

**SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO DETALLADO PARA  
ESPECIES INVASORAS DE ALTO RIESGO PARA MÉXICO:  
RIESGO DE INTRODUCCIÓN DE PLANTAS DE ACUARIO A MÉXICO**

---

**Diciembre 2016**

- *Caulerpa taxifolia* (M. Vahl) C. Agardh
- *Salvinia molesta* D. S. Mitch.
- *Egeria densa* Planch.
- *Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle
- *Vallisneria spiralis* L.
- *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc.
- *Myriophyllum spicatum* L.

**Consultor: Jaime Bonilla Barbosa**



**CONABIO**  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



Al servicio  
de las personas  
y las naciones



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

**SERVICIOS DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE  
ANÁLISIS DE RIESGO DETALLADO PARA ESPECIES INVASORAS  
DE ALTO RIESGO PARA MÉXICO: RIESGO DE INTRODUCCIÓN  
DE PLANTAS DE ACUARIO A MÉXICO**



Bonilla-Barbosa, J. R. 2016. Análisis de riesgo detallado para especies invasoras de alto riesgo para México: Riesgo de introducción de plantas de acuario a México. Realizado dentro del proyecto GEF 0089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	11
RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	13
ALGAE	17
<i>Caulerpa taxifolia</i> (M. Vahl) C. Agardh	18
CLASIFICACIÓN	19
SINONIMIAS	19
TAXONOMÍA Y NOMENCLATURA	19
DESCRIPCIÓN	19
NOMBRES COMUNES	21
ORIGEN	21
DISTRIBUCIÓN NATURAL	21
En el mundo	21
DISTRIBUCIÓN POR INTRODUCCIONES A NIVEL MUNDIAL Y MÉXICO	22
Introducción no intencional	22
En el mundo	22
Introducción intencional	22
En el mundo	22
TRASLOCACIONES	23
BIOLOGÍA, ECOLOGÍA E HISTORIA NATURAL	23
Información genética	23
Biología reproductiva	24
Fisiología y fenología	24
Requerimientos ambientales	25
MECANISMOS DE DISPERSIÓN	25
Dispersión natural	25
Dispersión artificial	25
Estatus (reportes como especie invasora en otros sitios)	26
USOS Y COMERCIALIZACIÓN	26
Historia de la comercialización	26
Ornamental	26
Alimento	26
Origen de los individuos comercializados (poblaciones silvestres, viveros fuera o dentro de México)	26
Condiciones de cultivo	26
Análisis económico (importaciones/mercado a nivel mundial, mercado en México,	26



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

rentabilidad de su cultivo, etc.)	
POTENCIAL DE ESTABLECIMIENTO Y COLONIZACIÓN	27
Potencial de colonización	27
EVIDENCIAS DE IMPACTOS	27
Impactos/beneficios socioeconómicos	27
Impactos a la salud (humana, enfermedades, parásitos, etc.)	28
Impactos ambientales y a la biodiversidad	28
CONTROL Y MITIGACIÓN (TIPOS DE MEDIDAS O ESTRATEGIAS, COSTOS, ETC.)	29
Medidas preventivas	29
Respuestas rápidas	30
Concientización pública	30
Control mecánico o físico	31
Control químico	31
Control biológico	32
NORMATIVIDAD (INTERNACIONAL O NACIONAL EN CASO DE HABERLAS)	33
ANÁLISIS DE RIESGO	34
LITERATURA CITADA	42
HELECHOS Y PLANTAS AFINES	46
<i>Salvinia molesta</i> D. S. Mitch.	47
CLASIFICACIÓN	48
SINONIMIAS	48
TAXONOMÍA Y NOMENCLATURA	48
DESCRIPCIÓN	48
NOMBRES COMUNES	49
ORIGEN	49
DISTRIBUCIÓN NATURAL	49
En el mundo	49
DISTRIBUCIÓN POR INTRODUCCIONES A NIVEL MUNDIAL Y MÉXICO	51
Introducción no intencional	51
En el mundo	51
Introducción intencional	52
En el mundo	52
TRASLOCACIONES	53
BIOLOGÍA, ECOLOGÍA E HISTORIA NATURAL	54
Biología reproductiva	54
Etapas de crecimiento	54
Fisiología y fenología	54
Requerimientos ambientales	55



