

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN  
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
UNIDAD DURANGO

---

---

**ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE VEGETACIÓN DE  
HUMEDALES DE TRES ZONAS ECOLÓGICAS DE LA  
SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MÉXICO**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**PRESENTA**

**SERGIO ALONSO HEYNES SILERIO**

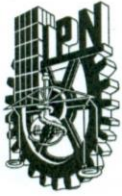
**DIRECTORAS:**

**DRA. MARÍA DEL SOCORRO GONZÁLEZ ELIZONDO**

**DRA. MARTHA GONZÁLEZ ELIZONDO**



Victoria de Durango, Dgo., Diciembre de 2014



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Durango, Dgo. siendo las 12:00 horas del día 24 del mes de Noviembre del 2014 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del: CIIDIR-IPN Unidad Durango para examinar la tesis titulada:

**Estructura y diversidad de vegetación de humedales de tres zonas ecológicas de la Sierra Madre Occidental, México**

Presentada por el alumno:

**Heynes**

**Silerio**

**Sergio Alonso**

Apellido paterno

Apellido materno

Nombre(s)

Con registro: 

B	1	2	0	6	1	4
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

### **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

Dra. María del Socorro González Elizondo

Dra. Martha González Elizondo

Dra. Celia López González

Dra. Citlali Cortés Montaña

M. C. Irma Lorena López Enríquez

M. C. Lizeth Ruacho González

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. José Antonio Ávila Reyes  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.D.I.R.  
CIUDAD DURANGO  
I.P.N.



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

### ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS Y DESIGNACIÓN DE DIRECTORES DE TESIS

México, D.F. a 5 de junio del 2013

El Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR Durango en su sesión ordinaria No. 5 celebrada el día 4 del mes de junio conoció la solicitud presentada por el(la) alumno(a):

HEYNES

SILERIO

SERGIO ALONSO

Apellido paterno

Apellido materno

Nombre (s)

Con registro: 

B	1	2	0	6	1	4
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de: Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:  
Estructura y diversidad de vegetación de humedales de tres zonas ecológicas de la Sierra Madre Occidental, México

De manera general el tema abarcará los siguientes aspectos:

2.- Se designan como Directores de Tesis a los Profesores:  
Dra. María del Socorro González Elizondo y Dra. Martha González Elizondo

3.- El trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:  
CIIDIR-IPN Unidad Durango

que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente hasta la aceptación de la tesis por la Comisión Revisora correspondiente:

Directores de Tesis

Dra. María del Socorro González Elizondo

Aspirante

Dra. Martha González Elizondo

Presidente del Colegio

Ing. en C. F. Sergio Alonso Heynes Silerio

Dr. José Antonio Ávila Reyes



CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R  
UNIDAD DURANGO  
I.P.N.



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*CARTA CESIÓN DE DERECHOS*

En la Ciudad de México, D.F. el día **21** del mes de **Noviembre** del año **2014**, el que suscribe **Sergio Alonso Heynes Silerio** alumno del Programa de **Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental**, con número de registro **B120614**, adscrito al **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango CIIDIR-IPN Unidad Durango**, manifiesta que es el autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la **Dra. María del Socorro González Elizondo** y de la **Dra. Martha González Elizondo** y cede los derechos del trabajo titulado **“Estructura y diversidad de vegetación de humedales de tres zonas ecológicas de la Sierra Madre Occidental, México”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o directores del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones [sergio.heynes@hotmail.com](mailto:sergio.heynes@hotmail.com), [herbario\\_ciidir@yahoo.com.mx](mailto:herbario_ciidir@yahoo.com.mx) y [martha\\_gonzel@yahoo.com.mx](mailto:martha_gonzel@yahoo.com.mx). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

SERGIO ALONSO HEYNES SILERIO

El presente trabajo se llevó a cabo en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional. Este estudio se desarrolló dentro del programa de trabajo de los proyectos Vegetación acuática y subacuática de la Sierra Madre Occidental (SIP 20141222) y Biodiversidad y paisaje de la Sierra Madre Occidental (SIP20141193) bajo la dirección de la Dra. María del Socorro González Elizondo y la Dra. Martha González Elizondo.



## Agradecimientos

A mi familia, mis hermanos Goya y Tito, mis padres Elia y Roberto y a mis perros, con quienes cuento siempre.

A todo el equipo de mi lugar favorito en el CIIDIR, el Herbario, que ha hecho de mi estadía pura felicidad. Gracias a Dany, Paty, Sandra, Andrea, Ino, Joanna, Yorch, Jorge, Ise, Norma, Liz, David y Lore. Agradezco en especial a la Dra. María del Socorro González Elizondo y a la Dra. Martha González Elizondo por el apoyo académico y moral incondicional.

Al comité tutorial, M. en C. Irma Lorena López Enriquez, M. en C. Lizeth Ruacho González, Dra. Celia López González, Dra. Martha González Elizondo y Dra. María del Socorro González Elizondo, por su dirección y asesoría durante este periodo, y a la Dra. Citlali Cortés Montañón por su revisión, correcciones y consejos.

A los amigos que me ayudaron en el trabajo de campo, Lizeth Ruacho, David Delgado, Jorge Noriega, Ali Villanueva y Ariana Santos. A la Dra. Yolanda Herrera Arrieta por su apoyo con la identificación de las gramíneas y a al M. en C. David Ramírez Noya por la ayuda en las salidas a campo. A la Dra. Celia, Ali, Abi y al M. en C. Diego F. García Mendoza del laboratorio de fauna con quienes tuve oportunidad de convivir.

A la Dra. Beverley R. Clarkson por su tutoría durante mi participación en el programa de movilidad y a todo el personal de Landcare Research que me hizo sentir en casa.

Al Instituto Politécnico Nacional por permitirme ser parte del este programa de maestría, en especial al personal administrativo y docente del CIIDIR Unidad Durango por las facilidades, el apoyo y las enseñanzas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT) por el apoyo que me otorgó para la realización de la Maestría.

## ÍNDICE

Agradecimientos.....	I
Índice .....	II
Relación de figuras.....	IV
Relación de cuadros.....	VII
Resumen.....	VIII
Abstract .....	IX
Introducción .....	1
<b>I. Antecedentes .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Humedales.....</b>	<b>3</b>
1.1 Definición y clasificación.....	4
1.2 Bienes y servicios.....	6
1.3 Diversidad biológica .....	7
<b>2. Sierra Madre Occidental .....</b>	<b>7</b>
2.1 Vegetación asociada a humedales.....	8
2.1.1 Importancia ecológica y científica .....	10
2.1.2 Diversidad florística y estructura de la vegetación .....	11
2.1.3 Especies endémicas .....	12
2.1.4 Amenazas a los humedales .....	13
2.1.5 Especies introducidas y especies invasoras .....	14
<b>II. Justificación .....</b>	<b>15</b>
<b>III. Objetivos.....</b>	<b>16</b>
1. Objetivo general.....	16
2. Objetivos particulares .....	16
<b>IV. Materiales y Métodos.....</b>	<b>17</b>
1. Área de estudio .....	17
2. Muestreo.....	19
2.1 Elaboración del inventario de especies asociadas a humedales.....	20



2.2	Registro de especies en categoría de riesgo, especies introducidas y especies invasoras .....	20
2.3	Comparación de la composición de especies entre sitios .....	20
2.4	Descripción de la estructura de las comunidades vegetales .....	21
2.5	Identificación de amenazas antropogénicas que podrían influir en la composición de especies .....	21
<b>V.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>22</b>
1.	<b>Humedales estudiados .....</b>	<b>22</b>
2.	<b>Riqueza florística .....</b>	<b>22</b>
3.	<b>Especies endémicas y en categoría de riesgo .....</b>	<b>25</b>
4.	<b>Especies introducidas y especies invasoras .....</b>	<b>25</b>
5.	<b>Similitud florística de humedales .....</b>	<b>26</b>
6.	<b>Estructura de la vegetación .....</b>	<b>27</b>
7.	<b>Amenazas antropogénicas que podrían influir en la riqueza de especies .....</b>	<b>27</b>
<b>VI.</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>29</b>
	<b>Riqueza florística.....</b>	<b>29</b>
	<b>Especies endémicas y en categoría de riesgo.....</b>	<b>31</b>
	<b>Especies invasoras .....</b>	<b>33</b>
	<b>Similitud florística .....</b>	<b>34</b>
	<b>Estructura de la vegetación.....</b>	<b>36</b>
	<b>Amenazas antropogénicas .....</b>	<b>51</b>
<b>VII.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>54</b>
<b>VIII.</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>56</b>
<b>IX.</b>	<b>Literatura citada .....</b>	<b>58</b>
<b>X.</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>69</b>

## Relación de figuras

Figura 1. Ubicación del área de estudio (color) y humedales muestreados.....	17
Figura 2. Representatividad de la riqueza de especies por familia en los humedales muestreados. ....	23
Figura 3. Curva de acumulación de especies basada en la matriz de presencia-ausencia de las especies, donde Jackknife 2 = 211, Chao 2 = 213, Jackknife 1 = 172, Bootstrap = 140.	24
Figura 4. Dendrograma de similitud florística entre los 30 sitios muestreados mediante la aplicación del índice de similitud de Jaccard a partir de los datos de presencia-ausencia de las especies en cada humedal muestreado. ....	26
Figura 5. Número de especies exclusivas y especies compartidas entre sitios. ....	27
Figura 6. Humedal Infiernillo en ecorregión Madreña rodeado de bosque de coníferas.	35
Figura 7. Humedal Acatita en ecorregión Madreña-Xerófila, en la que elementos de matorral xerófilo se mezclan con elementos de matorral subtropical. ....	36
Figura 8. Patrón general de distribución de las diferentes formas de crecimiento de las plantas de humedales. e. Emergente; s. Sumergida; hf. Hojas flotantes; fl. Flotante. ....	37
Figura 9. Ciénega temporal en bosque de <i>Pinus</i> en la ecorregión Madreña (Alazanes). Humedal superficial dominado por la emergente <i>Juncus ebracteatus</i> . ....	39
Figura 10. Ciénega temporal en área perturbada en la ecorregión Madreña (Rodríguez P.). Humedal superficial dominado por la emergente <i>Jaegeria purpurascens</i> . ....	40
Figura 11. Ciénega temporal en bosque bajo abierto en la ecorregión Madreña-Xerófila (Mezquital). Área de inundación poco profunda en la que predominan plantas emergentes de <i>Heteranthera</i> , <i>Paspalum distichum</i> y <i>Eleocharis</i> spp. ....	40
Figura 12. Ciénega temporal en bosque de <i>Pinus-Quercus</i> en la ecorregión Madreña (Banderas). Zona inundable en la que dominan plantas emergentes como <i>Eryngium mexicanum</i> , <i>Heteranthera peduncularis</i> y <i>Jaegeria purpurascens</i> con plantas de hojas flotantes, principalmente <i>Nymphoides fallax</i> y sumergidas como <i>Myriophyllum pinnatum</i> .	41
Figura 13. Ciénega temporal asociada a un río en bosque tropical caducifolio, en la ecorregión Tropical (Río Tamazula). La estructura de la vegetación en este humedal está dominada por plantas emergentes tolerantes. ....	41
Figura 14. Perfiles representativos de la estructura de la vegetación de las ciénegas temporales. Las ciénegas superficiales son dominadas por plantas emergentes (A) mientras	

que las más profundas exhiben mayor variedad de formas biológicas (B). e. Emergente; s. Sumergida; hf. Hojas flotantes.....	42
Figura 15. Ciénega permanente en matorral xerófilo en la ecorregión Madreense-Xerófila (Santiago B.). En ella domina la emergente <i>Typha domingensis</i> y la sumergida <i>Myriophyllum spicatum</i> .....	43
Figura 16. Perfil representativo de la estructura de la vegetación de las ciénegas permanentes. Las plantas emergentes destacan en los márgenes y las sumergidas lo hacen hacia el interior del humedal. e. Emergente; s. Sumergida; hf. Hojas flotantes.....	43
Figura 17. Manantial en bosque de coníferas en la ecorregión Madreense (Infiernillo). Humedal superficial en el que dominan las emergentes <i>Packeria sanguisorbae</i> y <i>Platanthera limosa</i> .....	44
Figura 18. Perfiles representativos de la estructura de la vegetación de los manatales. Con diferentes asociaciones vegetales (A y B), las plantas emergentes son las únicas presentes en estos humedales. e. Emergente.....	45
Figura 19. Manantial geotérmico en la ecorregión Madreense-Xerófila (Acatita). Predominan <i>Eleocharis rostellata</i> , <i>Schoenoplectus americanus</i> y <i>Taxodium distichum</i> var. <i>mexicanum</i> .....	45
Figura 20. Manantial geotérmico en bosque tropical caducifolio en la ecorregión Tropical (Agua Caliente). Superficie cubierta por <i>Lemna</i> aff. <i>aequinoctialis</i> , acuática flotadora. ....	46
Figura 21. Perfiles representativos de la estructura de la vegetación en los manatales geotérmicos. Las plantas emergentes y las sumergidas se presentan en la región región oriental de de la SMO (A) mientras que las emergentes y las flotantes lo hacen el la zona occidental (B). e. Emergente; s. Sumergida; fl. Flotadora.....	47
Figura 22. Estanque en bosque de <i>Pinus</i> en la ecorregión Madreense (Rosillo). Humedal dominado por especies emergentes de <i>Eryngium mexicanum</i> , <i>Trichocoryne connata</i> y <i>Juncus</i> spp. y por hojas flotantes de <i>Ranunculus hydrocharoides</i> .....	48
Figura 23. Estanque en bosque de <i>Pinus-Quercus</i> en la ecorregión Madreense (Vencedores2). Humedal artificial poco profundo en el que <i>Persicaria mexicana</i> , <i>Luziola fluitans</i> y <i>Eleocharis</i> spp. con el helecho de hojas flotantes <i>Marsilea</i> sp. son las especies dominantes.....	48

Figura 24. Estanque en bosque de <i>Pinus-Quercus</i> en la ecorregión Madreña (Santa B.). Sorbesalen asociaciones de <i>Nymphoides fallax</i> (hojas flotantes) con diversas plantas emergentes.....	49
Figura 25. Estanque en bosque tropical caducifolio en la ecorregión Tropical (Picacho). Humedal artificial con la superficie del agua cubierta por plantas flotadoras de <i>Lemna aff. aequinoctialis</i> .....	49
Figura 26. Perfiles representativos de la estructura de la vegetación en los estanques. Las plantas emergentes, de hojas flotantes y las sumergidas se presentan en la región Madreña (A) y Madreña-Xerófila (B), mientras que en la ecorregión Tropical (C) destacan las plantas flotadoras. e. Emergente; s. Sumergida; hf. Hojas Flotantes; fl. Flotadora.....	50

## Relación de cuadros

Cuadro 1. Tipos de humedal estudiados de acuerdo al origen y régimen de inundación. T= Tropical, M = Madrense, MX = Madrense-Xerófila. ....	22
Cuadro 2. Riqueza de especies de los principales grupos taxonómicos. ....	23
Cuadro 3. Riqueza de especies y número de especies por cuerpo de agua en relación al tipo de humedal. T= Tropical, M = Madrense, MX = Madrense-Xerófila. ....	24
Cuadro 4. Especies acuáticas y subacuáticas endémicas y su distribución por Estados en México. M = Madrense, MX = Madrense-Xerófila. ....	25
Cuadro 5. Amenazas antropogénicas que podrían influir en la riqueza de especies de los humedales estudiados. T = Tropical, M = Madrense, MX = Marensse-Xerófila. ....	28

# ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE VEGETACIÓN DE HUMEDALES DE TRES ZONAS ECOLÓGICAS DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MÉXICO

## RESUMEN

La Sierra Madre Occidental (SMO) es una región de gran importancia ambiental con grandes vacíos de información. Sus humedales son unos de los ecosistemas que aún requieren ser estudiados. La vegetación de los humedales juega un papel fundamental, pues interviene en numerosos procesos químicos, físicos y biológicos. En este trabajo se presenta la composición de especies y se describe la estructura de la vegetación de humedales de la SMO. Se identificaron los siguientes tipos de humedal: ciénega natural temporal, ciénega natural permanente, manantial, manantial geotérmico, ciénega artificial permanente y estanque. A nivel general, las ciénegas naturales temporales y los estanques albergaron a la mayor riqueza de especies, pero al considerar las diferencias en el esfuerzo de muestreo, los humedales que concentraron al mayor número de especies por cuerpo de agua fueron los permanentes. La mayor riqueza de especies se registró en la ecorregión Madreña, seguida de la Madreña-Xerófila. La ecorregión Tropical presentó una riqueza florística marcadamente baja. En general, la composición de especies de los humedales difiere en gran medida, la mayor similitud se presentó entre sitios de la ecorregión Madreña y la Madreña-Xerófila. Se elaboraron perfiles esquemáticos en relación a las diferentes formas biológicas, en donde destacan las plantas emergentes, que contribuyen con el 86% de la flora. Se registraron dos especies endémicas a la SMO, una especie en categoría de riesgo, cinco especies introducidas y una especie invasora. La ganadería y la agricultura son las principales amenazas que podrían influir en la composición de especies de los humedales. La curva de acumulación de especies indica que el inventario en la zona estudiada no está completo. El presente trabajo aporta información para el conocimiento de la vegetación, particularmente la de los humedales, y pretende servir como base para el desarrollo de futuras investigaciones, sustentar la toma de decisiones y contribuir a la gestión sustentable de los humedales.

**PALABRAS CLAVE:** Sierra Madre Occidental, humedales, diversidad, estructura, vegetación.

# **STRUCTURE AND DIVERSITY OF WETLAND VEGETATION IN THREE ECOLOGICAL ZONES OF THE SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MEXICO**

## **ABSTRACT**

The Sierra Madre Occidental (SMO) is a region of great environmental importance in which there are still large gaps of knowledge. The wetlands of the SMO are among the ecosystems that still need to be studied. The vegetation plays a key role in physical, chemical and biological wetland processes. This thesis describes the structure and diversity (species richness) of wetland vegetation in the SMO as well as various aspects related with them. Six wetland types were recognized. Meadows and ponds had the highest species richness, but when considering the differences in sampling effort, permanent wetlands concentrated the largest number of species per water body. The highest species richness was recorded in the Madrean region of the SMO, followed by the Madrean xerophytic region. The wetlands of the Tropical region had a markedly low floristic richness. In general, the flora composition differs greatly among wetlands, the highest similarity was recorded between sites in the Madrean and Madrean xerophytic regions. Vegetation profiles of growth forms were made. Emergent plants are dominant (86%). Two endemic species to the SMO, a species at risk category, five introduced species and one invasive species were recorded. Livestock and agriculture were the main threats that influence species composition of wetlands. The previous flora recorded for the region and the species accumulation curves indicate that the inventory in the study area is not complete. This thesis provides information that contributes to the knowledge of the SMO vegetation. Furthermore, provides basic knowledge for future research as well as fundamental information for environment than decision makers can use to contribute to the good management of wetlands.

**KEY WORDS:** Sierra Madre Occidental, wetlands, structure, diversity, vegetation.

## INTRODUCCIÓN

Los humedales son reconocidos a nivel mundial por las múltiples funciones que realizan. Purifican y regulan flujos de agua, suministran materias primas, agua y otros alimentos, proveen de hábitat a diferentes grupos de organismos y algunos de ellos pueden ser utilizados para actividades de recreación y turismo (Secretaría de la Convención Ramsar, 1996a). Las plantas tienen un papel crítico en el mantenimiento de las funciones de los humedales debido a que intervienen en numerosos procesos (Department of Environment and Conservation, 2012). Actualmente, estos ecosistemas figuran entre los más amenazados del planeta (Maltby, 1991). Cerca del 50% de los humedales del mundo se han perdido y existen regiones en las que el 99% de ellos ha desaparecido (van der Valk, 2006).

