristic composition and conservation status. *Journal of Arid Environments* 67: 553-565.
- León, B. y K. R. Young. 1996. Aquatic plants of Peru: diversity, distribution and conservation. *Biodiversity and Conservation* 5: 1169-1190.
- Les, D. H., D. J. Crawford, R. T. Kimball, M. L. Moody y E. Landolt. 2003. Biogeography of discontinuously distributed hydrophytes: A molecular appraisal of intercontinental disjunctions. *International Journal of Plant Sciences* 164: 917-932.
- Linton, S. y R. Goulder. 2000. Botanical conservation value related to origin and management of ponds. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 10: 77-91.

- Lot, A. 1982. Tracheophyta. En: Hurlbert, S. H. y A. Villalobos-Figueroa (editores). Aquatic biota of Mexico, Central America and the West Indies. San Diego State University. San Diego, California. pp. 33-42.
- Lot, A., y A. Novelo. 1988. Vegetación y flora acuática del Lago de Pátzcuaro; Michoacán, México. *Southwestern Naturalist* 33: 167-175.
- Lot, A., A. Novelo y P. Ramírez-García. 1993. Diversity of Mexican aquatic vascular plant flora. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (editores). *Biological diversity of Mexico*. Oxford University Press, New York. pp. 577-591.
- Lot H., A., A. Novelo R., M. Olvera G. y P. Ramírez G. 1999. Catálogo de angiospermas acuáticas de México. Cuadernos 33. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. D. F. 161 pp.
- Lott, E. J. 1985. Listados florísticos de México III. La Estación de Biología Chamela, Jalisco, México. Instituto de Biología, UNAM, México. 47 pp.
- Madrigal G., M., A. Novelo R. y A. Chacón T. 2004. Flora y vegetación acuáticas del lago de Zirahuén, Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana* 68: 1-38.
- Martínez, M. y A. García M. 2001. Flora y vegetación de localidades selectas del estado de Querétaro. *Acta Botanica Mexicana* 54: 1-23.
- McGlone, M. S., R. P. Duncan y P. B. Heenan. 2001. Endemism, species selection and the origin and distribution of the vascular plant flora of New Zealand. *Journal of Biogeography* 28: 199-216.
- Médail, F. y R. Verlake. 1997. Ecological characteristics and rarity of endemic plants from southeast France and Corsica: implications for biodiversity conservation. *Biological Conservation* 80: 269-281.
- Mickel, J. T. y A. R. Smith. 2004. The pteridophytes of Mexico. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 88: 1-1054.
- Mitch, W. J. 2005. Applying science to conservation and restoration of the world's wetlands. *Water Science & Technology* 51: 13-28.
- Mitch, W. J. y J. G. Gosselink. 1993. *Wetlands*. Segunda Edición. Van Nostrand Reinhold. New York. 722 pp.
- Mora-Olivo, A. 1988. Plantas acuáticas y semiacuáticas de las lagunas del Chairel y Tancol, Tampico, Tamaulipas, México. Tesis Licenciatura, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad del Noreste. Tampico, Tam. 201 pp.

- Mora-Olivo, A. 2001. Informe Técnico Final del Proyecto S078 Flora vascular acuática de la cuenca del Río Tamesí. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria, Tam.. 25 pp.
- Mora-Olivo, A. y A. Novelo. 2005. La vegetación acuática y semiacuática. En: G. Sánchez-Ramos, P. Reyes-Castillo y R. Dirzo (editores). Historia natural de la Reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas, México. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Cd. Victoria, Tam., México. pp. 106-115.
- Mora-Olivo, A. y J. L. Villaseñor. 2007. Diversidad y distribución de la flora vascular acuática de Tamaulipas, México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 1: 511-527.
- Mora-Olivo, A., T. F. Daniel y M. Martínez. 2008a. *Hygrophila polysperma* (Acanthaceae) una maleza acuática registrada por primera vez para la flora mexicana. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 265-269.
- Mora-Olivo, A., J. L. Villaseñor, I. Luna-Vega y J. J. Morrone. 2008b. Patrones de distribución de la flora vascular acuática estricta en el estado de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 435-448.
- Morrone, J.J., D. Espinosa O. y J. Llorente B. 2002. Mexican biogeographic provinces: preliminary scheme, general characterizations, and synonymies. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 85: 83-108.
- Novelo R., A. 2006. Plantas acuáticas de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla. *Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable A. C. México*, D. F. 260 pp.
- Novelo, A. y M. Martínez. 1989. *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae) problemática maleza acuática de reciente introducción en México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 58: 97-102.
- Novelo R., A. y C. T. Philbrick. 1997. Taxonomy of Mexican Podostemaceae. *Aquatic Botany* 57: 37-50.
- Olmsted, I. 1993. Wetlands of Mexico. En: Whigham, D., D. Dykyjová y S. Hejný (editores). *Wetlands of the world: inventory, ecology and management*. Vol. 1. Kluwer Academic Publishers. London. pp. 637-677.
- Palacio-Prieto, J. L., G. Bocco, A. Velásquez, J. F. Mas, F. Takaki-Takaki, L. Luna-González, G. Gómez-Rodríguez, J. López-García, M. Palma M., I. Trejo V., A. Peralta H., J. Prado-Molina, A. Rodríguez-Aguilar, R. Mayorga-Saucedo y F. González M. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: Resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México* 43: 183-203.