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

MECANISMOS DE DISPERSIÓN	56
Dispersión natural	56
Estatus (reportes como especie invasora en otros sitios)	56
USOS Y COMERCIALIZACIÓN	56
Historia de la comercialización	56
Ornamental	56
Forraje	56
Abono orgánico	57
Tratamiento de aguas residuales	57
Biogas	57
Origen de los individuos comercializados (poblaciones silvestres, viveros fuera o dentro de México)	57
Condiciones de cultivo	58
Análisis económico (importaciones/mercado a nivel mundial, mercado en México, rentabilidad de su cultivo, etc.)	58
POTENCIAL DE ESTABLECIMIENTO Y COLONIZACIÓN	58
Potencial de colonización	58
Potencial de dispersión	59
EVIDENCIAS DE IMPACTOS	59
Impactos/beneficios socioeconómicos	59
Impactos a la salud (humana, enfermedades, parásitos, etc.)	59
Impactos ambientales y a la biodiversidad	60
Otros impactos	61
CONTROL Y MITIGACIÓN (TIPOS DE MEDIDAS O ESTRATEGIAS, COSTOS, ETC.)	61
Medidas preventivas	61
Respuestas rápidas	61
Concientización pública	62
Control mecánico o físico	62
Control químico	63
Control biológico	64
NORMATIVIDAD (INTERNACIONAL O NACIONAL EN CASO DE HABERLAS)	66
ANÁLISIS DE RIESGO	67
LITERATURA CITADA	74
MONOCOTILEDONEAE	85
<i>Egeria densa</i> Planch.	86
CLASIFICACIÓN	87
SINONIMIAS	87
TAXONOMÍA Y NOMENCLATURA	87



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

DESCRIPCIÓN	87
NOMBRES COMUNES	90
ORIGEN	90
DISTRIBUCIÓN NATURAL	90
En el mundo	90
DISTRIBUCIÓN POR INTRODUCCIONES A NIVEL MUNDIAL Y MÉXICO	90
Introducción no intencional	90
En el mundo	90
Introducción intencional	91
En el mundo	91
TRASLOCACIONES	92
BIOLOGÍA, ECOLOGÍA E HISTORIA NATURAL	93
Información genética	93
Biología reproductiva	94
Fisiología y fenología	94
Requerimientos ambientales	95
MECANISMOS DE DISPERSIÓN	95
Dispersión natural	95
Dispersión artificial	95
Estatus (reportes como especie invasora en otros sitios)	95
USOS Y COMERCIALIZACIÓN	96
Historia de la comercialización	96
Ornamental	96
Forraje	96
Tratamiento de aguas residuales	97
Acuicultura	97
Origen de los individuos comercializados (poblaciones silvestres, viveros fuera o dentro de México)	97
Análisis económico (importaciones/mercado a nivel mundial, mercado en México, rentabilidad de su cultivo, etc.)	97
POTENCIAL DE ESTABLECIMIENTO Y COLONIZACIÓN	97
Potencial de dispersión	97
EVIDENCIAS DE IMPACTOS	98
Impactos/beneficios socioeconómicos	98
Impactos a la salud (humana, enfermedades, parásitos, etc.)	99
Impactos ambientales y a la biodiversidad	99
CONTROL Y MITIGACIÓN (TIPOS DE MEDIDAS O ESTRATEGIAS, COSTOS, ETC.)	100
Medidas preventivas	100



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

Concientización pública	100
Control mecánico o físico	100
Control químico	100
Control biológico	101
NORMATIVIDAD (INTERNACIONAL O NACIONAL EN CASO DE HABERLAS)	101
ANÁLISIS DE RIESGO	102
LITERATURA CITADA	110
<i>Hydrilla verticillata</i> (L. f.) Royle	116
CLASIFICACIÓN	117
SINONIMIAS	117
TAXONOMÍA Y NOMENCLATURA	117
DESCRIPCIÓN	117
NOMBRES COMUNES	120
ORIGEN	120
DISTRIBUCIÓN NATURAL	120
En el mundo	120
DISTRIBUCIÓN POR INTRODUCCIONES A NIVEL MUNDIAL Y MÉXICO	121
Introducción intencional	121
En el mundo	121
BIOLOGÍA, ECOLOGÍA E HISTORIA NATURAL	123
Información genética	123
Biología reproductiva	124
Requerimientos ambientales	125
MECANISMOS DE DISPERSIÓN	125
Dispersión natural	125
Estatus (reportes como especie invasora en otros sitios)	125
USOS Y COMERCIALIZACIÓN	126
Historia de la comercialización	126
Ornamental	126
Tratamiento de aguas residuales	126
Medicinal	126
POTENCIAL DE ESTABLECIMIENTO Y COLONIZACIÓN	126
Potencial de colonización	126
Potencial de dispersión	
EVIDENCIAS DE IMPACTOS	
Impactos/beneficios socioeconómicos	127
Impactos a la salud (humana, enfermedades, parásitos, etc.)	127
Impactos ambientales y a la biodiversidad	127