México, es parte de tratados internacionales comprometidos con la conservación de los humedales y el uso racional de sus recursos, como la convención Ramsar y el Convenio de Diversidad Biológica. En los últimos años, se han desarrollado en el país proyectos y estrategias importantes que buscan conocer el estado de sus humedales (SEMARNAT *et al.*, 2008a), gestionar un mejor aprovechamiento de sus recursos y garantizar su protección (RAMSAR y CONANP, 2014). Sin embargo, la biodiversidad de los humedales es pobremente conocida, lo que dificulta el establecimiento de estrategias de conservación (Mora-Olivo y Villaseñor, 2007). Gran parte de los estudios se restringen a zonas costeras o a humedales de gran tamaño.

La Sierra Madre Occidental (SMO) es un sistema montañoso considerado como una de las regiones menos conocidas en términos biológicos y ecológicos, y sus humedales son unos de los ecosistemas que aún requieren ser estudiados (González-Elizondo *et al.*, 2012). La SMO alberga humedales únicos en su tipo en el país (van Devender *et al.*, 2003), con una alta proporción de endemismos y un alto valor ambiental (González-Elizondo *et al.*, 2012).



Esta investigación aborda la descripción de la vegetación de los humedales en una zona de la SMO a través del inventario de su flora y de la descripción de la estructura y diversidad de las comunidades vegetales. La información generada puede servir como punto de partida para futuras investigaciones y sustentar la toma de decisiones para el manejo de humedales de la SMO.

# I. ANTECEDENTES

## 1. Humedales

Los humedales son sitios de la superficie terrestre que están inundados de forma temporal o permanente y en los que el suelo está saturado de agua durante todo o una parte del año. El papel de la humedad en estos ecosistemas es fundamental ya que la cantidad y el tiempo que permanezca en la zona influyen determinadamente a los organismos que los habitan (Roth, 2009). El agua crea condiciones que favorecen el crecimiento de plantas con adaptaciones especiales y promueven el desarrollo de suelos hídricos que son característicos de los humedales (EPA, 2012). Dado que este tipo de ecosistemas no están restringidos a una zona climática en particular es posible encontrarlos distribuidos en gran parte del planeta (Moore, 2006). Las diferencias regionales y locales en los suelos, topografía, clima, hidrología, química del agua, vegetación y otros factores, incluyendo a los disturbios humanos, dan como resultado muchos tipos de humedales (EPA, 2012).

El término “humedal” surgió entre 1950 y 1960 en Estados Unidos de América al ser empleado para designar a las zonas de importancia para las aves acuáticas (Berlanga-Robles y Ruíz-Luna, 2004). Aproximadamente 18 años después, los humedales se convirtieron en el único hábitat que es el centro de atención de una convención internacional, la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional o Convención Ramsar (Gopal, 2003). La Convención Ramsar es un tratado de cooperación internacional enfocado en la conservación de los humedales y el uso racional de sus recursos (Secretaría de la Convención Ramsar, 2006). Hasta la fecha, el tratado se encuentra integrado por 168 países y la Lista de Humedales de Importancia Internacional incluye a 2 187 humedales. México, miembro del tratado desde noviembre de 1986, cuenta con 142 sitios Ramsar que cubren un estimado de 8 833 752 ha (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2014)

En México, la protección de los humedales se ha convertido en materia de importancia nacional en los últimos años. En 2008, se inició el proyecto denominado Inventario Nacional de Humedales que busca generar información cartográfica, ambiental y estadística para conocer el estado de los humedales del país, con el fin de orientar la toma de decisiones y gestionar su aprovechamiento sustentable, conservación y relación con el cambio climático (SEMARNAT *et al.*, 2008a). En este proyecto se estima que de los 1 959 248 000 km<sup>2</sup> de superficie continental de México, 128 123 915 km<sup>2</sup> (6.54%) tienen el potencial de albergar humedales (SEMARNAT *et al.*, 2008b). Actualmente, se encuentra en desarrollo la Política Nacional de Humedales, en la que se busca crear un instrumento rector que defina prioridades, coordine acciones y establezca metas integrales encaminadas a tener una mejor planeación y gestión para el aprovechamiento sustentable y la protección de los humedales mexicanos (RAMSAR y CONANP, 2014).

### **1.1 Definición y clasificación**

El término “humedal” tiene un significado bastante amplio ya que incluye a una gran variedad de hábitats. La definición y clasificación de estos ecosistemas aún es controversial (Gopal, 2003); por ejemplo, en algunas partes se consideran como humedales a porciones de tierra que pueden estar completamente secas por años, en otros casos no se tiene claro donde termina un humedal y donde comienza otro ecosistema, o si los humedales hechos por el por los seres humanos deben ser considerados de igual manera que los naturales (Scott y Jones, 1995). A pesar de las diferencias, existe un consenso general que dice que para que un humedal pueda ser considerado como tal, debe de ocurrir la presencia de agua de forma sostenida en la superficie o muy cerca de ella durante un periodo considerable de tiempo, de tal manera que origine cambios en los organismos que lo habitan y en sus suelos (Committee on Characterization of Wetlands, 2005, citado por van der Valk, 2006).

Los países que no tienen la capacidad de costear proyectos detallados como los de los Estados Unidos, han adoptado la definición propuesta por la Convención Ramsar

(Gopal, 2003). En su artículo 1, la Convención Ramsar considera como humedales a “las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, 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” (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006). Dicha definición es la más ampliamente utilizada y aceptada en el mundo (Scott y Jones, 1995), y es también una de las más generales debido a que considera a aquellos humedales hechos por humanos y a algunos hábitats marinos (Myers *et al.*, 2013).

La Ley de Aguas Nacionales de México (DOF, 2013) define a los humedales como: “Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos”. El Inventario Nacional de Humedales los define como “zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres, que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, tanto continentales como costeras, sujetas o no a la influencia de mareas” (SEMARNAT *et al.*, 2008a). En el caso de la Política Nacional de Humedales se utiliza la definición propuesta por Ramsar debido a que la que se estableció en la Ley de Aguas Nacionales no contempla de manera explícita a los humedales marinos (RAMSAR y CONANP, 2014).

Comúnmente los humedales son vistos como zonas de transición entre ecosistemas acuáticos (de aguas profundas) y terrestres, no obstante, poseen características únicas que no son compartidas con los hábitats adyacentes por lo que son ecosistemas distintivos y no solo híbridos entre ecosistemas acuáticos y terrestres (Tiner, 2012).

En un sentido amplio, es posible clasificar a los humedales en: marinos y estuarios que se ven afectados por las mareas (incluyen marismas, manglares y las comunidades

de pastos marinos y ceibales); lacustres (lagos y estanques); palustres (pantanos herbáceos, planicies inundables con plantas leñosas como elementos predominantes y los derivados de glaciares) y ribereños (cuencas inundables, ríos y arroyos) (Niering, 1985, citado por Lot, 2004). El sistema de clasificación de Ramsar agrupa a los humedales en a) marinos y costeros; b) humedales continentales (lacustres, ribereños y palustres); y c) humedales artificiales (estanques, tierras agrícolas de regadío, bordos, embalses, piletas de aguas residuales y canales) (Secretaría de la Convención Ramsar, 2012).

El desarrollo de diversas definiciones y sistemas de clasificación de humedales puede ser atribuido al elevado número de tipos de humedales (van der Valk, 2006) y a que cada uno de ellos expresa características que resultan de dinámicas derivadas de las condiciones ecológicas locales, su origen, y a las diferencias en el grado de información y conocimiento que se tiene de ellos (Lot, 2004).

## **1.2 Bienes y servicios**

Sin importar si están secos o inundados, o si son grandes o pequeños, los humedales proveen de beneficios a los seres humanos y al ambiente (EPA, 2012). Los humedales llevan a cabo múltiples funciones: suministran agua, alimentos y otras materias primas, mitigan el efecto de fenómenos naturales, recargan mantos freáticos y eliminan nutrientes y metales pesados del agua (Moore, 2006; Secretaría de la Convención de Ramsar, 1996a). Además, son zonas con un elevado valor cultural y muchos de ellos son utilizados para realizar actividades de recreación y turismo (Secretaría de la Convención de Ramsar, 1996b). Los servicios que proporciona cada humedal están en función de su clase, tamaño y ubicación (Secretaría de la Convención Ramsar, 1996a). El valor económico de los beneficios que proporcionan los humedales que funcionan de manera natural es superior al de aquellos que proporcionan los ecosistemas en los que éstos son convertidos para realizar alguna otra actividad (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Evaluaciones que se le han hecho a estos ecosistemas en Estados Unidos de América, indican que su valor supera los 15

billones de dólares (Secretaría de la Convención de Ramsar, 1996a). Por otro lado, los humedales son importantes reservorios de biodiversidad debido a que proporcionan áreas de refugio, reproducción, anidación y alimentación a la fauna y porque en ellos habitan altas proporciones de especies endémicas (Secretaría de la Convención Ramsar, 1996a).

### **1.3 Diversidad biológica**

Los humedales poseen una flora y fauna únicas (van der Valk, 2006), además de albergar tanto a especies acuáticas como terrestres (EPA, 2012). La superficie que ocupan en comparación con otros ecosistemas es relativamente pequeña pero muchos de ellos son ricos en diversidad biológica y resultan indispensables para la existencia de ciertas plantas y animales (Secretaría de la Convención de Ramsar, 1996a). Se caracterizan por servir como refugio a una gran variedad de aves migratorias, por tener flora y fauna altamente especializadas y por su alto grado de especies endémicas (Aguilar, 2003).

La gran variedad de especies y de individuos con mecanismos de adaptación estructurales y de comportamiento inducidas por las condiciones ambientales locales, y la gran cantidad de tipos de humedales hacen de estos ambientes una formidable fuente de biodiversidad (Moore, 2006). La situación de riesgo en la que se encuentran los ambientes acuáticos pone en peligro de manera especial a su diversidad biológica que puede resultar irrecuperable (Sánchez, 2007).

## **2. Sierra Madre Occidental**

La Sierra Madre Occidental (SMO) es el conjunto de montañas más extenso y continuo de México. Posee una orientación NNO-SSE que va desde el noreste de Sonora hasta el norte de Jalisco. Presenta zonas de quebradas abruptas al occidente y laderas más suaves hacia el oriente debido a la transición gradual hacia el Altiplano (González-

Elizondo *et al.*, 2007). Es considerada de gran importancia económica, ambiental y científica ya que abastece de agua a grandes extensiones del norte de México; y por su complejidad climática y ecosistémica posee una elevada variedad de hábitats, una gran diversidad de especies, una alta proporción de endemismos, funciona como corredor biológico para muchas especies y actúa a su vez como barrera biogeográfica limitando la distribución de otras, y es una importante fuente de bienes y servicios ambientales indispensables para el desarrollo de la vida de muchos organismos de la región (González-Elizondo *et al.*, 2012).

Con base en criterios fisiográficos, climáticos y florísticos, González-Elizondo *et al.* (2012) regionalizaron a la SMO, como una manera de facilitar la comprensión de la distribución de los organismos. Las zonas resultantes fueron llamadas ecorregiones y divididas de la siguiente manera:

- Región Madreña: corresponde a las partes más altas de la sierra donde se presentan climas templados y semifríos. Predominan las comunidades vegetales de bosques de clima templado en las que coníferas y encinos son los elementos dominantes.
- Región Madreña-xerófila: se ubica en el piedemonte al norte y este de la SMO y en las estribaciones orientales, con climas secos y templados. Predominan bosques bajos abiertos, matorrales perennifolios y ecotonías entre éstos y el pastizal y el matorral xerófilo.
- Región Tropical: se sitúa en las partes bajas y cañadas de la vertiente occidental y en el extremo sur de la SMO, en climas cálidos subhúmedos, semicálidos y secos cálidos. Predominan los bosques tropicales caducifolios y los matorrales tropicales.

## **2.1 Vegetación asociada a humedales**

La vegetación de los humedales es una de sus características más sobresalientes y ha sido utilizada para identificarlos, delimitarlos y elaborar sistemas de clasificación (EPA, 2002).

De forma general, la vegetación de los humedales incluye a carofitas (Charophyta), musgos y hepáticas (Bryophyta), helechos y afines (Pteridophyta) y monocotiledóneas y dicotiledóneas (Magnoliophyta). Un grupo taxonómico escasamente representado en los humedales, las coníferas (Pinophyta), incluye al árbol nacional de México, el ahuehuete o sabino (*Taxodium*). Los estudios florísticos comúnmente se enfocan al grupo formado por las plantas vasculares (Lot, 2012), haciendo a un lado a las carofitas o algas y a los musgos y hepáticas.

Las plantas de los humedales poseen adaptaciones morfológicas, fisiológicas y reproductivas que les permiten tolerar el exceso de humedad (Tiner, 2012). Su diversidad está representada por un continuo, desde especies capaces de tolerar suelos inundados, a especies que pueden desarrollarse tanto en tierra como en agua, hasta plantas adaptadas a vivir completamente sumergidas (Barret *et al.*, 1993).

En relación al grado de dependencia que tienen con el medio acuoso es posible clasificar a las plantas que habitan humedales como sigue (Lot *et al.*, 1993):

- Acuáticas estrictas: plantas que realizan su ciclo de vida entero en el agua, ya sea sumergidas parcial o completamente, o flotando sobre la superficie.
- Subacuáticas: plantas que llevan a cabo la mayor parte de su ciclo de vida en los márgenes de los cuerpos de agua y son capaces de tolerar suelos secos.
- Tolerantes: plantas que cumplen su ciclo de vida en ambientes secos pero que son capaces de soportar suelos temporalmente inundados o estar parcialmente sumergidas.

Además, tomando como base la manera en la que las plantas crecen en relación física con el agua y el suelo, continuamente son categorizadas en relación con su forma de crecimiento como se muestra a continuación (Cronk y Fennessy, 2001):



- Plantas emergentes: se encuentran enraizadas en el sustrato con la porción basal comúnmente por debajo del nivel del agua, mientras que sus tallos, hojas y partes reproductivas permanecen por encima de la superficie del agua.
- Plantas sumergidas: generalmente pasan su ciclo de vida por debajo de la superficie del agua. Un gran número se encuentra anclada al sustrato por medio de raíces pero algunas otras carecen de ellas y flotan por debajo del nivel del agua. La mayoría posee flores que crecen sobre el agua aunque también hay aquellas cuyas partes reproductivas permanecen debajo de ella.
- Plantas con hojas flotantes: las hojas de estas plantas flotan sobre la superficie del agua mientras que sus raíces se arraigan al sustrato. Poseen peciolo o combinaciones de tallos y peciolo que conectan a las hojas con la parte basal de la planta.
- Plantas flotantes: tienen hojas y tallos que flotan sobre la superficie del agua. Si presentan raíces, éstas cuelgan libremente en el agua.

### **2.1.1 Importancia ecológica y científica**

La vegetación de los humedales interviene en muchos procesos físicos, biológicos y químicos, contribuyendo a mantener la estabilidad natural en los ecosistemas (Department of Environment and Conservation, 2012). Influye en muchas de las funciones que los humedales realizan y que benefician al ser humano en forma directa o indirecta: mitigan el efecto de los fenómenos naturales, facilitan la recarga de mantos freáticos, mejoran la calidad del agua, y generan gran cantidad de materias primas (Secretaría de la Convención de Ramsar, 1996a). Las plantas de los humedales son la base de la cadena alimenticia, proporcionan hábitat a otros grupos taxonómicos al aportar estructura física y heterogeneidad en los lugares en los que habitan, brindando alimento, zonas de refugio, reproducción y anidación a la fauna (Cronk y Fennessy, 2001; Lot y Novelo, 2004). Intervienen en el movimiento y la reserva del agua, regulan las concentraciones de oxígeno, filtran impurezas y sedimentos (Lot y Novelo, 2004), proporcionan resistencia ante la erosión (Secretaría de la Convención

de Ramsar, 1996a) e influyen en la temperatura, regímenes de luz y la química del agua (van der Valk, 2006).

Además del sustancial papel ambiental que juega, la vegetación es una importante herramienta para los investigadores y manejadores de humedales ya que facilita la identificación y delimitación de estos ecosistemas y es un excelente indicador de su salud (Cronk y Fennessy, 2001). La vegetación de los humedales puede ser utilizada para evaluar prácticas de manejo, medir proyectos de restauración y mitigación, y para tomar decisiones importantes de manejo de recursos en los humedales (EPA, 2002).

### **2.1.2 Diversidad florística y estructura de la vegetación**

El conocimiento sobre la vegetación de humedales en México aún presenta importantes vacíos de información. Se sabe que la vegetación acuática y subacuática representa una parte significativa de la cubierta vegetal (Rzedowski, 1978), no obstante, la riqueza y distribución de plantas acuáticas, subacuáticas y tolerantes es un campo poco conocido en el país (Mora-Olivo *et al.*, 2013), la mayoría de los estudios se enfoca únicamente en las plantas vasculares acuáticas estrictas. Se reconocen 78 familias y 396 géneros de angiospermas con especies estrictamente acuáticas en el mundo (Cook, 1996, citado por Lot, 2012). De ellas, en México se reconocen alrededor de 240 especies (18 helechos y plantas afines, 1 gimnosperma, 90 dicotiledóneas y 131 monocotiledóneas), distribuidas en 106 géneros y 62 familias (Mora-Olivo *et al.*, 2013). De las monocotiledóneas, uno de los grupos taxonómicos más importantes entre la vegetación de los humedales por su número de especies, se conocen 381 especies de plantas tanto acuáticas como subacuáticas (más 11 taxa infraespecíficos), pertenecientes a 104 géneros y 28 familias (Lot, 2012).

Las plantas acuáticas forman ensambles usualmente integrados por especies con diferentes formas de vida. Estas asociaciones son consideradas de vital importancia para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos ya que contribuyen a su estructura física incrementando la complejidad de los hábitats acuáticos (Boschilia *et al.*, 2008).

La configuración o arreglo de una comunidad de plantas se denomina estructura (Department of Environment and Conservation, 2012).

Las plantas de humedales con adaptaciones más especializadas se desarrollan en zonas con mayor grado de humedad y conforme ésta decrece es posible encontrar plantas con menores adaptaciones colonizando los humedales (Tiner, 2012). La variación entre periodos secos y húmedos modifica la composición de la comunidad de plantas y su distribución en el humedal (Cassanova y Brock, 2000). Es difícil establecer límites discretos entre las diferentes grupos de plantas ya que tanto la composición como la estructura de las comunidades vegetales dependen de variables ambientales e históricas que son parte de sistemas dinámicos sujetos siempre a cambios a lo largo del tiempo (González-Elizondo *et al.*, 2007).

### **2.1.3 Especies endémicas**

Los organismos con distribución geográfica restringida sirven como indicador del grado de singularidad de una determinada flora. De la flora fanerogámica de México se estima que alrededor de 150 géneros (6%) y 1 000 especies (15%) son plantas acuáticas y subacuáticas endémicas al país. Las plantas acuáticas y subacuáticas que se desarrollan en charcos y áreas pantanosas integran a un grupo ecológico con numerosos endemismos, incluso con géneros confinados a esos ambientes (Rzedowski, 1991).

La SMO posee áreas con altas concentraciones de endemismos (Bye, 1995) y en algunos de sus humedales se ha registrado una alta proporción de ellos (González-Elizondo *et al.*, 2012), como es el caso de los situados en sus bosques templados que albergan un buen número de especies endémicas y varias especies aún no descritas (González-Elizondo *et al.*, 2007).

#### **2.1.4 Amenazas a los humedales**

El hombre y los humedales han guardado una estrecha relación a lo largo de la historia a través de prácticas tradicionales que permitieron sustentar a los seres humanos y conservar a los humedales (Secretaría de la Convención Ramsar, 1996b). El desarrollo técnico a partir del siglo XIX llevó a prácticas de manejo no sustentables que comenzaron a modificar a los humedales a gran escala (Wolfgang *et al.*, 2006) y durante gran parte del siglo XX los humedales fueron drenados o degradados de uno u otro modo (Jones, 2009). La conversión de humedales a algún otro tipo de uso de suelo frecuentemente se relaciona con beneficios económicos directos (Richardson, 1994). Actualmente, cerca del 50% de los humedales se han perdido en el mundo y existen regiones en las que el 99% de ellos ha desaparecido (van der Valk 2006), estando considerados hoy en día dentro de los ecosistemas más amenazados en el mundo (Maltby, 1991).