- Pérez-Arteaga, A. S. F. Jackson, E. Carrera y K. J. Gaston. 2005. Priority sites for wildfowl conservation in Mexico. *Animal Conservation* 8: 41-50.
- Pérez-García, B., R. Riba y D. M. Johnson. 1999. Pteridofitas. Familia Marsileaceae. *Flora de México* 6: 1-17.
- Prance, G. 2000. The failure of biogeographers to convey the conservation message. *Journal of Biogeography* 27: 51-53.
- Ramírez, C., M. Romero y M. Riveros. 1979. Habit, habitat, origin and geographical distribution of Chilean vascular hydrophytes. *Aquatic Botany* 7: 241-253.
- Ramos, L. J. y A. Novelo, R. 1993. Vegetación y flora acuáticas de la laguna de Yuriria, Guanajuato, México. *Acta Botanica Mexicana* 25: 61-79.
- Ramsar (Convención de Ramsar sobre los humedales). 2008. The list of wetlands of international importance. The Secretariat of the Convention on Wetlands. Gland, Switzerland. 40 pp. URL: <http://www.ramsar.org/sitelist.doc>.
- Reed, P. B., Jr. 1988. National list of plant species that occur in wetlands: 1988 national summary. Biological Report 88(24), U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. 244 pp.
- Rorslet, B. 1991. Principal determinants of aquatic macrophyte richness in northern European lakes. *Aquatic Botany* 39: 173-193.
- Roux, J.R., J. L. Nel, P. J. Ashton, A. R. Deacon, F. C. de Moor, D. Hardwick, L. Hill, C. J. Kleynhans, G. A. Maree, J. Moolman y R. J. Scholes. 2008. Designing protected areas to conserve riverine biodiversity: Lessons from a hypothetical redesign of the Kruger National Park. *Biological Conservation* 141: 100-117.
- Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Editorial Limusa. México, D. F. 432 pp.
- Rzedowski, J. 1991a. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botanica Mexicana* 14: 3-21.
- Rzedowski, J. 1991b. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: Una apreciación analítica preliminar. *Acta Botanica Mexicana* 15: 47-64
- Sánchez, O., M. Herzig, E. Peters, R. Márquez y L. Zambrano (editores). 2007. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México, D. F. 294 pp.
- Santamaría, L. 2002. Why are most aquatic plants widely distributed? Dispersal, clonal growth and small-scale heterogeneity in a stressful environment. *Acta Oecologica* 23: 137-154.