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

CONTROL Y MITIGACIÓN (TIPOS DE MEDIDAS O ESTRATEGIAS, COSTOS, ETC.)	128
Control mecánico o físico	129
Control químico	129
Control biológico	130
NORMATIVIDAD (INTERNACIONAL O NACIONAL EN CASO DE HABERLAS)	131
ANÁLISIS DE RIESGO	133
LITERATURA CITADA	140
<i>Vallisneria spiralis</i> L.	153
CLASIFICACIÓN	154
SINONIMIAS	154
TAXONOMÍA Y NOMENCLATURA	154
DESCRIPCIÓN	155
NOMBRES COMUNES	157
ORIGEN	157
DISTRIBUCIÓN NATURAL	157
En el mundo	157
DISTRIBUCIÓN POR INTRODUCCIONES A NIVEL MUNDIAL Y MÉXICO	158
Introducción no intencional	158
En el mundo	158
Introducción intencional	159
En el mundo	159
TRASLOCACIONES	159
BIOLOGÍA, ECOLOGÍA E HISTORIA NATURAL	160
Información genética	160
Biología reproductiva	160
Fisiología y fenología	160
Requerimientos ambientales	160
MECANISMOS DE DISPERSIÓN	161
Dispersión natural	161
Estatus (reportes como especie invasora en otros sitios)	161
USOS Y COMERCIALIZACIÓN	161
Historia de la comercialización	161
Tratamiento de aguas residuales	161
Alimentario	162
Medicinal	162
EVIDENCIAS DE IMPACTOS	162
Impactos/beneficios socioeconómicos	162
Impactos ambientales y a la biodiversidad	162



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

CONTROL Y MITIGACIÓN (TIPOS DE MEDIDAS O ESTRATEGIAS, COSTOS, ETC.)	163
Control mecánico o físico	163
Control químico	164
Control biológico	164
Otros métodos	164
NORMATIVIDAD (INTERNACIONAL O NACIONAL EN CASO DE HABERLAS)	164
ANÁLISIS DE RIESGO	165
LITERATURA CITADA	172
DICOTILEDONEAE	176
<i>Myriophyllum aquaticum</i> (Vell.) Verdc.	177
CLASIFICACIÓN	178
SINONIMIAS	178
TAXONOMÍA Y NOMENCLATURA	178
DESCRIPCIÓN	178
NOMBRES COMUNES	179
ORIGEN	181
DISTRIBUCIÓN NATURAL	181
En el mundo	181
DISTRIBUCIÓN POR INTRODUCCIONES A NIVEL MUNDIAL Y MÉXICO	181
Introducción intencional	181
En el mundo	181
TRASLOCACIONES	183
BIOLOGÍA, ECOLOGÍA E HISTORIA NATURAL	183
Biología reproductiva	184
Requerimientos ambientales	184
MECANISMOS DE DISPERSIÓN	185
Dispersión natural	185
Dispersión artificial	185
Estatus (reportes como especie invasora en otros sitios)	185
USOS Y COMERCIALIZACIÓN	186
Historia de la comercialización	186
Ornamental	186
Tratamiento de aguas residuales	186
Origen de los individuos comercializados (poblaciones silvestres, viveros fuera o dentro de México)	187
Condiciones de cultivo	187
Análisis económico (importaciones/mercado a nivel mundial, mercado en México, rentabilidad de su cultivo, etc.)	187



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

POTENCIAL DE ESTABLECIMIENTO Y COLONIZACIÓN	187
Potencial invasor	187
Potencial de colonización	188
Potencial de dispersión	188
EVIDENCIAS DE IMPACTOS	188
Impactos/beneficios socioeconómicos	188
Impactos a la salud (humana, enfermedades, parásitos, etc.)	189
Impactos ambientales y a la biodiversidad	189
Otros impactos	189
CONTROL Y MITIGACIÓN (TIPOS DE MEDIDAS O ESTRATEGIAS, COSTOS, ETC.)	189
Concientización pública	189
Control mecánico o físico	190
Control químico	190
Control biológico	191
NORMATIVIDAD (INTERNACIONAL O NACIONAL EN CASO DE HABERLAS)	192
ANÁLISIS DE RIESGO	194
LITERATURA CITADA	200
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	213
CLASIFICACIÓN	214
SINONIMIAS	214
TAXONOMÍA Y NOMENCLATURA	214
DESCRIPCIÓN	214
NOMBRES COMUNES	216
ORIGEN	216
DISTRIBUCIÓN NATURAL	216
En el mundo	216
DISTRIBUCIÓN POR INTRODUCCIONES A NIVEL MUNDIAL Y MÉXICO	217
Introducción intencional	217
En el mundo	217
BIOLOGÍA, ECOLOGÍA E HISTORIA NATURAL	218
Biología reproductiva	218
Hibridación	218
Requerimientos ambientales	219
MECANISMOS DE DISPERSIÓN	219
Dispersión natural	219
Dispersión artificial	220
Estatus (reportes como especie invasora en otros sitios)	220
USOS Y COMERCIALIZACIÓN	220