Los factores antropogénicos que producen cambios en los humedales se pueden agrupar en 1) cambios en el área (pérdida de hábitat), 2) cambios en el régimen del agua, 3) cambios en la calidad del agua, 4) explotación no sustentable de recursos, y 5) la introducción de especies exóticas (O'connell, 2003). Muchas de las amenazas que afectan a los cuerpos de agua se traducen en pérdida de la diversidad vegetal (Chambers *et al.*, 2008). Estos cambios pueden influenciar a la salud y a las funciones de los humedales (Department of Environment and Conservation, 2012) alterando procesos físicos, químicos y biológicos. La conversión de humedales conlleva una pérdida de su biodiversidad y de sus funciones ecológicas (Richardson, 1994; Silvius *et al.*, 2000). La fragilidad de los ecosistemas acuáticos tiene, además, implicaciones sociales, pues conforme disminuyen el acceso al agua en calidad, cantidad y certeza de su existencia en el futuro, surgen problemas de salud y económicos, que terminan por convertirse en focos de inestabilidad social (Sánchez, 2007).

### 2.1.5 Especies introducidas y especies invasoras

El término de especies introducidas o exóticas se refiere a aquellas que ocurren fuera de su área natural de distribución y su área de distribución potencial. Cuando las especies introducidas logran establecerse en ecosistemas naturales o seminaturales y se convierten en un agente de cambio que amenaza a la biodiversidad nativa se consideran como especies exóticas invasoras (Mendoza y Koleff, 2014). Las especies invasoras pueden causar cambios drásticos en el ambiente al alterar comunidades y ecosistemas completos (Gurevitch y Padilla, 2004) por lo que están consideradas como una de las principales causas de pérdida de la diversidad biológica (Millennium ecosystem assessment, 2005), y sus efectos pueden resultar en cuantiosas pérdidas económicas (Pimientel *et al.*, 2001).

Las especies más invasivas en el mundo habitan en humedales, lo que hace a estos ecosistemas particularmente susceptibles (Zedler y Kercher, 2004). Las plantas acuáticas han sido introducidas por el ser humano, algunas por ser importantes plantas cultivadas, como la del arroz, otras por el valor estético de sus flores o follaje, como *Eichhornia crassipes*, *Nymphaea* spp., *Cabomba* y *Egeria*, y otras han sido transportadas junto con otros materiales (Cook, 1985). La introducción de especies exóticas representa un alto riesgo, puesto que las especies locales no han estado expuestas al contacto con esas especies ajenas y pueden resultar depredadas, desplazadas por competencia o contagiadas con enfermedades que no existían originalmente en el sitio (Sánchez, 2007).

## II. JUSTIFICACIÓN

Los humedales se encuentran entre los ecosistemas más amenazados del planeta. El uso inadecuado de sus recursos naturales está ocasionando su deterioro y muchos de ellos están siendo fragmentados, drenados o se han secado completamente, provocando la pérdida acelerada de su diversidad a nivel de genes, especies y ecosistemas enteros, pérdidas que en muchos de los casos se ven reflejadas en problemas económicos y sociales.

Los humedales de la SMO se encuentran entre los ecosistemas menos estudiados en el país. A pesar de que se tiene una idea de los elementos que integran a su vegetación, el conocimiento aún no es suficiente para saber en que condiciones se encuentra.

El valor ambiental de la vegetación de los humedales es elevado pues interviene en procesos físicos, químicos y biológicos, tanto en ecosistemas acuáticos como en terrestres, que contribuyen en gran medida al desarrollo de la vida. Asimismo, por medio de su descripción, medición y monitoreo, la vegetación facilita el conocimiento del estado de los humedales.

La información generada por este estudio es clave para desarrollar estrategias que permitan conservar y restaurar a los humedales de la SMO y detener o revertir las tendencias de degradación ambiental, sustentando la toma de decisiones y contribuyendo a la gestión integral de sus recursos.

### **III. OBJETIVOS**

#### **1. Objetivo general**

Describir la estructura y riqueza de especies de la vegetación en humedales de tres zonas ecológicas de la Sierra Madre Occidental, México.

#### **2. Objetivos particulares**

- Elaborar un inventario de las especies presentes en los humedales
- Registrar especies en categoría de riesgo
- Registrar a las especies introducidas y a las especies invasoras
- Comparar la composición de especies entre sitios
- Describir la estructura de las comunidades vegetales de humedales
- Identificar las amenazas antropogénicas que podrían influir en la riqueza de especies

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. Área de estudio

La SMO se extiende desde el noreste de Sonora ( $30^{\circ} 35' N$ ) hasta el norte de Jalisco ( $21^{\circ} 00' N$ ). Tiene cerca de 1 200 km de longitud y zonas de más de 200 km de ancho (González-Elizondo *et al.*, 2012). El área seleccionada para el estudio se localiza entre los  $23^{\circ}$  y  $25^{\circ} N$  (Figura 1), abarcando aproximadamente 400 km de su longitud. Los sitios muestreados se localizan en las Regiones Hidrográficas Sinaloa (RH-10) y Presidio-San Pedro (RH-11).

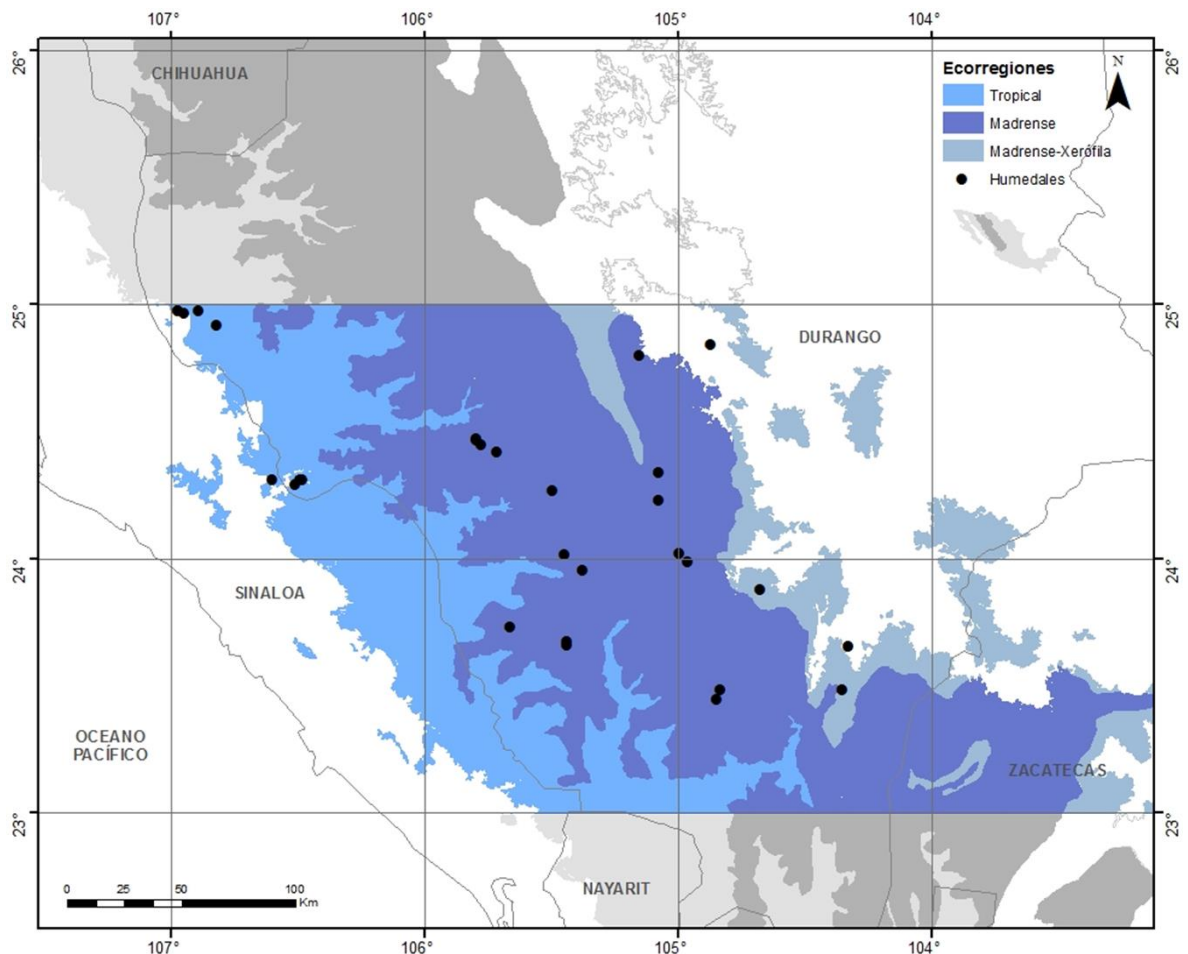


Figura 1. Ubicación del área de estudio (color) y humedales muestreados.



En sentido amplio, es posible encontrar cuatro zonas climáticas en el área de estudio (González-Elizondo *et al.*, 2012):

- a) BS. Secos y semisecos en pie de monte y ramificaciones al oriente, norte y noroeste de la sierra.
- b) C y C (E). Templados y semifríos en partes altas y medias: estos son semisecos hacia la vertiente oriental y subhúmedos en la occidental.
- c) A(C) y (A) C. Semicálidos en la vertiente occidental.
- d) (A). Cálidos en partes bajas y cañadas de la vertiente occidental.

La vegetación de la SMO se puede agrupar en tres grandes regiones (González-Elizondo *et al.*, 2012):

- a) Madrense. Compuesta por bosque de pino-encino (30.30%), bosque de encino (13.75%), bosque de pino (11.98%), chaparral secundario (0.81%), claros en bosque (0.37%), bosque mixto de coníferas (0.27%) y bosque mesófilo de montaña (0.13%).
- b) Madrense-Xerófila. De climas más secos, su vegetación está integrada por bosque bajo abierto (12.74%), matorral perennifolio (0.14%) y chaparral (0.24%), así como ecotonías con pastizal (4.08%), matorral xerófilo (0.38%), bosque xerófilo espinoso (0.03%) y pastizal halófilo (0.03%).
- c) Tropical. Formada por bosque tropical caducifolio (7.08%), bosque tropical subcaducifolio (1.57%) y matorral subtropical (3.97%).

Además, parte de la SMO se encuentra cubierta por tierras agrícolas (7.12%), pastizal inducido (4.56%), cuerpos de agua (0.20%), asentamientos humanos (0.11%), bosque de galería (0.03%) y por áreas sin vegetación (0.31%).

## 2. Muestreo

El estudio se realizó mediante un muestreo dirigido. Se localizaron humedales ubicados en las regiones ecológicas de la SMO en un intervalo latitudinal considerado. Se utilizó la información geográfica contenida en la base de datos del Herbario CIIDIR (González-Elizondo *et al.*, 2014), Google Earth, el mapa de humedales de la República Mexicana (CONAGUA, 2012a) y entrevistas con pobladores locales para detectar la presencia de humedales. Para cada humedal se registró el área aproximada del espejo de agua, la elevación sobre el nivel del mar y las coordenadas geográficas mediante un receptor de posicionamiento satelital (GPS). El muestreo se realizó durante la segunda mitad del año 2013, una vez avanzada la época de lluvias, época de mayor desarrollo de este tipo de vegetación. Los humedales muestreados debieron cumplir con los siguientes criterios:

- 1) ser humedales lénticos, tanto naturales como artificiales (zonas inundables, manantiales, lagos, lagunas, estanques, bordos y embalses).
- 2) contar con al menos una especie de planta vascular acuática o subacuática.

Para efectos de este trabajo se utiliza el término “vegetación de humedales” para hacer referencia a comunidades vegetales formadas por plantas consideradas como acuáticas y subacuáticas, hidrófitas, macrófitas y anfibias.

Las muestras botánicas de plantas vasculares se recolectaron y prepararon siguiendo la metodología propuesta por Lot y Chiang (1986) para garantizar la integridad física de los especímenes y maximizar su preservación. Los ejemplares botánicos fueron procesados y depositados en el Herbario CIIDIR. La identificación taxonómica del material botánico se llevó a cabo en el Laboratorio de Botánica y Herbario CIIDIR mediante la utilización de literatura especializada, el cotejo con otros ejemplares existentes en la colección y el apoyo de especialistas. Se asignaron nombres a las especies no identificables claramente para incorporarlas al inventario. El listado se ordenó por grupos taxonómicos y de manera alfabética, y los autores fueron abreviados de acuerdo con Villaseñor *et al.* (2008).

## **2.1 Elaboración del inventario de especies asociadas a humedales**

Los datos recabados en las colectas y la información obtenida con la identificación taxonómica se capturaron en una tabla de datos para elaborar la lista de especies acuáticas y subacuáticas y conocer la composición florística de los humedales. La lista se ordenó por grupos taxonómicos, siguiendo un orden filogenético, y de manera alfabética por familias, géneros y especies.

Se realizó una curva de acumulación de especies por ecorregión para evaluar el esfuerzo del inventario. Este procedimiento grafica el número acumulado de especies registradas en función del esfuerzo de muestreo (Colwell y Coddington, 1994) y permiten estimar el número de especies a partir de un muestreo previo (González-Oreja *et al.*, 2010). Se emplearon los estimadores no paramétricos de Chao 2, Jack 1, Jack 2 y Bootstrap con los datos de presencia-ausencia de las especies y considerando a cada humedal como unidad de muestreo. Se utilizó el programa EstimateS versión 9.1.0 (Colwell, 2013) para realizar el análisis.

## **2.2 Registro de especies en categoría de riesgo, especies introducidas y especies invasoras**

El registro de las especies en categoría de riesgo se hizo mediante la consulta de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010 (DOF, 2010) y la Lista roja de especies amenazadas (IUCN, 2014). Para el registro de especies invasoras se utilizó literatura especializada, bases de datos y listados publicados.

## **2.3 Comparación de la composición de especies entre sitios**

La comparación de la composición florística entre sitios fue realizada con datos de presencia-ausencia por medio de un análisis de agrupamiento y la aplicación del índice de similitud de Jaccard. El análisis estadístico se realizó mediante el programa PAST utilizando el método no ponderado de agrupamiento por pares usando la media

aritmética (UPGMA, por sus siglas en inglés). Los resultados se representaron gráficamente mediante la elaboración de un dendrograma.

#### **2.4 Descripción de la estructura de las comunidades vegetales**

Utilizando la información de las observaciones de campo y de imágenes fotográficas se describió la estructura de las comunidades vegetales. Se consideró la fisonomía de las principales asociaciones con base en las siguientes formas de vida o formas biológicas (Cronk y Fennessy, 2001): a) emergente, b) sumergida, c) de hojas flotantes, y d) flotadora.

#### **2.5 Identificación de amenazas antropogénicas que podrían influir en la composición de especies**

En cada humedal y sus alrededores se registraron las actividades antropogénicas que podrían constituir amenazas e influir negativamente en la composición de especies. Se consideraron observaciones directas e indirectas, incluyendo modificaciones en el terreno y en la hidrología, huellas y excretas de ganado y de animales de granja, presencia de desechos como botellas, bolsas y llantas, así como cualquier tipo de infraestructura.

## V. RESULTADOS

### 1. Humedales estudiados

Se muestrearon 30 humedales en la SMO: 18 en la ecorregión Madreña, 7 en la ecorregión Tropical y 5 en la Madreña-Xerófila. El tamaño de los humedales difirió considerablemente, desde áreas de aproximadamente 25 m<sup>2</sup> hasta otras de poco más de 104 300 m<sup>2</sup>. El intervalo altitudinal cubierto por los sitios muestreados se encuentra entre los 240 y 2 804 m snm (Anexo 1). Los humedales se clasifican, de acuerdo a su origen, en naturales (63%) y artificiales (37%), mientras que por su régimen de inundación, se catalogan en temporales (43%) y permanentes (57%) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tipos de humedal estudiados de acuerdo al origen y régimen de inundación. T= Tropical, M = Madreña, MX = Madreña-Xerófila.

Tipo de humedal	Número de humedales			
	T	M	Mx	Total
Natural				
Temporal				
Ciénega	1	10	2	13
Permanente				
Ciénega	-	1	-	1
Manantial	-	3	-	3
Manantial geotérmico	1	-	1	2
Artificial				
Permanente				
Ciénega permanente	-	-	1	1
Estanque	5	4	1	10

### 2. Riqueza florística

Se registraron 117 especies de plantas vasculares, distribuidas en 35 familias y 67 géneros (Anexo 2); de éstas, 32 son consideradas como acuáticas y 79 como subacuáticas. Los grupos taxonómicos representados son las Pteridófitas (1.7%), Gimnospermas (0.9%), Monocotiledóneas (Liliopsida, 53.8%) y Dicotiledóneas

(Magnoliopsida, 42.7%) (Cuadro 2). Las familias con mayor riqueza de especies fueron Cyperaceae (21), Asteraceae (12), Juncaceae (10), Poaceae (9) y Plantaginaceae (7) (Figura 2). Los géneros con mayor riqueza de especies fueron *Eleocharis* (10) y *Juncus* (10).

Cuadro 2. Riqueza de especies de los principales grupos taxonómicos.

Grupo taxonómico		Riqueza de especies
Pteridofitas		2
Gimnospermas		1
Angiospermas	Monocotiledóneas	63
	Dicotiledóneas	51
TOTAL		117

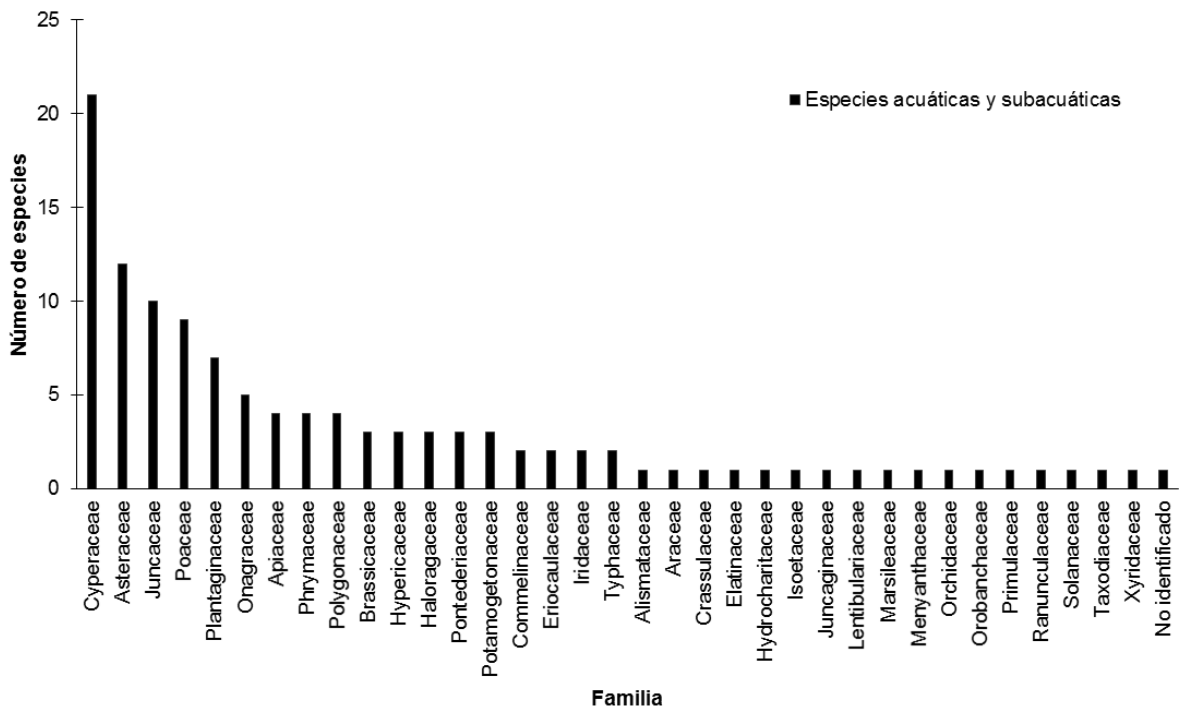


Figura 2. Representatividad de la riqueza de especies por familia en los humedales muestreados.

Las ciénegas temporales y los estanques concentran al mayor número de especies. Al obtener la relación del número de especies por cuerpo de agua las ciénegas permanentes sobresalen de los otros tipos de humedales (Cuadro 3).