- Santamaría, L. y M. Klaassen. 2002. Waterbird-mediated dispersal of aquatic organisms: An introduction. *Acta Oecologica* 23: 115-119.
- Sawada, M., A. E. Viau y K. Gajewski. 2003. The biogeography of aquatic macrophytes in North America since the last glacial maximum. *Journal of Biogeography* 30: 999-1071.
- Scott, D. A. y M. Carbonell. 1987. Inventario de humedales de la región neotropical. Buró Internacional para el Estudio de las Aves Acuáticas (IWRB). Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (UICN). Cambridge. 714 pp.
- Sculthorpe, C. D. 1967. *The biology of aquatic vascular plants*. Edward Arnold. London. 610 pp.
- Siqueiros, M. E. 1989. Contribución a la flora acuática y subacuática de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes. 75 pp.
- Sosa, V. y P. Dávila. 1994. Una evaluación del conocimiento florístico de México. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 81: 749-757.
- Stuckey, R. L. 1993. Phytogeographical outline of aquatic and wetland angiosperms in continental eastern North America. *Aquatic Botany* 44: 259-301.
- Subramanyam, K. 1974. *Aquatic angiosperms: A systematic account of common Indian aquatic angiosperms*. Botanical Monograph No. 3. Council of scientific & Industrial Research. New Delhi. 190 pp.
- Symoens, J. J., S. S. Hooper y P. Compere (editores). *Studies on aquatic vascular plants: Proceedings of the International Colloquium on Aquatic Vascular Plants*. Royal Botanical Society of Belgium. Brussels. 424 pp.
- Teneb, E. A, L. A. Cavieres, M. J. Parra y A. Marticorena. 2004. Patrones geográficos de distribución de árboles y arbustos en la zona de transición climática mediterráneo-templada de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 51-71.
- Thorne, R.F. 1972. Major disjunctions in the geographic range of seed plants. *Quarterly Review of Biology* 47:365-411.
- Tiner, R. 1991. The concept of a hydrophyte for wetland identification. *Bioscience* 41: 236-247.
- Touchette, B. W. 2007. The biology and ecology of seagrasses. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 350: 1-2.

- Turner, B. L. 1997. The comps of Mexico. A systematic account of the family Asteraceae. VI. Tageteae and Anthemidae. *Phytologia Memoirs* 10: 1-93.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2008. Plants Database. Natural Resources Conservation Service.
[http://plants.usda.gov/java/wetland?txtparm=&category=sciname
&familycategory=all&duration=all&growthhabit=all&nativestatus=all&stateSelect=US&nat_wet_ind=OBL&wet_region=any&nreg_wet_status=OBL&sort=sciname&submit.x=43&submit.y=12](http://plants.usda.gov/java/wetland?txtparm=&category=sciname&familycategory=all&duration=all&growthhabit=all&nativestatus=all&stateSelect=US&nat_wet_ind=OBL&wet_region=any&nreg_wet_status=OBL&sort=sciname&submit.x=43&submit.y=12).
- Vane-Wright, R. I., C. J. Humphries y P. H. Williams. 1991. What to protect? Systematic and the agony of choice. *Biological Conservation* 55:235-254.
- Villaseñor, J. L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 105-135.
- Villaseñor, J. L. y G. Ibarra M. 1998. La riqueza arbórea de México. *Boletín IBUG* 5: 95-105.
- Villaseñor, J. L. y J. A. Villarreal. 2006. El género *Pluchea* (familia Asteraceae, tribu Plucheeae) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77: 59-65.
- Wilson, M. H. y M. G. Ryan. 1997. Conservation of Mexican wetlands: role of the North American Wetlands Conservation Act. *Wildlife Society Bulletin* 25: 57-64.
- Windler, D. R. y B. K. Windler. 1974. *Neptunia* in Mexico. *The Southwestern Naturalist* 19: 329-340.
- Zunino, M. y A. Zullini. 2003. Biogeografía. La dimensión espacial de la evolución. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 359 pp.

ANEXOS

Hygrophila polysperma (Acanthaceae), una maleza acuática
registrada por primera vez para la flora mexicana



Nota científica

Hygrophila polysperma (Acanthaceae), una maleza acuática registrada por primera vez para la flora mexicana

First record in the Mexican flora of *Hygrophila polysperma* (Acanthaceae), an aquatic weed

Arturo Mora-Olivo^{1*}, Thomas F. Daniel² y Mahinda Martínez³

¹Instituto de Ecología y Alimentos. Universidad Autónoma de Tamaulipas. 13 Blvd. Adolfo López Mateos 928, 87040 Cd. Victoria, Tamaulipas.

²Department of Botany. California Academy of Sciences. 875 Howard St., San Francisco, California 94103.

³Escuela de Biología. Universidad Autónoma de Querétaro. Av. De las Ciencias, Col. Juriquilla, 76230 Querétaro, Querétaro.