Cuadro 3. Riqueza de especies y número de especies por cuerpo de agua en relación al tipo de humedal. T= Tropical, M = Madrense, MX = Madrense-Xerófila.

Tipo de humedal	Riqueza de especies			Número de especies/cuerpo de agua		
	T	M	MX	T	M	MX
Ciénega temporal	2	47	26	2	4.7	13
Ciénega permanente	-	11	23	-	11	23
Manantial	-	23	-	-	7.7	-
Manantial geotérmico	3	-	13	3	-	13
Estanque	5	47	12	1	11.7	12

La curva de acumulación de especies realizada con todos los sitios muestreados no logró estabilizarse con el esfuerzo de muestreo aplicado (Figura 3). El número de especies calculado por los estimadores fue superior al número de especies observadas ya que las 117 especies registradas representan al 55.4% según el estimador Jackknife 2, al 54.9% según Chao 2, al 68% según Jackknife 1 y al 83.6% según Bootstrap.

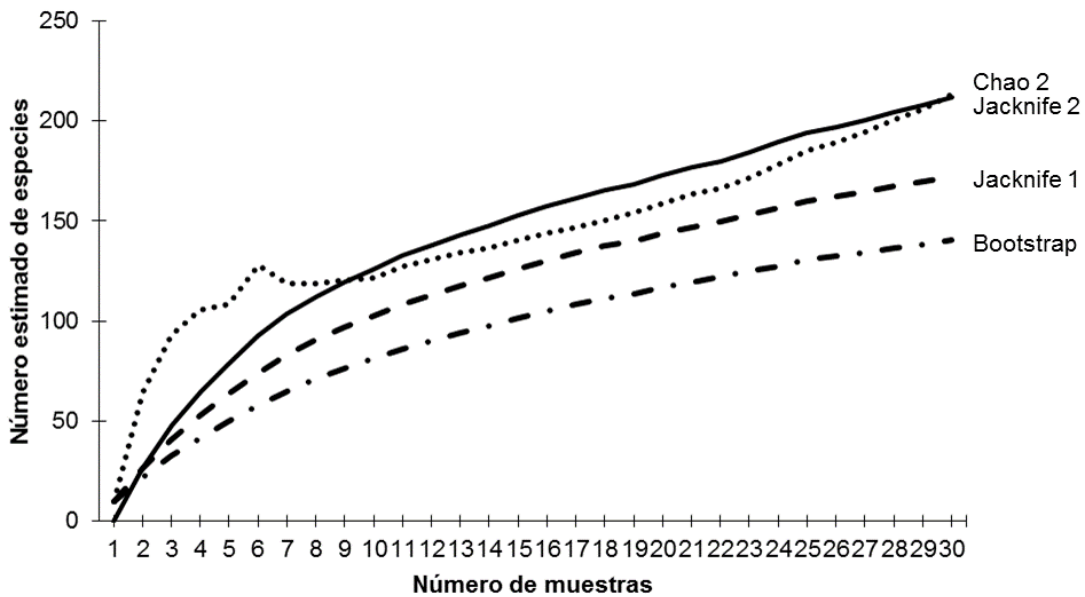


Figura 3. Curva de acumulación de especies basada en la matriz de presencia-ausencia de las especies, donde Jackknife 2 = 211, Chao 2 = 213, Jackknife 1 = 172, Bootstrap = 140.

### 3. Especies endémicas y en categoría de riesgo

Se registraron 13 especies de plantas acuáticas y subacuáticas que poseen una distribución restringida a México (Cuadro 4). La familia Asteraceae obtuvo el mayor número de endemismos (6), las demás especies pertenecieron a familias distintas. Del total de especies, *Sparganium americanum* es la única considerada dentro de alguna categoría de riesgo al estar en la Norma Oficial Mexicana (DOF, 2010) dentro de la categoría “En peligro de extinción”.

Cuadro 4. Especies acuáticas y subacuáticas endémicas y su distribución por Estados en México. M = Madreño, MX = Madreño-Xerófila.

Especie	Ecorregión	Distribución
<i>Chromolepis heterophylla</i>	M	Dgo., Mich. y Mex.
<i>Commelina socorrogonzaleziae</i>	M	Dgo., Chih., Gto., Qro., Jal. y Mich.
<i>Sagittaria demersa</i>	M y MX	Dgo., Ags., Chih., Hgo., Jal. y Qro.
<i>Eriocaulon jaliscanum</i>	M	Dgo., Ags., Jal., Mex., Mich., Qro. y Zac.
<i>Hydropectis aquatica</i>	M	Dgo. y Chih.
<i>Isöetes mexicana</i>	M	Dgo., Chih., D.F., Gto., Hgo., Jal., Mex., Mich., Mor., Nay. y Qro.
<i>Jaegeria glabra</i>	M	Dgo., Chih., Ags., D.F., Gto., Hgo., Jal., Mex., Mich. y Qro.
<i>Jaegeria purpurascens</i>	M	Dgo., Jal. y Qro.
<i>Panicum vaseyanum</i>	M y MX	Dgo., D.F., Ags., Chis., Chih., Gro., Gto., Jal., Mex. y Qro.
<i>Sisyrinchium schaffneri</i>	MX	Dgo., Chih., Coah., Gto., Hgo., Mex., Mich., Mor., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tamps. y Ver.
<i>Tagetes pringlei</i>	M	Dgo., Chih., Jal., Ags., Mich. y Mex.
<i>Trichocoryne connata</i>	M	Dgo.
<i>Xyris mexicana</i>	M	Dgo., Gto., Hgo., Jal., Mich. y Nay.

### 4. Especies introducidas y especies invasoras

Se registraron cinco especies introducidas que representan al 4.3% de la flora registrada: *Arundo donax* (POACEAE), *Myriophyllum farwellii*, *M. pinnatum* y *M. spicatum* (HALORAGACEAE), y *Persicaria lapathifolia* (POLYGONACEAE). De éstas, *A. donax* es la única considerada como especie invasora.



## 5. Similitud florística de humedales

El dendrograma construido con base en el índice de Jaccard muestra la similitud de los humedales con respecto a la composición florística (Figura 4). De manera general, la composición de especies permite reconocer la formación de 2 grupos: el más pequeño integrado por sitios ubicados en la ecorregión Tropical (Tamazula, Aguaje, Tasajeras, Picacho y Agua Caliente); y otro más grande que comprende a humedales tanto de la región Madrense como de la Madrense-Xerófila. Algunos de los humedales se separaron del resto: Coloradas que cuenta con una especie; Joyitas y Juntas con una especie; Río Tamazula con una especie; e Infiernillo con tres especies.

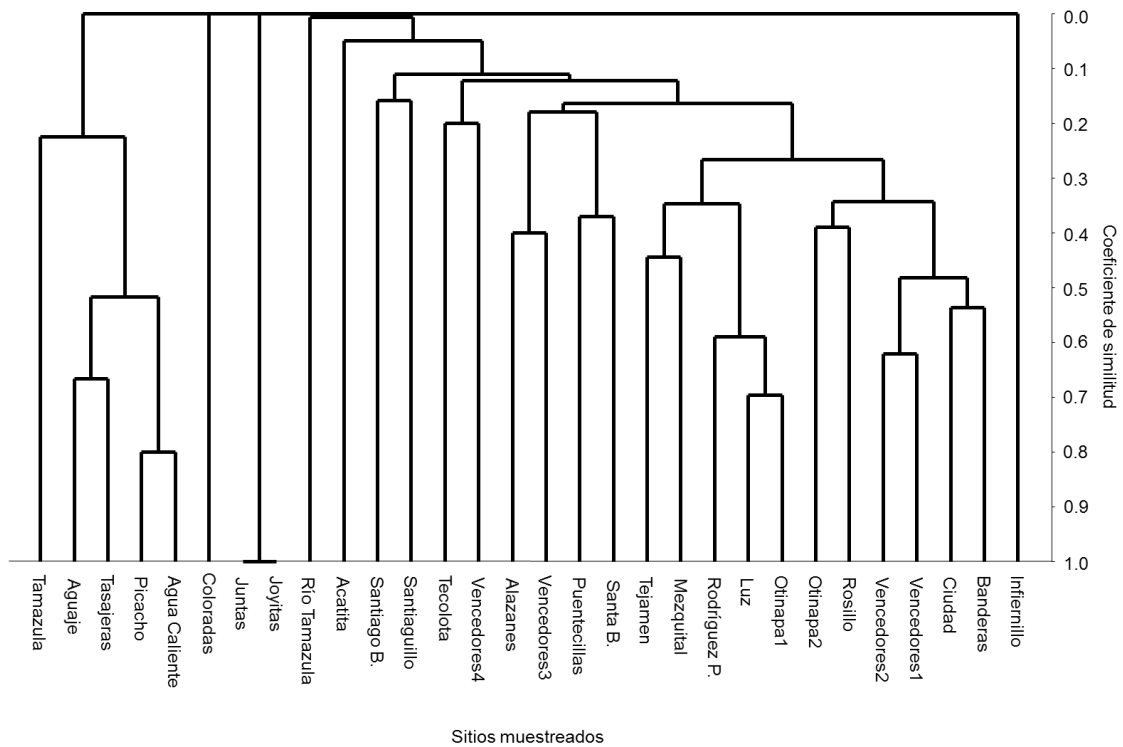


Figura 4. Dendrograma de similitud florística entre los 30 sitios muestreados mediante la aplicación del índice de similitud de Jaccard a partir de los datos de presencia-ausencia de las especies en cada humedal muestreado.

Los humedales exhibieron una alta exclusividad de especies. El número de especies exclusivas y de especies compartidas entre sitios se muestran en la figura 5. El 50%

de la flora (58 especies) solo ocurrió en un humedal y el 75% (88 especies) en tres o menos de los 30 humedales muestreados.

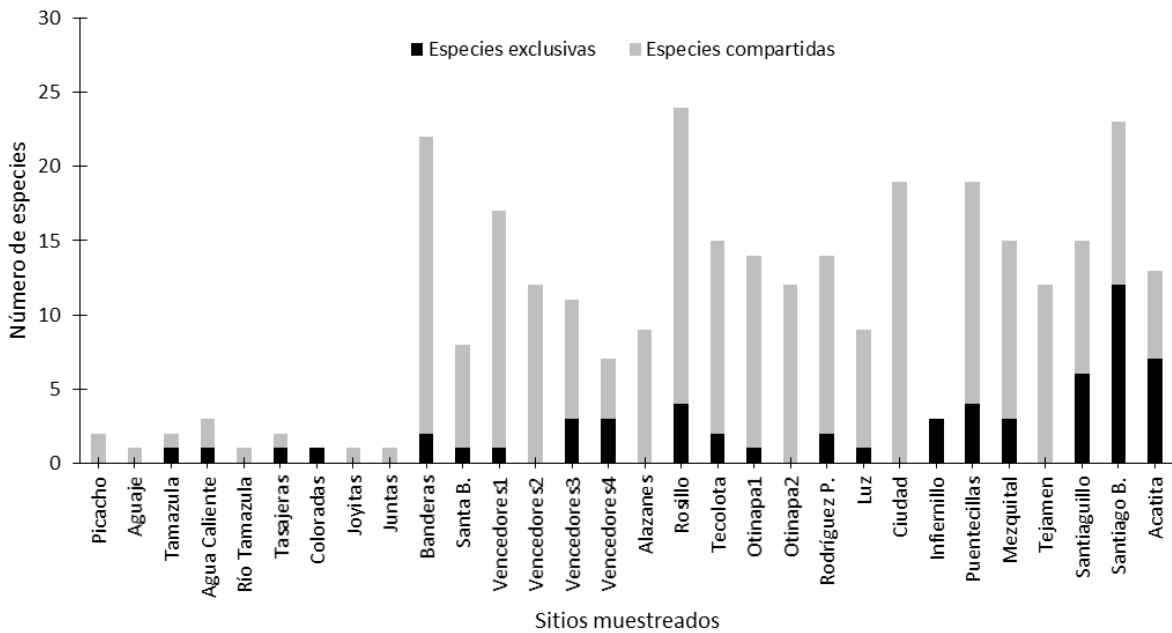


Figura 5. Número de especies exclusivas y especies compartidas entre sitios.

## 6. Estructura de la vegetación

Las plantas emergentes contribuyeron con el 86% de la flora, las sumergidas con el 11%, las de hojas flotantes con el 8% y las flotadoras con el 1%. Para representar visualmente la estructura se elaboraron perfiles esquemáticos en relación a las diferentes formas biológicas presentes y su distribución en cada tipo de humedal.

## 7. Amenazas antropogénicas que podrían influir en la riqueza de especies

Las amenazas antropogénicas detectadas en los humedales y en sus alrededores que podrían influir de manera negativa en la riqueza de especies se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Amenazas antropogénicas que podrían influir en la riqueza de especies de los humedales estudiados. T = Tropical, M = Madrense, MX = Mareense-Xerófila.

Ecorregión	Humedal	Principales amenazas
T	Picacho	Ganadería y deforestación
T	Aguaje	Agricultura
T	Tamazula	Agricultura
T	Agua Caliente	Agricultura y ganadería
T	Río Tamazula	Agricultura y ganadería
T	Tasajeras	Agricultura y ganadería
T	Coloradas	Agricultura
M	Joyitas	Ganadería
M	Juntas	Ganadería
M	Banderas	Ganadería y deforestación
M	Santa B.	Agricultura y ganadería
M	Vencedores1	Ganadería y deforestación
M	Vencedores2	Alteraciones en el régimen de inundación con tuberías
M	Vencedores3	Asentamientos humanos y deforestación
M	Vencedores4	-
M	Alazanes	Ganadería y desechos (bolsas, botellas, llantas)
M	Rosillo	Obstrucción del flujo del agua
M	Tecolota	Extracción de agua
M	Otinapa1	Ganadería y deforestación
M	Otinapa2	Ganadería y deforestación
M	Rodríguez P.	Ganadería y deforestación
M	Luz	Ganadería, alteraciones hidrológicas por construcción de represa y deforestación
M	Ciudad	Asentamientos humanos, ganadería y deforestación
M	Infiernillo	-
M	Puentecillas	Asentamientos humanos, actividades recreativas
MX	Mezquital	Desechos (bolsas, botellas, llantas)
MX	Tejamen	Ganadería
MX	Santiaguillo	Ganadería
MX	Santiago B.	Agricultura, ganadería, alteraciones hidrológicas por presencia de presa
MX	Acatita	Asentamientos humanos, extracción de agua y alteraciones en el flujo por canalización, y ganadería

## VI. DISCUSIÓN

Los inventarios son indispensables para apoyar la conservación y el manejo integral de los humedales a nivel regional nacional o internacional (Finlayson y van der Valk, 1995); sin embargo, el hecho de que muchos humedales no se encuentren asociados a cuerpos de agua como lagos, ríos, etc., hace que su detección sea más complicada (Tiner, 2012). Gran parte de los humedales estudiados en este trabajo son demasiado pequeños y aislados para figurar en el mapa de Humedales de la República Mexicana (CONAGUA, 2012a), a pesar de que este está elaborado con un enfoque multiescala (1:250 000 nivel nacional, 1:50 000 nivel cuencas y 1:20 000 nivel humedal o complejo de humedal) (CONAGUA, 2012b). Varios caben dentro del concepto de humedales geográficamente aislados, definidos como “humedales rodeados completamente por tierra” (Tiner, 2003). Estos son generalmente más pequeños, comparten funciones y atributos estructurales con otros humedales, y contribuyen de manera significativa a la biodiversidad de una región (Kirkman et al., 2012; Semlitsch y Bodie, 1998). La mayoría de los sitios estudiados en este trabajo (87%) corresponden a humedales de este tipo.

### Riqueza florística

Los humedales de la región estudiada albergan cerca del 62% de la flora acuática y subacuática conocida para la SMO del estado de Durango (González-Elizondo *et al.*, 2014; Heynes-Silerio *et al.*, 2014). Los estimadores de riqueza indican que el inventario de especies acuáticas y subacuáticas del área estudiada aún no está completo. Considerando las 180 especies acuáticas y subacuáticas conocidas para la SMO del estado de Durango como el valor de riqueza de especies existente, el estimador Jackknife 1 (172 especies) obtuvo la mejor aproximación de la riqueza de especies.

La ecorregión Madrense, integrada principalmente por bosques de pino-encino, bosques de encino y bosques de pino fue la que presenta el mayor número de especies acuáticas y subacuáticas (77), seguida de la ecorregión Madrense-Xerófila (59) en la que dominan los bosques bajos abiertos. Los bosques de coníferas y encinos de

México destacan de otros tipos de vegetación debido a que, por la superficie que ocupan en el país, albergan al mayor número de especies de plantas (Rzedowski, 1993). La ecorregión Tropical en la que dominan bosques tropicales caducifolios y matorrales tropicales, fue en la que se registró el menor número de especies (7), a pesar de que, a nivel general, la diversidad de las regiones tropicales es ampliamente reconocida, y es en los bosques tropicales en los que se encuentra al mayor número de especies por unidad de área (Rzedowski, 1993).

A nivel global la vegetación acuática de las regiones tropicales sobresale. En un estudio que compara el número de especies de macrófitas acuáticas de cada región biogeográfica (Chambers *et al.*, 2008) se encontró que la zona Neotropical posee la mayor cantidad de especies (984) mientras que en la zona Neártica la riqueza de especies se considera como intermedia (644). Los humedales estudiados en la ecorregión Tropical corresponderían a la región biogeográfica Neotropical y los demás humedales lo harían a la Neártica. La riqueza de especies de plantas acuáticas y subacuáticas en las zonas tropicales de la SMO no es alta. Hasta la fecha, se reportan cerca de 26 especies asociadas a humedales en esta parte de la SMO (González-Elizondo *et al.*, 2014; Heynes-Silerio *et al.*, 2014), cifra aún por debajo de las especies registradas en este estudio para las regiones Madreña y Madreña-Xerófila.

En general, los tipos de humedal con mayor riqueza de especies son las ciénegas temporales y los estanques. Sin embargo, al considerar las diferencias en el esfuerzo de muestreo entre los tipos de humedal, los cuerpos de agua permanentes albergan al mayor número de especies por cuerpo de agua, destacando las ciénegas permanentes con 19.5 especies.

La proporción de monocotiledóneas (53.8%) fue superior a la de las dicotiledóneas (42.7%), patrón generalmente encontrado entre las plantas que habitan zonas inundables y que difiere al observado en las plantas terrestres en el que la proporción de dicotiledóneas es mayor (Mora-Olivo *et al.*, 2013). Estimaciones realizadas muestran que solo el 14% de las familias de dicotiledóneas son acuáticas mientras que

el 52% de las familias de monocotiledóneas tiene representantes acuáticos (Les y Schneider, 1995, citado por Cronk y Fenessy, 2001), lo que podría explicar la dominancia de este grupo en los humedales. Con dos especies de helechos y una gimnosperma, estos grupos taxonómicos estuvieron escasamente representados. La familia Cyperaceae fue la que tuvo el mayor número de especies (21). Diversos estudios sobre plantas de humedales han reportado una alta riqueza ciperáceas (Martínez y García, 2001; Peralta-Peláez y Moreno-Casasola, 2009; Moreno-Casasola *et al.*, 2010; Heynes, 2012; Lot, 2012; Zepeda-Gómez *et al.*, 2012; Mora-Olivo *et al.*, 2013). En el país se estiman 125 especies acuáticas o subacuáticas de esta familia (Diego-Pérez y González-Elizondo, 2013).

Se encontraron cinco nuevos registros para la SMO del estado de Durango: *Cardamine flaccida* (Brassicaceae), *Cyperus ochraceus* y *Schoenus nigricans* (Cyperaceae), *Hypericum mutilum* (Hypericaceae) y *Limosella aquatica* (Plantaginaceae).

### **Especies endémicas y en categoría de riesgo**

Los endemismos se encontraron en la región Madreña (13 especies) y Madreña-Xerófila (3 especies), y representaron al 11% de las especies registradas en este estudio. *Trichocoryne connata* e *Hydropectis aquatica* restringen su distribución a la SMO y las 11 especies restantes habitan principalmente la zona centro y norte del país.

*Trichocoryne connata* habita en ciénegas y orillas de arroyos en bosques de *Pinus-Quercus* entre los 1 000 y 2 780 m snm (González-Elizondo *et al.*, 2014). Fue encontrada en sitios con poca profundidad en estanques y ciénegas de bosque entre los 2 552 y los 2 752 m de altitud, en poblaciones bastante numerosas. *Hydropectis aquatica* se conoce de zonas inundables poco profundas en bosques de *Pinus-Quercus* de Durango y Chihuahua, de los 2 400 a los 2 600 m snm (Turner, 1996). En este estudio se registró en áreas poco profundas de ciénegas de bosque, entre los 2 342 y los 2 498 m de elevación.

*Panicum vaseyanum* fue la especie endémica que mostró una menor especificidad por el hábitat. Es conocido de entre los 1 950 y los 2 530 m snm, en ciénegas, orilla de lagunas, canales de riego, zanjas inundadas en bordes de camino y aguas estancadas en el bosque de *Quercus* (Herrera y Peterson, 2013). Su distribución se extendió por humedales de la región Madreña y la Madreña-Xerófila situados en bosque de *Pinus*, bosque de *Pinus-Quercus*, bosque bajo abierto de *Pinus-Quercus* y Matorral xerófilo, tanto en ciénegas como en estanques, en elevaciones que van de los 2 051 a los 2 502 m.

*Sparganium americanum* es la única especie dentro de alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010). Esta especie es muy abundante en arroyos de bosque templado semihúmedo de la SMO (González-Elizondo *et al.*, 2007). Aunque su distribución se extiende hasta Canadá, en México solo se conoce de tres localidades cerca de El Salto, municipio de Pueblo Nuevo, Durango (Lot, 2013), por lo que se encuentra protegida a nivel federal. Esta especie solo se registró en un humedal (Vencedores 3) en bosque de *Pinus-Quercus*, formando una población de muy pocos individuos.

Cerca de la mitad de las especies endémicas pertenecieron a las compuestas (*Chromolepis heterophylla*, *Hydropectis aquatica*, *Jaegeria glabra*, *Jaegeria purpurascens*, *Tagetes pringlei* y *Trichocoryne connata*), familia con una importante representación (cerca de dos tercios) dentro de las especies endémicas de México (Rzedowski, 1991).

Los tipos de humedal con mayor número de endemismos son las ciénegas temporales (9) y los estanques (5). Algunas especies se registraron en unas cuantas poblaciones y con muy pocos individuos, y aunque no están consideradas como endémicas fueron particularmente raras: *Crassula saginoides*, *Elatine branchysperma*, *Myriophyllum farwelli*, *Cardamine flaccida*, *Limosella aquatica* y *Datura ceratocaula*.

## Especies invasoras

Dentro de las especies registradas hay algunas consideradas como invasoras en México (Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2013). De ellas, *Schoenoplectus americanus*, *Lemna aequinoctialis*, *Najas guadalupensis* var. *guadalupensis*, *Typha domingensis*, *Typha latifolia*, *Berula erecta*, *Ceratophyllum demersum*, *Utricularia gibba*, *Nymphoides fallax*, *Ludwigia peploides* ssp. *peploides*, *Polygonum hydropiperoides*, *Polygonum punctatum* var. *eciliatum* son catalogadas así por ser especies nativas de México que se han establecido en otras regiones del país (traslocadas). Cabe mencionar que no se observó ningún comportamiento invasivo por parte de las especies traslocadas en el área estudiada.

*Arundo donax* es una exótica introducida en el país probablemente con la llegada de los primeros españoles (Cortés *et al.*, 2009). Es considerada como una planta prioritaria en materia de especies invasoras en México por desplazar a la flora nativa, provocar la desecación de los cuerpos de agua por su elevada evotranspiración, alterar la hidrología local y promover la propagación de fuegos de alta intensidad (CONABIO *et al.*, 2006). Además, es catalogada como una de las 100 peores especies invasoras a nivel mundial ya que una vez que se establece es muy difícil de controlar (GISD, 2005). Esta especie es nativa del viejo mundo y ha invadido regiones subtropicales, tropicales y templadas en el planeta (Cortés *et al.*, 2009). En la SMO se registró en la zona Madreense-Xerófila, en colonias aún pequeñas pero densas en la orilla de los cuerpos de agua. *A. donax* ya ha causado severos problemas en numerosos humedales de Estados Unidos y se está dispersando hacia los del norte de México (Cortés *et al.*, 2009), ocasionando incluso la extinción de una especie de pez endémico (*Etheostoma segrex*) que habitaba el Río Nadadores, muy cercano al valle de Cuatro Ciénegas Coahuila (Hendrickson *et al.*, 2005).



## Similitud florística

En general, la composición de especies entre los humedales estudiados difiere en gran medida. El dendrograma de similitud permite distinguir dos grupos: uno formado por los sitios ubicados en la ecorregión Tropical (Tamazula, Aguaje, Tasajeras, Picacho y Agua Caliente), y otro más grande que comprende humedales tanto de la región Madrense como de la Madrense-Xerófila.

Las ecorregiones Madrense y Madrense-Xerófila comparten 24 especies, las cuales representan cerca de la quinta parte (22%) de las registradas en este estudio. De las 110 especies registradas conjuntamente para estas dos ecorregiones, 52 (47%) se registraron exclusivamente en la Madrense y 33 (30%) en la Madrense-Xerófila. Por otra parte, de las 110 especies, 29 (26%) se registran solamente de humedales de esta región. Otras se distribuyen desde la ecorregión Madrense hacia el oriente, en el Altiplano Mexicano (34, 31% de las 110 especies), de las cuales 17 se registraron en la Madrense-Xerófila, por lo que las otras 17 posiblemente se pueden encontrar también en esta última ecorregión. Y hay otras especies que en este trabajo solo se registran de la ecorregión Madrense-Xerófila: de las 59 especies, 25 (42%) solo se han registrado en esta ecorregión y no en el Altiplano Mexicano ni en ninguna de las otras ecorregiones. La ecorregión Tropical y la Madrense-Xerófila compartieron una sola especie (*Diplachne fusca* subsp. *fascicularis*).

Cuatro humedales se separan del resto de los sitios (ver figura 4). El humedal Infiernillo (Figura 6), es el que presenta mayor divergencia. Se localiza en una zona de interés ecológico y biogeográfico por encontrarse en una cañada con condiciones ambientales de alta humedad y temperaturas relativamente bajas que prevalecieron en el país hace unos 9 000 años, en las que se desarrollan elementos relictuales de *Picea chihuahuana*, y que en la actualidad se encuentran escasamente representadas en el territorio nacional (Gordon, 1968). En este humedal se registró *Packeria sanguisorbae*, *Eleocharis acicularis* y *Platanthera limosa*, todas éstas subacuáticas emergentes. La zona en la que se encuentra este humedal ya ha sido reconocida como una zona

prioritaria para la conservación de la biodiversidad en el estado de Durango (SRNyMA-Dgo, 2005).



Figura 6. Humedal Infiernillo en ecorregión Madreña rodeado de bosque de coníferas.

Los otros tres humedales presentan únicamente una especie: Río Tamazula, de donde solo se registra a *Diplachne fusca*, y Joyitas y Juntas, en los que se comparte a *Heteranthera limosa*.

El humedal Acatita (Figura 7) se encuentra en una región florística singular debido a que se encuentra en una zona de transición en la que varios elementos de matorral xerófilo del semidesierto al oriente de la SMO se mezclan con elementos de matorral subtropical que ingresan a través de cañadas desde la vertiente occidental. La vegetación del humedal estuvo integrada por *Eleocharis rostellata*, *Sisyrinchium schaffneri*, *Ludwigia octovalvis*, *Escobedia laevis* y *Taxodium mucronatum*, elementos conocidos de la parte xerófila de la SMO y del Altiplano Mexicano, y por *Schoenus nigricans*, nuevo registro para la SMO del estado de Durango.



Figura 7. Humedal Acatita en ecorregión Madrense-Xerófila, en la que elementos de matorral xerófilo se mezclan con elementos de matorral subtropical.

### **Estructura de la vegetación**

La estructura de la vegetación se mostró más compleja en las ecorregiones Madrense y Madrense-Xerófila, exhibiendo un número mayor de formas biológicas y de asociaciones vegetales, caso contrario a la ecorregión Tropical debido a la presencia de un menor número de especies. A pesar de las múltiples asociaciones vegetales, los patrones observados en la estructura de la vegetación de los humedales siguen un esquema general (Figura 8).

Las plantas emergentes tendieron a dominar en las tres ecorregiones. Fue la forma de vida con la composición de especies más diversa pues incluye a especies acuáticas y subacuáticas. Se encontró desde los márgenes de los humedales, en los que las plantas subacuáticas son más abundantes y se entremezclan con algunas especies tolerantes, así como hacia el interior, en el que las plantas acuáticas se hacen más numerosas y la cantidad de subacuáticas se reduce.

Las plantas sumergidas y las de hojas flotantes solo se registraron en las ecorregiones Madrense y Madrense-Xerófila. Las plantas sumergidas habitan debajo del nivel del agua, desde zonas cercanas a la orilla hasta las más profundas. La vegetación de hojas flotantes dominó en partes de algunos humedales, se desarrolla en lugares no tan profundos ya que requiere que sus hojas superen el nivel del agua. Es común encontrar asociaciones de plantas sumergidas y de hojas flotantes asociadas en los humedales. Las plantas flotantes solo se registraron en la región Tropical, cubriendo en algunos casos la superficie del humedal.

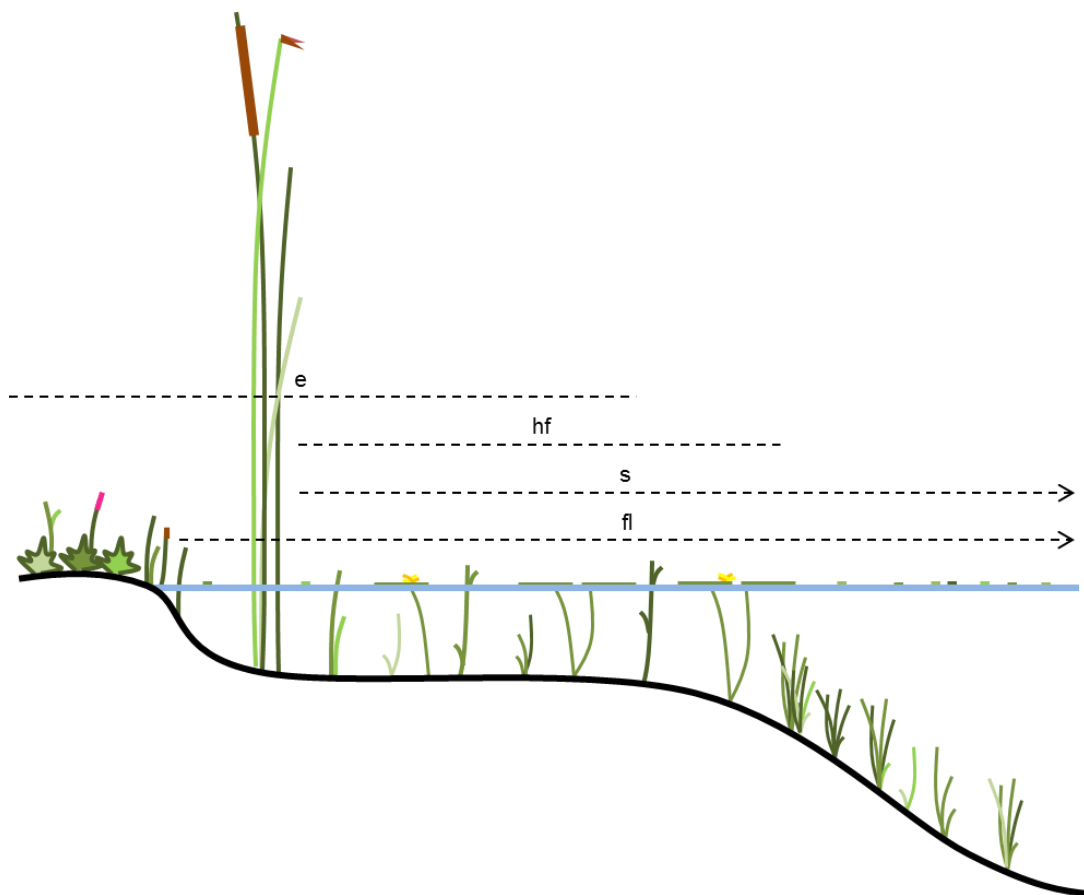


Figura 8. Patrón general de distribución de las diferentes formas de crecimiento de las plantas de humedales. e. Emergente; s. Sumergida; hf. Hojas flotantes; fl. Flotante.

La clasificación de plantas acuáticas, subacuáticas y tolerantes no parece ser suficiente para clasificar a las especies de los humedales debido a que varias de ellas presentan características intermedias. Hay especies que son consideradas como subacuáticas pero que ocurren más frecuentemente en condiciones de inundación, como *Hidrocotyle* spp., *Gratiola oresbia* y *Eriocaulon* spp. De la misma forma, se observaron especies catalogadas como tolerantes que crecen más frecuentemente en suelos inundados que en áreas secas, como *Pyrrhopappus pauciflorus*, *Achillea millefolium* y *Rumex crispus*. Por otra parte, debido a la variación de las condiciones de humedad en la SMO hay especies que en las zonas con climas más húmedos crecen fuera de los humedales, por lo que son consideradas como tolerantes. Sin embargo, las mismas especies, en condiciones más secas, solo se encontraron dentro de los humedales.

A continuación, se describen las características generales de los tipos de humedal y sus principales asociaciones vegetales usando como base las formas biológicas. Después, se muestran figuras que ilustran la estructura de la vegetación y sus especies dominantes, y se presentan los perfiles de vegetación correspondientes.

**Ciénegas temporales.** Humedales alimentados por la lluvia, con fases marcadamente secas y húmedas a lo largo del año. El nivel del agua se mantiene muy cercano a la superficie del suelo y se sitúan en ligeras depresiones en el terreno (Figuras 9-14). Las ciénegas superficiales están habitadas principalmente por plantas emergentes como *Juncus ebracteatus* y *Eleocharis* spp. Algunas están dominadas por una sola especie, como *Jaegeria purpurascens* o *Heteranthera limosa*. En la ecorregión Madreense-Xerófila dominan *Heteranthera* spp. con *Paspalum distichum* y *Eleocharis* spp., o solo especies de *Eleocharis*. En las ciénegas temporales con mayor profundidad se presentan también plantas de hojas flotantes y plantas sumergidas. Sobresalen plantas emergentes como *Luziola fluitans* con *Heteranthera rotundifolia*; o con *Jaegeria glabra* asociadas con otras de hojas flotantes como *Potamogeton nodosus* y la sumergida *Myriophyllum pinnatum*; o las de *Sagittaria demersa*, *H. peduncularis* y *J. purpurascens* con sumergidas como *M. pinnatum* y *Lentibularia gibba*; y otras de

*Eryngium mexicanum*, *J. purpurascens* y *H. peduncularis* con una planta de hojas flotantes (*Nymphoides fallax*) y con la sumergida *M. pinnatum*. En la región Tropical las especies tolerantes pueden ser abundantes en este tipo de humedal, hasta el punto de constituir a la vegetación dominante.



Figura 9. Ciénega temporal en bosque de *Pinus* en la ecorregión Madreña (Alazanes). Humedal superficial dominado por la emergente *Juncus ebracteatus*.



Figura 10. Ciénega temporal en área perturbada en la ecorregión Madreña (Rodríguez P.). Humedal superficial dominado por la emergente *Jaegeria purpurascens*.



Figura 11. Ciénega temporal en bosque bajo abierto en la ecorregión Madreña-Xerófila (Mezquital). Área de inundación poco profunda en la que predominan plantas emergentes de *Heteranthera*, *Paspalum distichum* y *Eleocharis* spp.



Figura 12. Ciénega temporal en bosque de *Pinus-Quercus* en la ecorregión Madreña (Banderas). Zona inundable en la que dominan plantas emergentes como *Eryngium mexicanum*, *Heteranthera peduncularis* y *Jaegeria purpurascens* y plantas de hojas flotantes, principalmente *Nymphoides fallax* y sumergidas como *Myriophyllum pinnatum*.



Figura 13. Ciénega temporal asociada a un río en bosque tropical caducifolio, en la ecorregión Tropical (Río Tamazula). La estructura de la vegetación en este humedal está dominada por plantas emergentes tolerantes.



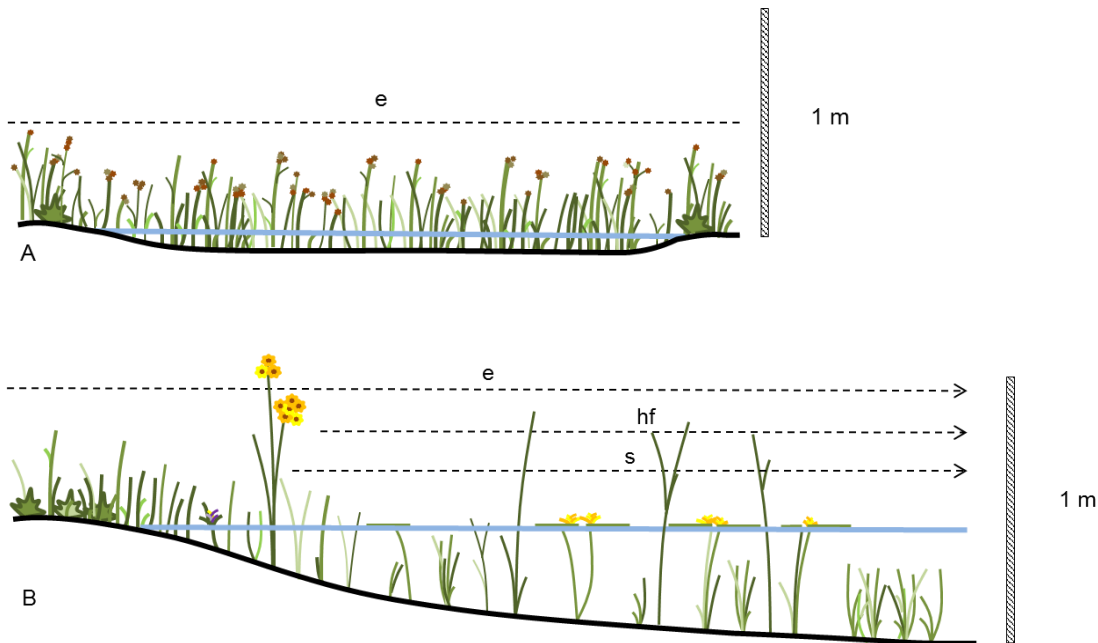


Figura 14. Perfiles representativos de la estructura de la vegetación de las ciénegas temporales. Las ciénegas superficiales son dominadas por plantas emergentes (A) mientras que las más profundas exhiben mayor variedad de formas biológicas (B). e. Emergente; s. Sumergida; hf. Hojas flotantes.

**Ciénegas permanentes.** Humedales en los que el suministro de agua proviene principalmente de aguas superficiales, como filtraciones o pequeñas escorrentías. Las fluctuaciones en el nivel del agua son moderadas, pudiendo alcanzar profundidades mayores a un metro. Ocurren en valles y planicies en la SMO (Figuras 15 y 16). Su estructura está dominada por plantas emergentes y presentan especies con hojas flotantes y sumergidas. Las asociaciones dominantes son de *Persicaria* y *Heteranthera peduncularis*. En la región Madreense-Xerófila dominan especies de *Juncus* y *Typha domingensis* en los márgenes, con *Myriophyllum spicatum* (sumergida) hacia el interior del humedal.



Figura 15. Ciénega permanente en matorral xerófilo en la ecorregión Madreense-Xerófila (Santiago B.). En ella domina la emergente *Typha domingensis* y la sumergida *Myriophyllum spicatum*.