*Correspondencia: amorao@uat.edu.mx

Resumen. Se registra por primera vez la presencia de la maleza acuática *Hygrophila polysperma* en México. Se proporcionan datos sobre su historia en América, morfología y distribución en Tamaulipas. Se incluye una clave para distinguirla de *H. costata*, una planta nativa de México. Finalmente, se discute la amenaza que representa esta planta introducida para los ambientes acuáticos artificiales y naturales en nuestro país.

Palabras clave: *Hygrophila polysperma*, maleza acuática, Tamaulipas, México.

Abstract. The presence in Mexico of the aquatic weed *Hygrophila polysperma* is reported for the first time. Data regarding history in America, morphology, and distribution in Tamaulipas are provided. A key is included to distinguish this species from the Mexican native, *H. costata*. Finally, the threat that this introduced plant represents for artificial and natural aquatic ecosystems in Mexico is discussed.

Key words: *Hygrophila polysperma*, aquatic weed, Tamaulipas, Mexico.

Introducción

La introducción de hidrófitas exóticas ha constituido un serio problema para los ecosistemas acuáticos, ya que al naturalizarse y no contar con enemigos naturales se reproducen en gran medida, convirtiéndose en malezas que desplazan a la flora acuática nativa (Champion, 2004).

Las malezas acuáticas causan grandes problemas al hombre al interferir con actividades como la navegación, la pesca, la recreación y las actividades agrícolas (NAS, 1976; Klingman y Ashton, 1980). Particularmente en México, han causado fuertes perjuicios 2 especies introducidas (Ramos et al., 2004): el lirio acuático (*Eichhornia crassipes* (C. Martius) Solms-Laub.) en casi todo el país (Gutiérrez et al., 1997), y la hidrila (*Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle) en Tamaulipas (Novelo y Martínez, 1989) y otros estados del norte.

Las plantas acuáticas pueden dispersarse por el mundo por diferentes vías (Figueroa y Green, 2002) y con

frecuencia, en el caso de las malezas acuáticas, el hombre ha contribuido a ello (Dutartre y Capdevielle, 1982); de tal manera, diversas hidrófitas usadas para decoración en acuarios y jardines botánicos se han distribuido en regiones lejanas a su lugar de origen (Champion, 2004; Rixon et al., 2005), convirtiéndose en un problema de bioseguridad.

En este artículo se registra por primera vez en México la presencia de *Hygrophila polysperma*, una maleza acuática de origen asiático, que con frecuencia se usa como planta ornamental en acuarios.

En 1985 se recolectó una planta acuática sumergida que crecía profusamente en la laguna del Chairel, ubicada en el puerto de Tampico, Tamaulipas. Nuevas colectas y observaciones en el mismo lugar indicaron que al bajar el nivel del agua, la planta se adaptaba a una forma emergente e incluso podía sobrevivir en terrenos casi secos donde sus dimensiones eran muy reducidas. En ese momento no se encontraron ejemplares fértiles; sin embargo, las características vegetativas de la planta coincidían en gran medida con la descripción de *Hygrophila polysperma*, por lo que se registró tentativamente como tal, dentro de la

lista florística de las plantas acuáticas y semiacuáticas de las lagunas del Chairel y Tancol (Mora-Olivo, 1988).

Posteriormente, Martínez y Novelo (1993) citan *Hygrophila* sp. de la presa Vicente Guerrero, en el centro de Tamaulipas, aunque no se cuenta con ejemplares herborizados de ese lugar.

Colectas posteriores dieron a conocer que esta planta acuática era abundante en canales de riego del sur del estado, donde constituye un problema para la conducción del agua destinada a las áreas agrícolas junto con el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y la hidrila (*Hydrilla verticillata*).

Durante la ejecución del estudio sobre malezas acuáticas de canales de riego de Tamaulipas (Mora-Olivo, 1997), se colectaron ejemplares con flores y frutos, los cuales tentativamente se identificaron como *Hygrophila polysperma*; sin embargo, al publicar la flora vascular acuática de Tamaulipas (Mora-Olivo y Villaseñor, 2007) no se incluyó esta planta.

Recientemente, al revisarse el material de Acanthaceae del Herbario Nacional de México (MEXU), se examinaron los duplicados de Tamaulipas del género *Hygrophila*, confirmando la determinación de esta especie como *Hygrophila polysperma* (Roxb.) T. Anderson.