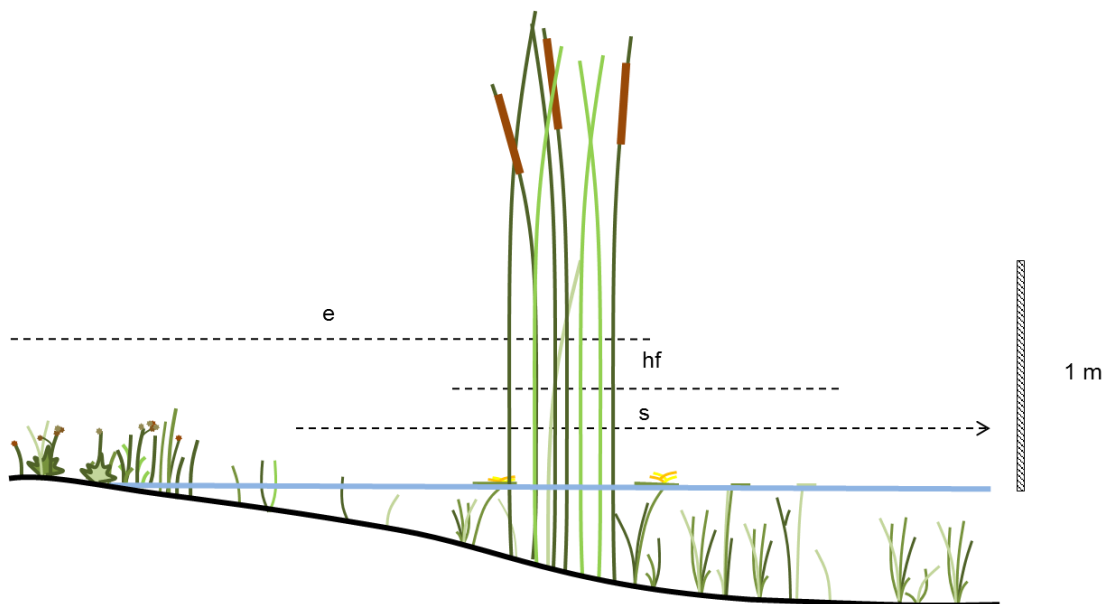
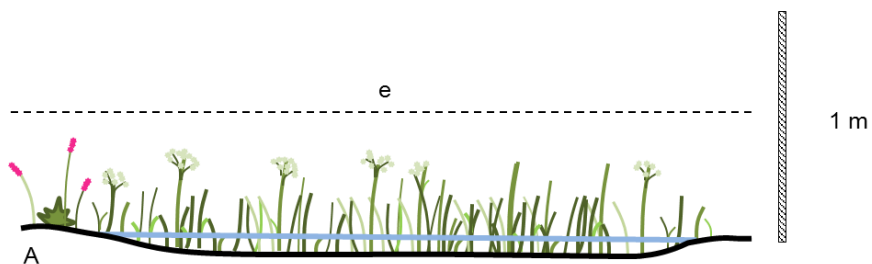


Figura 16. Perfil representativo de la estructura de la vegetación de las ciénegas permanentes. Las plantas emergentes destacan en los márgenes y las sumergidas lo hacen hacia el interior del humedal. e. Emergente; s. Sumergida; hf. Hojas flotantes.

**Manantiales.** Humedales permanentes, alimentados por aguas subterráneas, poco profundos y situados en pendientes suaves (Figuras 17 y 18). Su estructura está conformada por plantas emergentes, en la que dominan asociaciones de *Packera sanguisorbae* y *Platanthera limosa*, de *Berula erecta* y *Eleocharis acicularis*, y de especies de *Juncus* y con *Eleocharis*.



Figura 17. Manantial en bosque de coníferas en la ecorregión Madreña (Infiernillo). Humedal superficial en el que dominan las emergentes *Packera sanguisorbae* y *Platanthera limosa*.



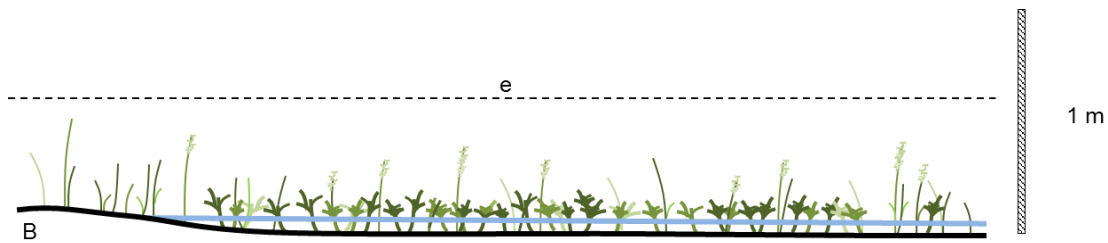


Figura 18. Perfiles representativos de la estructura de la vegetación de los manantiales. Con diferentes asociaciones vegetales (A y B), las plantas emergentes son las únicas presentes en estos humedales. e. Emergente.

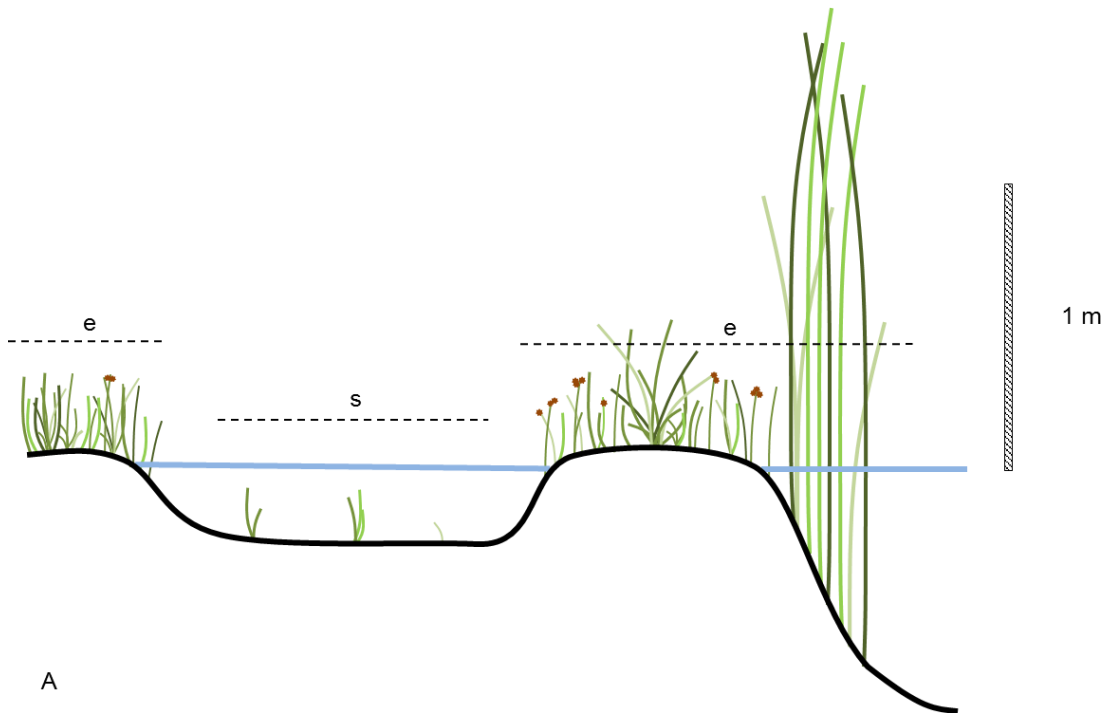
**Manantiales geotérmicos.** Humedales permanentes con una hidrología dependiente de aguas subterráneas, cuya principal característica es la presencia de agua caliente debido al calor existente en el interior de la Tierra. Se sitúan en terrenos generalmente planos (Figuras 19-21). En la región Madreña-Xerófila dominan plantas emergentes, principalmente *Eleocharis rostellata*, *Schoenoplectus americanus* y el sabino (*Taxodium distichum* var. *mexicanum*). En la región Tropical la superficie de este tipo de humedal está cubierta por la flotadora *Lemna* aff. *aequinoctialis*.



Figura 19. Manantial geotérmico en la ecorregión Madreña-Xerófila (Acatita). Predominan *Eleocharis rostellata*, *Schoenoplectus americanus* y *Taxodium distichum* var. *mexicanum*.



Figura 20. Manantial geotérmico en bosque tropical caducifolio en la ecorregión Tropical (Agua Caliente). Superficie cubierta por *Lemna* aff. *aequinoctialis*, acuática flotadora.



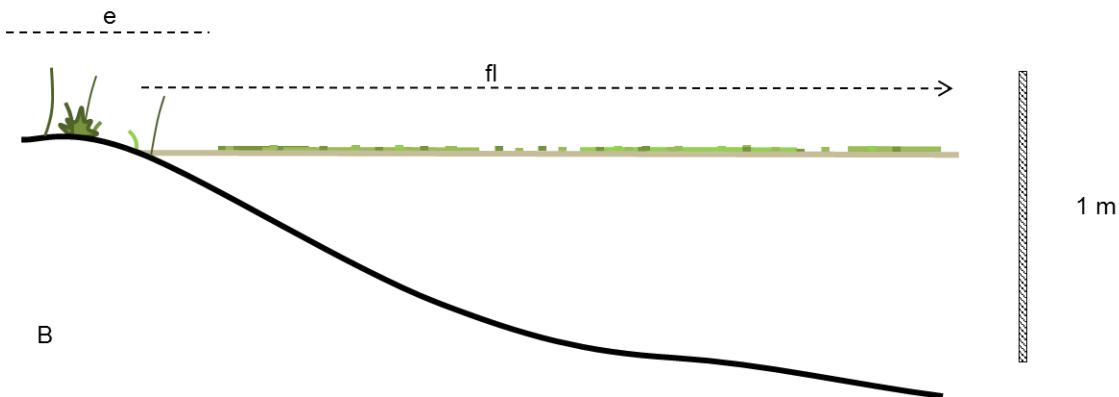


Figura 21. Perfiles representativos de la estructura de la vegetación en los manantiales geotérmicos. Las plantas emergentes y las sumergidas se presentan en la región región oriental de de la SMO (A) mientras que las emergentes y las flotantes lo hacen el la zona occidental (B). e. Emergente; s. Sumergida; fl. Flotadora.

**Estanques.** Cuerpos de agua abiertos, más pequeños que los lagos y de origen artificial. Frecuentemente superan el metro de profundidad. El nivel del agua se mantiene muy por encima de la superficie del suelo y sus fluctuaciones pueden ir de casi nulas a moderadas (Figuras 22-26). En su vegetación sobresalen plantas de hojas flotantes y cantidades menores de especies emergentes y de sumergidas. En su composición dominan las asociaciones siguientes asociaciones: a) *Eryngium mexicanum*, *Trichocoryne connata*, *Juncus* spp. y *Ranunculus hydrocharoides*; b) *Persicaria mexicana*, *Eleocharis acicularis* y *Luziola fluitans* con *Marsilea* sp. (plantas de hojas flotantes); c) *Persicaria* spp., *Juncus microcephalus*, *Eleocharis macrostachya* y *Ludwigia peploides* con *Nymphoides fallax*. En la región Madreense-Xerófila de la SMO dominan *Heterenthera rotundifolia* y *Ludwigia peploides*, *Potamogeton nodosus* entre las de hojas flotantes y *Najas guadalupensis* entre las sumergidas; en los estanques más profundos predominan comunidades de *Schoenoplectus californicus*, *N. fallax* y *P. nodosus*. En algunos estanques de la parte Tropical dominana plantas flotadoras de *Lemna* aff. *aequinoctialis*.



Figura 22. Estanque en bosque de *Pinus* en la ecorregión Madreña (Rosillo). Humedal dominado por especies emergentes de *Eryngium mexicanum*, *Trichocoryne connata* y *Juncus* spp. y por hojas flotantes de *Ranunculus hydrocharoides*.



Figura 23. Estanque en bosque de *Pinus-Quercus* en la ecorregión Madreña (Vencedores2). Humedal artificial poco profundo en el que *Persicaria mexicana*, *Luziola fluitans* y *Eleocharis* spp. con el helecho de hojas flotantes *Marsilea* sp. son las especies dominantes.



Figura 24. Estanque en bosque de *Pinus-Quercus* en la ecorregión Madreña (Santa B.). Sorbesalen asociaciones de *Nymphoides fallax* (hojas flotantes) con diversas plantas emergentes.



Figura 25. Estanque en bosque tropical caducifolio en la ecorregión Tropical (Picacho). Humedal artificial con la superficie del agua cubierta por plantas flotadoras de *Lemna* aff. *aequinoctialis*.



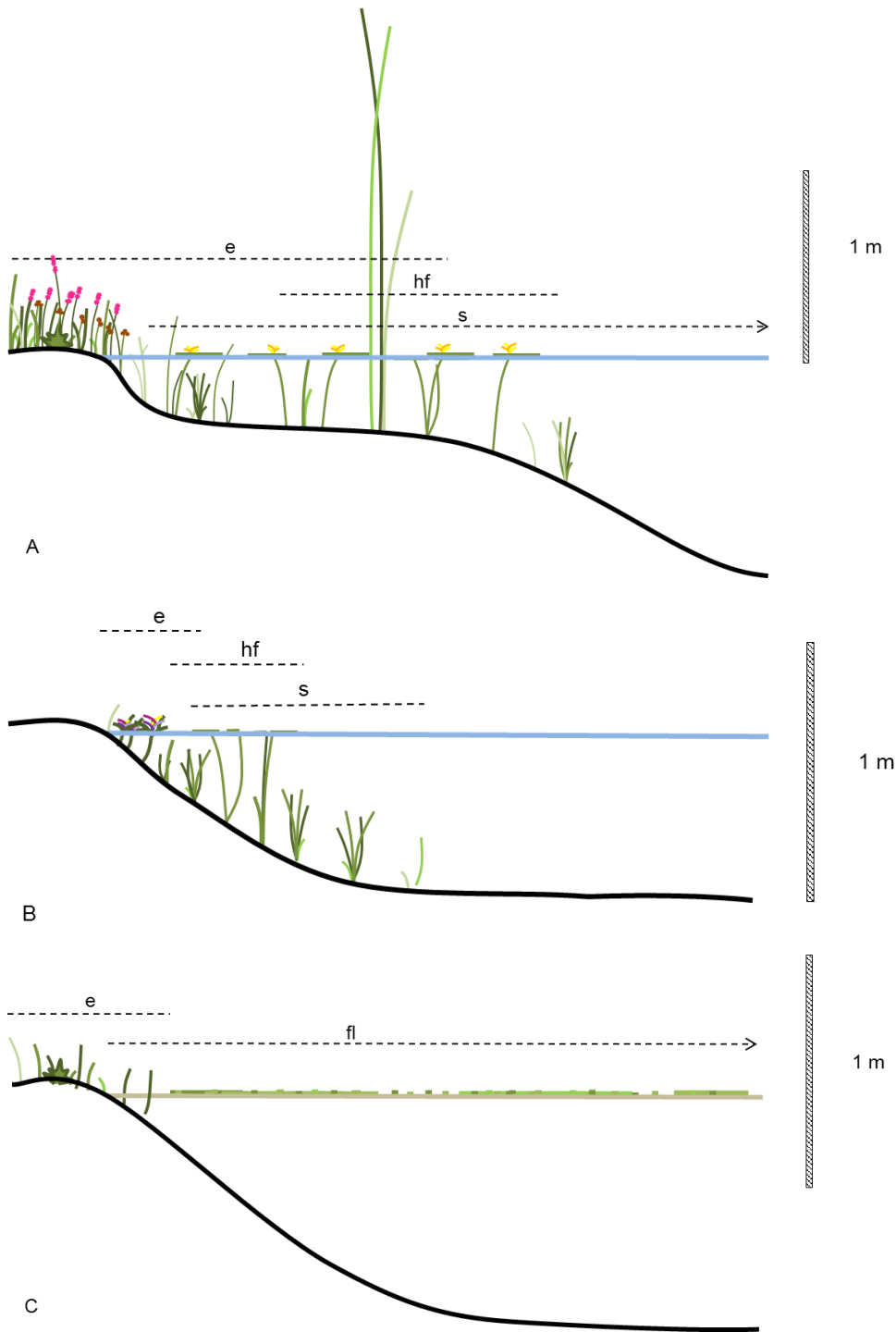


Figura 26. Perfiles representativos de la estructura de la vegetación en los estanques. Las plantas emergentes, de hojas flotantes y las sumergidas se presentan en la región Madrense (A) y Madrense-Xerófila (B), mientras que en la ecorregión Tropical (C) destacan las plantas flotadoras. e. Emergente; s. Sumergida; hf. Hojas Flotantes; fl. Flotadora.

## Amenazas antropogénicas

El aprovechamiento de los recursos de la SMO ha estado acompañado de la pérdida y degradación de sus ecosistemas. Desde el establecimiento del primer aserradero en 1880, sus bosques han sido talados reduciendo drásticamente su superficie (Lammertink *et al.*, 1997). En la actualidad, después de más de 130 años de explotación, las actividades económicas se han diversificado y el alcance de su impacto se ha visto reflejado en la desaparición de algunas especies animales, como el pájaro carpintero imperial, el lobo mexicano y el oso gris (Lammertink *et al.*, 1997; CONABIO, 2011). Aunque aún no hay registros de plantas extintas en la SMO como resultado de actividades antropogénicas, sí se han observado cambios negativos en su vegetación. En general, los bosques se están haciendo más abiertos y en ciertas zonas están siendo sustituidos por matorrales (Casas *et al.*, 1995; González-Elizondo *et al.*, 2012; Márquez-Linares *et al.*, 2006).

Gran parte de los humedales estudiados se encuentran siendo explotados, lo que pone en riesgo su integridad ecológica. El agua y la vegetación están siendo afectadas por el ganado; además, el agua es extraída o desviada para uso humano y para irrigar cultivos, y su flujo es obstruido para crear reservorios. La ganadería, la agricultura y la deforestación son las amenazas más frecuentes en la zona estudiada. La ganadería se observó en las tres ecorregiones, registrándose en algunos casos especies de ciperáceas ramoneadas (*Schoenoplectus americanus* y *Eleocharis* spp.), y también se observó al ganado alimentándose de *Nymphoides fallax*. En los humedales y áreas cercanas a ellos fue común ver al ganado o numerosas huellas y excretas. El ganado suelto en la SMO es algo frecuente (Lammertink *et al.*, 1997) y su impacto en la vegetación es diverso: puede reducir la biomasa al alimentarse de las plantas, su pisoteo puede provocar daño físico a la vegetación y compactar el suelo en el que se desarrollan, generar exceso de nutrientes y contaminación bacteriana en el cuerpo de agua debido a la orina y el estiércol, así como favorecer la llegada y el establecimiento de plantas introducidas (Department of Environment and Conservation, 2012).

Las actividades agrícolas se registraron en las zonas circundantes a los humedales, principalmente en la ecorregión Tropical, con cultivos de maíz, sandía, pepino y calabaza. La utilización de los humedales con fines agrícolas se ha llevado a cabo por milenios (Verhoeven y Setter, 2010). En la SMO, el 7.12% de la superficie se encuentra destinada a las prácticas agrícolas (González-Elizondo *et al.*, 2012), sin embargo, los efectos de esta actividad rara vez quedan confinados a la superficie cultivada (Silvius *et al.*, 2000), por lo que en la actualidad es considerada como la principal causa de la pérdida de humedales (Gallant *et al.*, 2007). La agricultura puede ocasionar el incremento de la carga de sustancias contaminantes en los humedales, como insecticidas y fertilizantes (Department of the Environment, 2014), y el agua es utilizada para irrigar campos de cultivo (Verhoeven y Setter, 2010).

En situaciones extremas los humedales son drenados completamente para el establecimiento de zonas de cultivo e incluso de ciudades. Un ejemplo de lo anterior lo representa Nueva Zelanda, país en el que granjas y ciudades han llevado a la desaparición del 90% de sus humedales (Peters, 2012), una de las mayores tasas de pérdida de humedales en el mundo (Clarkson *et al.*, 2014). En otras naciones, como en los Estados Unidos y en muchos otros países europeos, una gran proporción de humedales ha sido destruída debido a la extracción de turba o el desarrollo agrícola (Moore, 2006). Los humedales temporales son particularmente sensibles al cambio de uso de suelo. Sus características generalmente de poca profundidad y la temporalidad de sus inundaciones los hacen fáciles de convertir para fines agrícolas, por lo que la pérdida de este tipo de humedales es especialmente severa (NRCS, 2007). En la SMO las ciénegas de bosques se han reducido notablemente en cantidad y extensión, y han sido substituidas por cultivos de avena (González-Elizondo *et al.*, 2012).

Un problema común en los cuerpos de agua causado por la ganadería y por la agricultura es la eutroficación, un fenómeno en el que el aporte extra de nutrientes desencadena una rápida proliferación de algas o algunas especies de plantas acuáticas que consumen gran parte del oxígeno en el agua y obstruyen el paso de la luz, disminuyendo la calidad del hábitat e impidiendo el desarrollo de otros organismos.

*Lemna aff. aequinoctialis* y otras especies de la familia Lemnaceae se desarrollan muy bien en condiciones de eutrofización (CEH, 2004), por lo que su abundancia en la superficie de algunos humedales de la ecorregión Tropical posiblemente se deba a la ocurrencia de este proceso. Otras amenazas menos frecuentes en los humedales son algunas alteraciones hidrológicas, como el desvío y la extracción de agua, la construcción de pozos y represas, la obstrucción del flujo del agua, y la presencia de asentamientos humanos y de desechos (botellas, llantas y bolsas).

## VII. CONCLUSIONES

El presente trabajo aporta información al conocimiento de la diversidad florística de la región, particularmente de la de sus humedales. Sin embargo, los reportes de más especies en la zona y la falta de estabilidad en la curva de acumulación sugieren que el inventario no está completo, por lo que aún quedan investigaciones por hacer para conocer mejor la composición de especies y el estado de los humedales de la Sierra Madre Occidental (SMO), México.

Los humedales estudiados albergan una riqueza de especies notable en relación a la riqueza conocida para la SMO del estado de Durango. El mayor número de especies se registró para la ecorregión Madrense, seguida de la Madrense-Xerófila. La ecorregión Tropical presentó una riqueza florística marcadamente baja.

La composición de especies de los humedales difiere en gran medida. La mayor similitud se presentó entre sitios de la ecorregión Madrense y la Madrense-Xerófila, aunque las especies compartidas representan menos de la quinta parte de las registradas en este estudio.

A nivel general, las ciénegas temporales y los estanques registraron el mayor número de especies, sin embargo, al considerar las diferencias en el esfuerzo de muestreo, los humedales que concentraron al mayor número de especies por cuerpo de agua fueron los permanentes.

Se registraron dos especies endémicas a la SMO, una en peligro de extinción, cinco especies introducidas y una especie invasora.

Se identificó a la ganadería y la agricultura como las principales amenazas que podrían influir en la composición de especies de los humedales del área de estudio.

Los humedales de la SMO contribuyen de manera importante en el equilibrio de los procesos físicos, químicos y biológicos, así como en la conservación de la biota, por lo que su manejo y conservación deberían ser priorizados.

## VIII. RECOMENDACIONES

La gran mayoría de los humedales no están considerados dentro de los inventarios nacionales a pesar de que contribuyen de manera importante a la diversidad biológica de la zona, por lo que se considera importante comenzar a gestionar su inclusión en estrategias estatales y nacionales de conservación y manejo.

Tomar medidas precautorias que garanticen la permanencia y recuperación de los humedales amenazados. Entre estas medidas están la exclusión de la ganadería de los sitios con la ayuda de cercas y la creación de zonas buffer que filtren escorrentías y eviten la erosión.

Se recomienda realizar estudios que midan de una manera certera el impacto de las actividades humanas en la vegetación de los humedales.

Puesto que gran parte de las amenazas se deben a la falta de conocimiento de la importancia de los humedales en el desarrollo de la vida, se considera necesario impulsar proyectos que promuevan el interés de la sociedad por el buen manejo y la conservación de los humedales.

Continuar el desarrollo de estudios en la SMO que exploren los componentes de la vegetación y otros atributos de los humedales, como sus suelos, su hidrología y su fauna.

Realizar monitoreos a lo largo del tiempo y en diferentes épocas del año que permitan comprender la dinámica de los humedales. Establecer puntos fijos de muestreo que permitan evaluar cambios en la vegetación a largo plazo.

Los inventarios florísticos han provisto de información esencial para el desarrollo de proyectos y estrategias de conservación de la biodiversidad y el manejo de recursos

naturales, por lo que se recomienda ampliamente continuar con la generación de información básica que permitirá conocer el estado actual de los humedales en la SMO, y de la vegetación en general.



## IX. LITERATURA CITADA

- Aguilar, V. 2003. Aguas continentales y diversidad biológica de México: un recuento actual. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. *Biodiversitas* 48: 1-15.
- Barret, S.C.H., C.G. Eckert y B.C. Husband. 1993. Evolutionary processes in aquatic plant populations. *Aquatic Botany* 44: 105-145.
- Berlanga Robles, C.A. y A. Ruiz Luna. 2004. Análisis comparativo de los sistemas clasificatorios de humedales. Instituto Nacional de Ecología. Mazatlán, Sinaloa, México. 68 pp.
- Bonilla Barbosa, J.R. y B. Santamaría. 2013. Plantas acuáticas exóticas y trasladadas invasoras. pp. 223-247. En: R. Mendoza y P. Koleff (coords.). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Boschilia, S.M., E.F. Oliveira y S.M. Thomaz. 2008. Do aquatic macrophytes co-occur randomly? An analysis of null models in a tropical floodplain. *Oecologia* 156: 203-214.
- Bye, R. 1995. Prominence of the Sierra Madre Occidental in the biological diversity of Mexico. En: L.F. DeBano, P.F. Ffolliott, A. Ortega Rubio, G.J. Gottfried, R.H. Hamre y C.B. Edminster (coords.). *Biodiversity and management of the Madrean archipelago: The sky islands of Southwestern United States and Northwestern Mexico*. United States Department of Agriculture Forest Service, General Technical Report RM 264: 19-27.
- Casas, S.R., S. González E. y J.A. Tena F. 1995. Estructura y tendencias sucesionales en vegetación de clima templado semi-seco en Durango, México. *Madroño* 42: 501-515.
- Cassanova, M.T. y M.A. Brock. 2000. How do depth, duration and frequency of flooding influence the establishment of wetland plant communities? *Plant Ecology* 147: 237-250.

- CEH. Centre for Ecology and Hydrology. 2004. Lemna species (duckweeds), Information Sheet. En: [http://www.ceh.ac.uk/sci\\_programmes/documents/duckweeds.pdf](http://www.ceh.ac.uk/sci_programmes/documents/duckweeds.pdf), última consulta: 23 de septiembre de 2014.
- Chambers, P.A., P. Lacoul, K.J. Murphy y S.M. Thomaz. 2008. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 9-26.
- Clarkson, B.R., N.B. Fitzgerald y J.M. Overton. 2014. A methodology for monitoring Bay of Plenty wetlands. Landcare Research. 57 pp.
- Colwell, R.K., C. Xuan M. y J. Chang. 2004. Interpolando, extrapolando y comparando las curvas de acumulación de especies basada en su incidencia. En: G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (eds.). Sobre diversidad biológica: significado de las diversidades alfa, beta y gamma. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Sociedad Entomológica Aragonesa, Grupo Diversitas-México y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Zaragoza, España. pp. 2717-2727.
- Colwell, R.K. 2013. EstimateS v. 9.1.0 Statistical estimation of species richness and shared species from samples. En: <http://www.purl.oclc.org/estimates>, última consulta: agosto de 2014.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2011. Fichas de especies prioritarias. Oso negro (*Ursus americanus*). México, D.F. 7 pp.
- CONABIO, AridAmérica, GECI y TNC. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, AridAmérica A.C., Grupo de Ecología y Conservación de Islas A.C. y The Nature Conservancy. 2006. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: Prioridades en México. México. 41 pp.
- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2012a. Humedales de la República Nacional Mexicana, Inventario Nacional de Humedales. En: <http://sigagis.conagua.gob.mx/Humedales/>, última consulta: 13 de agosto de 2014.

- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2012b. Inventario Nacional de Humedales. En: <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=4&n2=180&n3=180>, última consulta: 13 de agosto de 2014.
- Cook, C.D.K. 1985. Range extensions of aquatic vascular plant species. *J. Aquat. Plant Manage* 23: 1-6.
- Cortés, E., M.A. Marcos y J. Goolsby. 2009. Buscando el antídoto natural en la lucha contra el “carrizo gigante”. *Cuadernos de biodiversidad* 29: 20-24.
- Cronk, J.K. y M.S. Fennessy. 2001. *Wetland Plants: Biology and Ecology*. CRC Press. United States of America. 462 pp.
- Department of the Environment. 2014. Wetlands and agricultura, fact sheet. En: <http://www.environment.gov.au/resource/wetlands-and-agriculture>, última consulta: 23 de septiembre de 2014.
- Department of Environment and Conservation. 2012. A guide to managing and restoring wetlands in Western Australia. Department of Environment and Conservation. Perth, Australia. 45 pp.
- Diego Pérez, N. y M.S. González Elizondo. 2013. Cyperaceae. pp. 85-164. En: A. Lot, R Medina L. y F. Chiang. 2013 (eds.). *Plantas acuáticas mexicanas una contribución a la flora de México, Volumen I, Monocotiledóneas*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma México. México.
- DOF. Diario Oficial de la Federación. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. En: [http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM\\_059\\_SEMARNAT\\_2010.pdf](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf), última consulta: 14 de agosto de 2014.
- DOF. Diario Oficial de la Federación. 2013. Ley de aguas nacionales. En: [http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/3\\_LeyDeAguasNacionales.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/3_LeyDeAguasNacionales.pdf), última consulta: 14 de octubre de 2014.
- EPA. Environmental Protection Agency. 2002. Methods for evaluating wetland condition #10 Using Vegetation To Assess Environmental Conditions in Wetlands. En:

- [http://www2.epa.gov/sites/production/files/documents/wetlands\\_10vegetation.pdf](http://www2.epa.gov/sites/production/files/documents/wetlands_10vegetation.pdf), última consulta: 17 de septiembre de 2014.
- EPA. Environmental Protection Agency. 2012. America's Wetlands: Our Vital Link Between Land and Water. En: <http://water.epa.gov/type/wetlands/toc.cfm>, última consulta: 23 de septiembre de 2014.
- Finlayson, C.M. y A.G. van der Valk. 1995. Wetland classification and inventory: A summary. *Vegetatio* 118: 185-192.
- Gallant, A.L., R.W. Klaver, G.S. Casper y M.J. Lannoo. 2007. Global rates of habitat loss and implications for amphibian conservation. *Copeia* 4: 967-979.
- GISD. Global Invasive Species Database, 2005. *Arundo donax*. Available from: <http://www.issg.org/database/species/search.asp?sts=sss&st=sss&fr=1&x=27&y=17&sn=arundo+donax&rn=&hci=-1&ei=-1&lang=EN>, última consulta: 24 de febrero de 2014.
- González Elizondo, M.S., M. González Elizondo y M.A. Márquez Linares. 2007. *Vegetación y ecorregiones de Durango*. Plaza y Valdés. México. 165 pp.
- González Elizondo, M.S., M. González Elizondo, J.A. Tena Flores, L. Ruacho González, y L. López Enríquez. 2012. *Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: una síntesis*. *Acta Botanica Mexicana* 100: 351-403.
- González Elizondo, M., M.S. González Elizondo, I.L. López Enriquez, Y. Herrera Arrieta y J.L. Villaseñor. 2014. *Base de datos florísticos del Estado de Durango*. MS Access - Herbario CIIDIR Instituto Politécnico Nacional. Durango, México. Inédito.
- González Oreja, J.A., A.A. de la Fuente Díaz Ordaz, L. Hernández Santín, D. Buzo Franco y C. Bonache Regidor. 2010. Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies. Un ejemplo con aves en áreas verdes de la ciudad de Puebla, México. *Animal Biodiversity and Conservation* 33.1: 31-45.
- Gopal, B. 2003. Perspectives on wetland science, application and policy. *Hydrobiologia* 490: 1-10.
- Gordon, A.G. 1968. Ecology of *Picea chihuahuana* Martínez. *Ecology* 49: 880-896.

- Gurevitch, J. y D.K. Padilla. 2004. Are invasive species a major cause of extinctions?. *TRENDS in Ecology and Evolution* 19(9): 470-474.
- Hendrickson, D.A., F. García de León y V. Souza. 2005. Proceedings of the first meeting of Cuatro Ciénegas researchers.
- Herrera, Y. y P.M. Peterson. 2013. Poaceae. pp. 255-305. En: A. Lot, R. Medina L. y F. Chiang. 2013 (eds.). *Plantas acuáticas mexicanas una contribución a la flora de México, Volumen I, Monocotiledóneas*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma México. México.
- Heynes S., S.A. 2012. Estudio florístico de los humedales del municipio de Durango, Durango. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo. 62 pp.
- Heynes Silerio, S.A., M.S. González Elizondo, M. González Elizondo, L. Ruacho González y I.L. López Enríquez. 2014. Los humedales: vegetación acuática y subacuática. Inédito.
- IUCN. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. 2014. The IUCN Red list of threatened species, version 2014.2. En: <http://www.iucnredlist.org/>, última consulta: 4 de abril de 2013.
- Jones, K., Y. Lanthier, P. van der Voet, E. van Valkengoed, D. Taylor y D. Fernández Prieto. 2009. *Journal of Environmental Management* 90: 2154-2169.
- Kirkman, L.K., L.L. Smith, P.F. Quintana Ascencio, M.J. Kaeser, S.W. Golladay y A.L. Farmer. 2012. Is species richness congruent among taxa? Surrogacy, complementarity, and environmental correlates among three disparate taxa in geographically isolated wetlands. *Ecological Indicators* 18: 131-139.
- Lammertink, J.M., J.A. Rojas T., F.M. Casillas O. y R.L. Otto. 1997. Situación y conservación de los bosques antiguos de pino-encino de la Sierra Madre Occidental y sus aves endémicas. Consejo Internacional para la Preservación de las Aves, Sección Mexicana. 103 pp.
- Les y Schneider. 1995.
- Lot, A. 2004. Flora y vegetación de los humedales de agua dulce en la zona costera del Golfo de México. En: M. Caso, I. Pisanti y E. Ezcurra (eds.). *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos

- Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Instituto de Ecología y Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. México. 626 pp.
- Lot, A. 2012. Las monocotiledóneas acuáticas y subacuáticas de México. *Acta Botanica Mexicana* 100: 135-148.
- Lot, A. 2013. Sparganiaceae. pp. 331-334. En: A. Lot, R. Medina L. y F. Chiang. 2013 (eds.). *Plantas acuáticas mexicanas una contribución a la flora de México, Volumen I, Monocotiledóneas*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma México. México.
- Lot, A. y Chiang F. 1986. *Manual de Herbario*. 1a ed. Consejo Nacional de la Flora de México. A. C. México. 142 pp.
- Lot, A. y A. Novelo. 2004. *Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la ciudad de México y sus alrededores*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. México, D.F. 206 pp.
- Lot H., A., A. Novelo y P. Ramírez García. 1993. Diversity of Mexican Aquatic Vascular Plant Flora. pp. 577-591. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological Diversity of Mexico, origins and distribution*. Oxford University Press.
- Maltby, E. 1991. Wetland management goals: wise use and conservation. *Landscape and Urban Planning* 20: 9-18.
- Márquez Linares, M.A., E. Jurado y S. González Elizondo. 2006. Algunos aspectos de la biología de la manzanita (*Arctostaphylos pungens* HBK) y su papel en el desplazamiento de bosques templados por chaparrales. *Ciencia UANL: IX*, No 1: 57-64.
- Martínez, M. y A. García M. 2001. Flora y vegetación acuática de localidades selectas del estado de Querétaro. *Acta Botanica Mexicana* 54: 1-23.
- Mendoza, R. y P. Koleff. 2014. Introducción de especies exóticas acuáticas en México y en el mundo. pp. 17-41. En R. Mendoza y P. Koleff (coords.). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute. Washington, DC. 86 pp.

- Moore, P.D. 2006. *Biomes of the Earth: Wetlands*. Chelsea House Publishers. New York, United States of America. 220 pp.
- 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(1): 511-527.
- Mora Olivo, A., J.L. Villaseñor y M. Martínez. 2013. Las plantas vasculares acuáticas estrictas y su conservación en México. *Acta Botanica Mexicana* 103: 27-63.
- Moreno Casasola, P., E. Cejudo Espinosa, A. Capistrán Barradas, D. Infante Mata, H. López Rosas, G. Castillo Campos, J. Pale Pale, A. Campos Cascardero. 2010. Composición florística, diversidad y ecología de humedales herbáceos emergentes en la planicie costera central de Veracruz, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 87: 29-50.
- NRCS. Natural Resources Conservation Service. 2007. Temporarily flooded wetlands, leaflet 47. Fish and Wildlife Habitat Leaflet. En: [http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/mt/about/?cid=nrcs144p2\\_056653](http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/mt/about/?cid=nrcs144p2_056653), última consulta: 23 de septiembre de 2014.
- O'Connell, M.J. 2003. Detecting, measuring and reversing changes to wetlands. *Wetlands Ecology and Management* 11: 397-401.
- Peralta Peláez, L.A. y P. Moreno Casasola. 2009. Composición florística y diversidad de la vegetación de humedales en los lagos interdunarios de Veracruz. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 85: 89-101.
- Peters, M. 2012. Introduction, chapter 1. En: M. Peters y B. Clarkson (eds.). *Wetland restoration. A handbook for New Zealand freshwater systems*. Manaaki Whenua Press. Lincoln, N.Z. 273 pp.
- Pimientel, D., S. McNair, J. Wightman, C. Simmonds, C. O'connell, E. Wong, L. Russel, J. Zern, T. Aquino y T. Tsomondo. 2001. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 84: 1-20.
- RAMSAR y CONANP. Convención sobre los humedales y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2014. Política Nacional de Humedales. En:

[http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/PNH\\_Consulta.pdf](http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/PNH_Consulta.pdf), última consulta: 13 de agosto de 2014.

- Richardson, C.J. 1994. Ecological functions and human values in wetlands: a framework for assessing forestry impacts. 14(1): 1-9.
- Roth, R.A. 2009. Freshwater Aquatic Biomes. Greenwood Press. Westport Connecticut, United States of America. 237 pp.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. 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.
- Rzedowski, J. 1993. Diversity and origins of the phanerogamic flora of Mexico. pp. 129-144. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Biological diversity of Mexico, origins and distribution. Oxford University Press.
- Sánchez, O. 2007. Ecosistemas acuáticos: diversidad, procesos, problemática y conservación. pp. 1-36. En: O. Sánchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez Huitzil y L. Zambrano (eds.). Perspectivas sobre la conservación de ecosistemas acuáticos en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, U.S. Fish & Wildlife Service, Unidos para la Conservación, A.C., Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México, D.F.
- 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.
- Scott, D.A. y T.A. Jones. 1995. Classification and inventory of wetlands: A global overview. Vegetatio 118: 3-16.
- Secretaría de la Convención Ramsar. 1996a. Servicios de los ecosistemas de humedales, carpetas informativas Ramsar. En: [http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-pubs-info-ecosystem-services/main/ramsar/1-30-103%5E24258\\_4000\\_2\\_\\_](http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-pubs-info-ecosystem-services/main/ramsar/1-30-103%5E24258_4000_2__), última consulta: 17 de septiembre de 2014.



Secretaría de la Convención Ramsar. 1996b. Los humedales y el patrimonio cultural. En: [http://www.ramsar.org/pdf/info/cultural\\_heritage\\_s11.pdf](http://www.ramsar.org/pdf/info/cultural_heritage_s11.pdf), última consulta: 17 de septiembre de 2014.

Secretaría de la Convención de Ramsar. 2006. Manual de la Convención de Ramsar: guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). Cuarta edición. Secretaría de la Convención de Ramsar. Gland, Suiza. 121 pp.

Secretaría de la Convención de Ramsar. 2012. Definición de "humedales" y sistema de clasificación de tipos de humedales de la Convención de Ramsar. En: [http://ramsar.rgis.ch/cda/es/ramsar-documents-guidelines-classification-system/main/ramsar/1-31-105%5E21235\\_4000\\_2\\_\\_](http://ramsar.rgis.ch/cda/es/ramsar-documents-guidelines-classification-system/main/ramsar/1-31-105%5E21235_4000_2__), última consulta: 15 de noviembre de 2014.