De acuerdo con algunos autores (Ramey, 1990; Hall et al., 1991; Langeland y Burks, 1999), *Hygrophila polysperma* es una hierba acuática anual o perenne originaria de India y Malasia. El primer registro para América fue realizado por Les y Wunderlin (1981), quienes mencionan que esta planta se reconoció en los años 60 en el estado de Florida, desde donde se empezó a dispersar. En 1969 se efectuó la primera colecta de *Hygrophila polysperma* en el estado de Texas (Angerstein y Lemke, 1994) y es muy probable que de ahí se haya diseminado a Tamaulipas.

Descripción

Hygrophila polysperma (Roxb.) T. Anderson (Fig. 1).

Hidrófita normalmente enraizada, sumergida, y ocasionalmente emergente; tallos erectos, ascendentes o a veces libres flotantes y con raíces en los nudos. Hojas simples, opuestas, sésiles, lanceoladas a oblongo-elípticas, enteras a diminutamente denticuladas, usualmente de 3 a 8 cm de longitud (más pequeñas en formas emergentes), con cistolitos en el haz y el envés, verde claro o rojizas en las partes superiores, cerca de la superficie. Flores (sólo presentes en plantas emergentes) pequeñas, solitarias en las axilas de las hojas; brácteas estrechamente lanceoladas, de 4 a 5 mm de longitud; corola gamopétala, bilabiada, lila; estambres 4, didínamos. Fruto una cápsula alargada, pilosa, de 3 a 5 mm de longitud. Semillas redondas, planas,

de aproximadamente 0.8 mm de diámetro.

Resumen taxonómico

De acuerdo con los siguientes registros de ejemplares de herbario, se muestra la distribución de *Hygrophila polysperma* en Tamaulipas, México (Fig. 2).

Material examinado. TAMAULIPAS: Mpio. Aldama, río La Esperanza, Nuevo Progreso, carretera Aldama-Soto la Marina, 23°9'57.5'' N, 97°57'12.8'' O, 41 m, *A. Mora-Olivo 7872* (UAT). Mpio. Gómez Farías, Canal Alto, ejido El Nacimiento, distrito de riego 029, 22°59'1.5'' N, 99°8'47.1'' O, 98 m, *A. Mora-Olivo 7772* (IEB, MEXU, UAT); canal de riego, 4.5 km al O de Loma Alta, 22°53'38'' N, 99°3'48.7'' O, 69 m, *A. Mora-Olivo 9043* (IEB, MEXU, QMEX, TEX, UAT, XAL); canal de riego, carretera Ocampo-Gómez Farías, 22°50'5.8'' N, 99°2'21'' O, 89 m, *A. Mora-Olivo 9158* (UAT); canal de riego, Loma Alta, Gómez Farías, 22°53'57'' N, 99°1'37.2'' O, 70 m, *A. Mora-Olivo 9010* (MEXU, UAT); canal de riego, 2 km al N de Loma Alta, 22°54'13.1'' N, 99°1'38.3'' O, 71 m, *A. Mora-Olivo 10735* (IEB, MEXU, UAT, XAL); canal de riego, 3.5 km al SE del poblado 601 en la carretera a Mante, 22°56'27.8'' N, 99°2'0.3'' O, 76 m, *A. Mora-Olivo 10713* (UAT). Mpio. González, río Guayalejo, puente cerca de Magiscatzin, 22°47'49.1'' N, 98°42'49.1'' O, 37 m, *A. Mora-Olivo 8363* (UAT). Mpio. Mante, arroyo San Rafael de los Castro, al NO de Mante, 22°46'12'' N, 99°0'48'' O, 80 m, *A. Mora-Olivo 8288* (ENCB, IEB, MEXU, TEX, UAT, XAL); canal de riego, 5 km al S de El Limón rumbo a El Mante, 22°50'6'' N, 99°0'30'' O, 90 m, *A. Mora-Olivo 7652* (MEXU, SLPM, UAT); canal de riego, Conrado Castillo-Cinco de Mayo, 22°48'57.7'' N, 99°1'33.1'' O, 74 m, *A. Mora-Olivo 9056* (MEXU, UAT); canal de riego, desviación a Ocampo, carretera Llera-Mante, 22°50'5.2'' N, 99°1'29.6'' O, 68 m, *A. Mora-Olivo 9051* (MEXU, UAT); canal de riego, El Limón en el km 107 carretera Mante-Llera, 22°49'38.6'' N, 99°0'36.7'' O, 72 m, *M. Martínez 1404* (UAT); Canales cercanos al nacimiento del río Mante, 22°43'1.9'' N, 99°1'15.2'' O, 84 m, *A. Mora-Olivo 529* (UAT); canales de riego, distrito de riego 092, carretera salida de Mante a González, 22°42'50.8'' N, 98°56'38.9'' O, 71 m, *A. Mora-Olivo 6952* (MEXU, UAT); nacimiento del río Mante, 22°41'53.6'' N, 99°2'44.4'' O, 132 m, *A. Mora-Olivo 8297* (UAT); río Guayalejo, en el poblado El Limón, 22°49'45.2'' N, 99°0'36.4'' O, 72 m, *A. Mora-Olivo 6954* (UAT), 6955 (MEXU, UAT). Mpio. Tampico, canal del Americano, laguna del Chairel, 22°14'39.1'' N, 97°53'27.4'' O, 2 m, *A. Mora-Olivo 561* (MEXU, UAT); laguna del Chairel Norte, 22°16'28.35'' N, 97°54'18.32'' O, 8 m, *A. Mora-Olivo 378* (MEXU), 4704 (UAT); laguna del Chairel Sur,