Secretaría de la Convención Ramsar. 2014. La lista Ramsar de humedales de importancia internacional, la lista de Ramsar básica. En: [http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-documents-list/main/ramsar/1-31-218\\_4000\\_2\\_\\_](http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-documents-list/main/ramsar/1-31-218_4000_2__), última consulta: 17 de septiembre de 2014.

SEMARNAT, INEGI, CONABIO, CONANP, INE y CONAGUA. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Areas Naturales Protegidas, Instituto Nacional de Ecología y Comisión Nacional del Agua. 2008a. Documento Estratégico Rector del Inventario Nacional de Humedales. México, D.F. 57 pp.

SEMARNAT, INEGI, CONABIO, CONANP, INE y CONAGUA. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Areas Naturales Protegidas, Instituto Nacional de Ecología y Comisión Nacional del Agua. 2008b. Mapa de Humedales Potenciales de México. Documento Estratégico Rector del Inventario Nacional de Humedales. Disponible en: <http://www.inecc.gob.mx/doc-rector-inh>, última consulta: 17 de septiembre de 2014.

- Semlitsch, R.D. y J.R. Bodie. 1998. Are small, isolated wetlands expendable?. *Conservation Biology* 12(5): 1129-1133.
- Silvius, M.J., M. Oneka y A. Verhagen. 2000. Wetlands: lifeline for people at the edge. *Phys. Chem. Earth (B)* 25(7-8): 645-652.
- SRNyMA-Dgo. Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente Durango. 2005. Áreas naturales protegidas de Durango. En: [http://srnymadgo.gob.mx/medio\\_ambiente/sitio/ordenamiento\\_ecologico/bitacora/Contenido%20Pagina%20Web/Bases%20Tecnicas/Bases%20tecnicas\\_Informes%20del%20estudio%20tecnico/Fase%20de%20Caracterizacion%20I%20Medio%20Natural/Areas%20Naturales%20Protegidas%20de%20Durango.pdf](http://srnymadgo.gob.mx/medio_ambiente/sitio/ordenamiento_ecologico/bitacora/Contenido%20Pagina%20Web/Bases%20Tecnicas/Bases%20tecnicas_Informes%20del%20estudio%20tecnico/Fase%20de%20Caracterizacion%20I%20Medio%20Natural/Areas%20Naturales%20Protegidas%20de%20Durango.pdf), última consulta: 14 de octubre de 2014.
- Tiner, R.W. 2003. Geographically isolated wetlands of the United States. *Wetlands* 23: 494–516.
- Tiner, R.W. 2012. National Wetlands Inventory Program. Defining Hydrophytes for wetland identification and delineation. U.S. Fish and Wildlife Service. 17 pp.
- van Devender, T.R., A.L. Reina G, M.C. Peñalba G. y C.I. Ortega R. 2003. The Ciénega de Camilo: a threatened habitat in the Sierra Madre Occidental of Eastern Sonora, Mexico. *Madroño* 50(3): 187-195.
- van der Valk, A.G. 2006. The biology of freshwater wetlands. Oxford University Press. Oxford, United Kingdom. 173 pp.
- Verhoeven J., T.A. y T.L. Setter. 2010. Agricultural use of wetlands: opportunities and limitations. *Annals of Botany* 105: 155-163.
- Villaseñor, J.L., E. Ortiz y R. Redonda Martínez. 2008. Catálogo de autores de plantas vasculares de México. Instituto de Biología, UNAM, CONABIO. México, D.F.
- Wolfgang, J.J., M. Brown, I.C. Campbell, M. Finlayson, B. Gopal, L. Ramberg y B.G. Warner. 2006. The comparative biodiversity of seven globally important wetlands: a synthesis. *Aquatic Sciences* 68: 400-414.
- Zedler, J.B. y S. Kercher. 2004. Causes and consequences of invasive plants in wetlands: opportunities, opportunists, and outcomes. *Critical Reviews in Plant Sciences* 23: 431-452.

Zepeda Gómez, C., A. Lot Helgueras, X.A. Nemiga y D. Madrigal Uribe. Flóristica y diversidad de las ciénegas del Río Lerma Estado de México, México. 2012. Acta Botanica Mexicana 98: 23-49.

## X. ANEXOS

### Anexo 1. Información de los sitios muestreados.

SIMBOLOGÍA									
Ecorregiones: T. Tropical; M. Madreño; MX. Madreño-Xerófila; Vegetación circundante: BTC. Bosque tropical caducifolio; BPQ. Bosque de <i>Pinus-Quercus</i> ; BP. Bosque de <i>Pinus</i> ; BC. Bosque de coníferas; AP. Área perturbada; BBA. Bosque bajo abierto; MaX. Matorral xerófilo.									
Ecorregión	Humedal	Tipo	Origen	Inundación	Elevación (m snm)	Tamaño (m <sup>2</sup> )	Vegetación	Latitud	Longitud
T	Picacho	Estanque	Artificial	Permanente	537	767.3	BTC	24.918333	-106.821222
T	Aguaje	Estanque	Artificial	Permanente	300	214.1	BTC	24.976944	-106.892500
T	Tamazula	Estanque	Artificial	Permanente	267	114.8	BTC	24.966000	-106.949556
T	Agua Caliente	Manantial geotérmico	Natural	Permanente	243	898.17	BTC	24.978194	-106.970056
T	Río Tamazula	Ciénega temporal	Natural	Temporal	240	491.1	BTC	24.975278	-106.970111
T	Tasajeras	Estanque	Artificial	Permanente	346	541.4	BTC	24.309278	-106.599833
T	Coloradas	Estanque	Artificial	Temporal	1090	49	BPQ	24.291389	-106.508333
M	Joyitas	Ciénega temporal	Natural	Temporal	914	45	BP+BTC	24.310972	-106.488500
M	Juntas	Ciénega temporal	Natural	Temporal	849	22.5	BP+BTC	24.311722	-106.483333
M	Banderas	Ciénega temporal	Natural	Temporal	2498	10271.7	BPQ	23.953889	-105.376889
M	Santa B.	Estanque	Artificial	Temporal	2168	737.4	BPQ	24.017389	-105.447250
M	Vencedores1	Ciénega temporal	Natural	Temporal	2342	2312.1	BPQ	24.473806	-105.796444
M	Vencedores2	Estanque	Artificial	Temporal	2328	5072.7	BPQ	24.469750	-105.794722
M	Vencedores3	Ciénega permanente	Natural	Permanente	2460	1852.8	BPQ	24.422333	-105.714472
M	Vencedores4	Manantial	Natural	Permanente	2355	22.5	BPQ	24.449528	-105.775806
M	Alazanes	Ciénega temporal	Natural	Temporal	2362	627.6	BP	24.266750	-105.495583
M	Rosillo	Estanque	Artificial	Permanente	2723	13988.2	BP	23.481111	-104.833972
M	Tecolota	Manantial	Natural	Permanente	2804	240	BPQ	23.443889	-104.848389
M	Otinapa1	Ciénega temporal	Natural	Temporal	2431	1113.5	BPQ	23.986917	-104.960667
M	Otinapa2	Ciénega temporal	Natural	Temporal	2486	2637.4	BPQ	24.018062	-104.997173
M	Rodríguez P.	Ciénega temporal	Natural	Temporal	2502	2417.8	AP	24.339167	-105.078583
M	Luz	Ciénega temporal	Natural	Temporal	2391	3151.5	BP	24.231000	-105.077222
M	Ciudad	Ciénega temporal	Natural	Temporal	2552	581.73	BP	23.730194	-105.661583
M	Infiernillo	Manantial	Natural	Permanente	2699	408.2	BC	23.660833	-105.436139

M	Puentecillas	Estanque	Artificial	Permanente	2752	104310.8	BPQ	23.671917	-105.436139
MX	Mezquital	Ciénega temporal	Natural	Temporal	2051	1671.2	BBA	23.454472	-104.354889
MX	Tejamen	Estanque	Artificial	Temporal	2121	2135.7	MaX	24.801833	-105.155139
MX	Santiaguillo	Ciénega temporal	Natural	Temporal	1962	7836.8	MaX	24.844222	-104.874111
MX	Santiago B.	Ciénega permanente	Artificial	Temporal	1910	7174.2	MaX	23.875944	-104.675000
MX	Acatita	Manantial geotérmico	Natural	Permanente	1506	9131.3	MaX+BTC	23.654472	-104.329250

---

## Anexo 2. Inventario florístico de especies de humedales y su presencia por ecorregión.

SIMBOLOGÍA			
Acuática; SA. Subacuática; e. Emergente; s. Sumergida; hf. Hojas flotantes; fl. Flotante; T. Tropical; M. Madrense; MX. Madrense-Xerófila.			
	T	M	MX
<b>Pteridofitas (helechos y afines)</b>			
<b>ISOETACEAE</b>			
<i>Isöetes mexicana</i> Underw. (A - e)	-	x	-
<b>MARSILEACEAE</b>			
<i>Marsilea</i> sp. (A - hf)	-	x	x
<b>Gimnospermas</b>			
<b>CUPRESSACEAE</b>			
<i>Taxodium distichum</i> (L.) Rich. var. <i>mexicanum</i> (Carr.) Gordon (SA - e)	-	-	x
<b>Angiospermas</b>			
<b>Monocotiledóneas</b>			
<b>ALISMATACEAE</b>			
<i>Sagittaria demersa</i> J.G. Sm. (A - e)	-	x	x
<b>COMMELINACEAE</b>			
<i>Commelina socorrogonzaleziae</i> Espejo y López-Ferr. (SA - e)	-	x	-
<i>Tripogandra purpurascens</i> (S. Schauer) Handlos (SA - e)	-	x	x
<b>CYPERACEAE</b>			
<i>Cyperus</i> aff. <i>ochraceus</i> Vahl (SA - e)	x	-	-
<i>C. entrerianus</i> Boeck. (SA - e)	x	-	-
<i>C. flavescens</i> L. var. <i>piceus</i> (Liebm.) Fernald (SA - e)	-	x	x
<i>C. lanceolatus</i> Poir. (SA - e)	-	-	x
<i>C. niger</i> Ruiz & Pav. (SA - e)	-	x	-
<i>C. odoratus</i> L. (SA - e)	x	-	-
<i>Eleocharis acicularis</i> 1 (L.) Roem. & Schult. (A - s)	-	x	x
<i>E. acicularis</i> 2 (L.) Roem. & Schult. (SA - e)	-	x	-
<i>E. cf. macrostachya</i> Britton (SA - e)	-	x	-
<i>E. macrostachya</i> Britton (SA - e)	-	x	-
<i>E. minima</i> Kunth (SA - e)	-	x	x
<i>E. cf. parishii</i> Britton (SA - e)	-	-	x
<i>E. parishii</i> Britton (SA - e)	-	-	x
<i>E. rostellata</i> (Torr.) Torr. (SA - e)	-	-	x
<i>E. cf. schaffneri</i> Boeck. (SA - e)	-	x	x
<i>E. schaffneri</i> Boeck. (SA - e)	-	x	x
<i>Fuirena repens</i> Boeck. (SA - e)	-	-	x
<i>Schoenoplectus americanus</i> (Pers.) Volkart ex Schinz & R. Keller (A - e)	-	x	x
<i>S. californicus</i> (C.A. Mey.) Soják (A - e)	-	x	-
<i>S. tabernaemontani</i> (C.C. Gmel.) Palla (A - e)	-	-	x
<i>Schoenus nigricans</i> L. (SA - e)	-	-	x
<b>ERIOCAULACEAE</b>			
<i>Eriocaulon bilobatum</i> Morong (A/SA - e/s)	-	x	x
<i>E. jaliscanum</i> S. Watson (SA - e)	-	x	-
<b>IRIDACEAE</b>			

<i>Sisyrinchium scabrum</i> Schldl. & Cham. (SA - e)	-	x	-
<i>S. schaffneri</i> S. Watson (SA - e)	-	-	x
<b>JUNCACEAE</b>			
<i>Juncus</i> sp. (SA - e)	-	x	x
<i>J. acuminatus</i> Michx. (SA - e)	-	x	-
<i>J. articus</i> Willd. (SA - e)	-	-	x
<i>J. ebracteatus</i> E. Mey. (SA - e)	-	x	x
<i>J. liebmannii</i> J.F. Macbr. (SA - e)	-	x	x
<i>J. cf. marginatus</i> Rostk. (SA - e)	-	-	x
<i>J. marginatus</i> Rostk. (SA - e)	-	-	x
<i>J. microcephalus</i> Kunth in H.B.K. (SA - e)	-	x	-
<i>J. nodosum</i> L. (SA - e)	-	-	x
<i>J. tenuis</i> Willd. (SA - e)	-	x	x
<b>JUNCAGINACEAE (LILAEACEAE)</b>			
<i>Lilaea scilloides</i> (Poir.) Hauman (A - e)	-	x	-
<b>ORCHIDACEAE</b>			
<i>Platanthera limosa</i> Lindl. (SA - e)	-	x	-
<b>POACEAE (GRAMINEAE)</b>			
<i>Arundo donax</i> L. (SA - e)	-	-	x
<i>Diplachne fusca</i> (L.) P. Beauv. ex Roem. & Schult. subsp. <i>fascicularis</i> (Lam.) P.M. Peterson & N. Snow (SA - e)	x	-	x
<i>Echinochloa</i> sp. (SA - e)	-	x	-
<i>E. oplismenoides</i> (E. Fourn.) Hitchc. (SA - e)	-	x	-
<i>Leersia hexandra</i> Sw. (A - e)	-	-	x
<i>Luziola fluitans</i> (Michx.) Terrell & H. Rob. (A - hf/e)	-	x	-
<i>Muhlenbergia vaginata</i> Swallen (SA - e)	-	x	x
<i>Panicum vaseyanum</i> Scribn. ex Beal (SA - e)	-	x	x
<i>Paspalum distichum</i> L. (SA - e)	-	-	x
<b>PONTEDERIACEAE</b>			
<i>Heteranthera limosa</i> (Sw.) Willd. (A - e)	-	x	-
<i>H. peduncularis</i> Benth. (A - e/hf)	-	x	x
<i>H. rotundifolia</i> (Kunth) Griseb. (A - e)	-	x	x
<b>POTAMOGETONACEAE</b>			
<i>Potamogeton foliosus</i> Raf. (A - s/hf)	-	-	x
<i>P. nodosus</i> Poir. (A - hf)	-	x	x
<i>Zanichellia palustris</i> L. (A - s)	-	-	x
<b>TYPHACEAE</b>			
<i>Sparganium americanum</i> Nutt. (A - e)	-	x	-
<i>Typha domingensis</i> Pers. (A - e)	-	-	x
<b>Dicotiledóneas</b>			
<b>APIACEAE (UMBELLIFERAE)</b>			
<i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville (A - e)	-	x	-
<i>Eryngium mexicanum</i> S. Watson (A - e)	-	x	-
<i>E. sparganophyllum</i> Hemsl. (SA - e)	-	x	-
<i>Hydrocotyle umbellata</i> L. (SA - e/hf)	-	-	x
<b>ARACEAE</b>			
<i>Lemna</i> aff. <i>aequinoctialis</i> Welw. (A - fl)	x	-	-
<b>ASTERACEAE (COMPOSITAE)</b>			
<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers. (SA - e)	x	-	-
<i>Bidens aurea</i> (Aiton) Sherff (SA - e)	-	x	-

<i>B. laevis</i> (L.) Britton, Sterns & Pogg. (A - e)	-	-	X
<i>Chromolepis heterophylla</i> Benth. (A - e)	-	X	-
<i>Coreopsis paludosa</i> M.E. Jones (SA - e)	-	X	-
<i>Hydropectis aquatica</i> (S. Watson) Rydb. (A - e)	-	X	-
<i>Jaegeria glabra</i> (S. Watson) B.L. Rob. (A - e)	-	X	-
<i>J. purpurascens</i> B.L. Rob. (A - e)	-	X	-
<i>Melampodium bibracteatum</i> S. Watson (SA - e)	-	X	-
<i>Packera sanguisorbae</i> (DC.) C. Jeffrey (SA - e)	-	X	-
<i>Tagetes pringlei</i> S. Watson (SA - e)	-	X	-
<i>Trichocoryne connata</i> S.F. Blake (A - e)	-	X	-
BRASSICACEAE (CRUCIFERAE)			
<i>Cardamine flaccida</i> Cham. & Schltld. (SA - e)	-	X	-
<i>Lepidium</i> sp. (SA - e)	-	X	-
<i>Rorippa mexicana</i> (Moc. & Sessé) Standl. (SA - e)	-	X	X
CRASSULACEAE			
<i>Crassula saginoides</i> (Maxim.) M. Bywater & Wickens (A - e)	-	-	X
ELATINACEAE			
<i>Elatine brachysperma</i> A. Gray (A - s)	-	-	X
HYPERICACEAE			
<i>Hypericum</i> sp. (SA - e)	-	X	-
<i>H. mutilum</i> L. (SA - e)	-	X	-
<i>H. parvulum</i> Greene (SA - e)	-	X	-
HALORAGACEAE			
<i>Myriophyllum farwellii</i> Morong (A - s)	-	X	-
<i>M. pinnatum</i> (Walter) Britton, Sterns & Poggenb. (A - s)	-	X	-
<i>M. spicatum</i> L. (A - s)	-	-	X
HYDROCHARITACEAE			
<i>Najas guadalupensis</i> (Spreng.) Magnus (A - s)	-	-	X
LENTIBULARIACEAE			
<i>Utricularia gibba</i> L. (A - s)	-	X	X
MENYANTHACEAE			
<i>Nymphoides fallax</i> Ornduff. (A - hf)	-	X	X
ONAGRACEAE			
<i>Epilobium</i> sp. (SA - e)	-	X	-
<i>Ludwigia</i> sp. (SA - e)	X	-	-
<i>L. palustris</i> (L.) Elliott (A - s)	-	X	X
<i>L. peploides</i> (Jacq.) P.H. Raven (A - e)	-	X	X
<i>L. octovalvis</i> (Jacq.) P.H. Raven (SA - e)	-	-	X
OROBANCHACEAE (SCROPHULARIACEAE)			
<i>Escobedia laevis</i> Schltld. & Cham. (SA - e)	-	-	X
PHRYMACEAE			
<i>Erythranthe</i> sp. 1 (SA - e)	-	-	X
<i>E.</i> sp. 2 (SA - e)	-	X	-
<i>E.</i> sp. 3 (SA - e)	-	X	-
<i>E. guttata</i> (Fisch. ex DC.) G.L. Nesom (SA - e)	-	X	-
PLANTAGINACEAE			
<i>Bacopa</i> cf. <i>repens</i> (Sw.) Wettst. (SA - e)	-	-	X
<i>B. rotundifolia</i> (Michx.) Wettst. (SA - e)	-	-	X
<i>Callitriche heterophylla</i> Pursh (A - hf/s)	-	X	-
<i>Gratiola oresbia</i> B.L. Rob. (SA - e)	-	X	-



<i>Limosella aquatica</i> L. (SA - e)	-	x	-
<i>Veronica americana</i> (Raf.) Schwein. (SA - e)	-	x	-
<i>V. peregrina</i> L. (SA - e)	-	x	-
POLYGONACEAE			
<i>Persicaria hydropiperoides</i> (Michx.) Small (SA - e)	-	x	-
<i>P. lapathifolia</i> (L.) Small (SA - e)	-	x	-
<i>P. mexicana</i> (Small) Small (SA - e)	-	x	x
<i>P. punctata</i> (Elliott) Small (SA - e)	-	-	x
PRIMULACEAE			
<i>Centunculus minimus</i> L. (SA - e)	-	x	-
SOLANACEAE			
<i>Datura ceratocaula</i> Ortega (SA - e)	-	-	x
RANUNCULACEAE			
<i>Ranunculus hydrocharoides</i> A. Gray (A - e/hf)	-	x	-
XYRIDACEAE			
<i>Xyris mexicana</i> S. Watson (SA - e)	-	x	-
No identificadas			
sp. 1 (SA - e)	-	-	x