Salvinia molesta in Mexico

(Sometida al American Fern Journal)

***Salvinia molesta* in Mexico**

The genus *Salvinia* Ség. comprises ten species of mostly tropical ferns that are floating aquatics or less commonly stranded on receding shorelines. Among these, perhaps the best known is *S. molesta* D.S. Mitchell (Kariba weed, giant salvinia, giant water spangles), which is notorious as an extremely aggressive invasive exotic in both the New and Old Worlds. This species is extremely fast-growing and has the capacity to cover the surface of even large bodies of standing and slow-moving water, forming so dense a continuous mat that oxygen exchange is inhibited and light passage is precluded, to the detriment of other aquatic organisms. Because it is a sterile pentaploid ($n=45$; Loyal and Grewal, *Cytologia* 31: 330–338. 1966), *S. molesta* reproduces only vegetatively by fragmentation and regrowth; thus humans, waterfowl, and surface drainage are the main dispersal agents. The taxon first came to the world's attention in the 1930s, when plants inadvertently released into a lake in Sri Lanka quickly grew into a major infestation. Subsequently, it caused similar problems in portions of Australia, India, southeastern Asia, and Africa (Moran, *Fiddlehead Forum* 19[4+5]: 26–28. 1992). It was not until 1972 that the taxon was correctly determined to represent an unnamed species and was described as new to science, based on plants infesting Lake Kariba, along the border between Zambia and Zimbabwe (Mitchell, *Brit. Fern Gaz.* 10: 251–252. 1972). In the United States, *S. molesta* and its relatives are considered noxious weeds under the U.S. Department of Agriculture's Animal and Plant Health Inspection Service (USDA-APHIS) and thus are prohibited by law from international import or interstate shipment.

Salvinia molesta is a member of the *S. auriculata* Aubl. complex, which consists of four taxa, all native to South America and Trinidad (Forno, Aquatic Bot. 17: 71–83. 1983). All of these taxa (but in particular *S. molesta*) are considered potentially severe aquatic weeds outside of their native ranges. Forno and Harley (Aquatic Bot. 6: 185–187. 1979) were the first to discover native populations of *S. molesta* growing at relatively low elevations in temperate southeastern Brazil. Curiously, although the species has proliferated in the Old World tropics, it apparently has not spread significantly thus far in the neotropics (Moran, Fl. Mesoamer. 1: 396–397. 1995).

The introduction of *S. molesta* into temperate North America is very recent. Nauman (Flora of North America 2: 336–337. 1993) saw no wild-collected material, but mentioned that it was a candidate for future escape based on its cultivation in Florida. The species was first reported in the wild from a small pond in South Carolina (Johnson, Aquatics 17[4]: 22, 1985), soon thereafter from a reservoir in eastern Texas and adjacent Louisiana (Jacono, Sida 18: 927–928. 1999), and subsequently from several other southeastern states (Jacono *et al.*, Castanea 66: 214–226. 2001). At about the same time, infestations were first noted in agricultural canals in southeastern California, and subsequently in the Colorado River. *Salvinia molesta* was first reported as present on the Arizona side of the Colorado River by Tellman (Plant Press [Tucson] 23[3]: 4, 14. 1999) and has been documented from both La Paz and Yuma Counties (Yatskievych and Windham, Canotia 4: 46–49. 2008). In California, it was first reported by Jacono and Pitman (Aquatic Nuisance Species Digest 4: 13–16. 2001). Outside the Colorado River drainage and adjacent agricultural canals in Imperial and Riverside Counties, the Consortium of California Herbaria website

(<http://ucjeps.berkeley.edu/consortium>) now records sporadic occurrences west to San Diego County and northward to San Luis Obispo and Mendocino Counties (we have not verified these specimens).

In the recent, comprehensive account of Mexican pteridophytes (Mickel and Smith, Mem. New York Bot. Gard. 88: 1B1054. 2004), only two species of *Salvinia* were treated (*S. auriculata* and *S. minima* Baker); *S. molesta* was not mentioned. We recently were made aware of the existence of an apparent 2002 collection from the Villahermosa area in Tabasco (C. Jacono, U.S. Geological Survey, pers. comm.), which may be the earliest documented infestation of the species in the country. Given its presence in the Lower Colorado River drainage of Arizona and California, it also is not surprising that *S. molesta* should eventually become established in adjacent portions of Mexico. Anecdotal reports place the time of its first discovery in northwestern Mexico during 2003. An online document issued by the Lower Colorado River Giant Salvinia Taskforce (<http://www.lcrsalvinia.org/accomplishments/Mexico-PRES%20SM%20BLYTHE%2029-JUN-05.pdf>) provided photographic evidence of the presence of the species in Baja California and maps its presence nearly throughout the Mexicali Water District. Until recently, we had not seen a voucher specimen in support of these reports, but our colleague, Richard Felger, kindly collected one at our request: MEXICO, Baja California, Mpio. Mexicali, ca. 0.3 km S of Presa Morelos, wetland with stagnant water pools and sandy-silty river soils, floating aquatic, forming 100% cover on some small, stagnant pools and common at edge of large pools, 32°42'16.0"N, 114°43'44.4"W Long., elev. ca. 108 ft, 16 Mar. 2006, R. S. Felger et al. 06-5 (BCMEX, MO, SD, UC).

Despite all of the attention given to the presence of *S. molesta* in Baja California, the

species apparently has not been reported officially from the state of Sonora. However, a recently located voucher specimen was collected by the eminent Mexican aquatic plant researcher, Alejandro Novelo R.: MEXICO, Sonora, Mpio. San Luis Río Colorado, Canal de riego El Barrote, 16 km SO de San Luis Río Colorado, vegetación acuática, herbácea, hidrófita libremente flotadora de 0.10 m, asociada a *Myriophyllum* y *Potamogeton*, 7 Oct. 2004, A. Novelo R. 4566 (MEXU).

Water that enters Mexico in the Colorado River (much of it pumped from deep wells in the desert south of Yuma, Arizona) is impounded behind the Presa Morelos, forming a reservoir that provides water for irrigation of crop fields and other human uses through a complex series of ditches and canals. The stretch of the river from below the dam to its mouth at the Gulf of California has additional water diversions. *Salvinia* can be spread by water flow through the system, as well as by human activities and waterfowl that utilize the water and transport pieces of plant in mud attached to their feet and feathers. It seems likely that in coming years the species will continue to become increasingly common in both northeastern Baja California and northwestern Sonora. The Lower Colorado River Giant Salvinia Taskforce has completed experimental releases of the biocontrol agent for the weed, a weevil native to southern Brazil called *Cryptobagous salviniae* Calder & Sands (Coleoptera: Curculionidae), which has been used successfully in some tropical countries of the Old World (Thomas and Room, Nature 320:581–584. 1986; <http://www.lcrsalvinia.org/weevil.htm>). Some stands also have been sprayed seasonally with herbicides, but thus far these efforts have not succeeded in stopping the spread of *S. molesta* in the Lower Colorado River.

Mora-Olivo & Yatskievych

Arturo Mora-Olivo

Instituto de Ecología Aplicada, Universidad Autónoma de Tamaulipas, 13 Blvd. Adolfo López

Mateos No. 928, 87040 Cd. Victoria, Tam., México.

George Yatskievych

Missouri Botanical Garden, P.O. Box 299, St. Louis, MO 63166 U.S.A.