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

Historia de la comercialización	220
Ornamental	220
POTENCIAL DE ESTABLECIMIENTO Y COLONIZACIÓN	221
Potencial invasor	221
Potencial de colonización	221
EVIDENCIAS DE IMPACTOS	221
Impactos/beneficios socioeconómicos	221
Impactos a la salud (humana, enfermedades, parásitos, etc.)	221
Impactos ambientales y a la biodiversidad	222
CONTROL Y MITIGACIÓN (TIPOS DE MEDIDAS O ESTRATEGIAS, COSTOS, ETC.)	223
Medidas preventivas	223
Concientización pública	223
Control mecánico o físico	224
Control químico	224
Control biológico	225
NORMATIVIDAD (INTERNACIONAL O NACIONAL EN CASO DE HABERLAS)	226
ANÁLISIS DE RIESGO	227
LITERATURA CITADA	233
ANÁLISIS DE RIESGO	245
CONCLUSIONES	247
RECOMENDACIONES	249
LITERATURA CITADA	250



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
1	Foto de <i>Caulerpa taxifolia</i>	18
2	Morfología de <i>Caulerpa taxifolia</i>	20
3	Foto de <i>Salvinia molesta</i>	47
4	Morfología de <i>Salvinia molesta</i>	50
5	Tricomas en la superficie de la lámina de <i>Salvinia molesta</i>	51
6	Distribución geográfica de <i>Salvinia molesta</i> en México	53
7	Foto de <i>Egeria densa</i>	85
8	Morfología de <i>Egeria densa</i>	87
9	Flores de <i>Egeria densa</i> en la superficie del agua	88
10	Flores masculinas de <i>Egeria densa</i>	88
11	Distribución geográfica de <i>Egeria densa</i> en México	92
12	Foto de <i>Hydrilla verticillata</i>	116
13	Plantas de <i>Hydrilla verticillata</i> sumergidas	118
14	Morfología de <i>Hydrilla verticillata</i>	119
15	Distribución geográfica de <i>Hydrilla verticillata</i> en México	122
16	Comparación morfológica entre <i>Egeria densa</i> , <i>Elodea canadensis</i> e <i>Hydrilla verticillata</i>	123
17	Foto de <i>Vallisneria spiralis</i>	153
18	Morfología de <i>Vallisneria spiralis</i>	156
19	Flores femeninas y masculinas de <i>Vallisneria spiralis</i>	157
20	Foto de <i>Myriophyllum aquaticum</i>	177
21	Fotos de flores masculinas (izquierda) y femeninas (derecha) de <i>Myriophyllum aquaticum</i>	179
22	Morfología de <i>Myriophyllum aquaticum</i>	180
23	Distribución geográfica de <i>Myriophyllum aquaticum</i> en México	183
24	Foto de <i>Myriophyllum spicatum</i>	213
25	Morfología de <i>Myriophyllum spicatum</i>	215
25	Foto de las inflorescencias dispuestas en espiga de <i>Myriophyllum spicatum</i>	216



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## RESUMEN

México con su gran variedad de ecosistemas acuáticos (lagos, presas, bordos, ríos, manantiales, lagunas, mares, entre otros) le han permitido el establecimiento y desarrollo de especies de plantas introducidas, ya sean de forma intencional (acuarismo o jardines acuáticos) o accidental. Este análisis de riesgo está dirigido a siete especies de plantas acuáticas (algas: *Caulerpa taxifolia*, helechos y plantas afines *Salvinia molesta*, así como angiospermas tales como las monocotilédoneas: *Egeria densa*, *Hydrilla verticillata*, *Vallisneria spiralis*, y las dicotilédoneas: *Myriophyllum aquaticum*, *M. spicatum*) consideradas exóticas invasoras, que representan a dos formas de vida: las hidrófitas enraizadas sumergidas y las hidrófitas libremente flotadoras. En el país, se han registrado cuatro especies verificables en colecciones científicas: *S. molesta* (1 ejemplar), *E. densa* (89 ejemplares), *H. verticillata* (8 ejemplares) y *M. aquaticum* (58 ejemplares), mientras que las otras tres especies: *C. taxifolia*, *V. spiralis* y *M. spicatum*, han sido documentadas en literatura o en colecciones de que existen en el país, sin embargo, en su revisión, realmente no están presentes o fueron identificadas erróneamente. Estas especies manifiestan altas tasas reproductivas, de adecuación y de adaptación a cualquier tipo de ecosistema acuático que infestan, lo cual, junto con la gran concentración de nutrientes presentes en los cuerpos de agua provenientes de la actividad agrícola, urbana e industrial y la ausencia de enemigos naturales las pueden llevar o han llevado a cubrir por completo los diferentes ambientes. Con base en su comportamiento invasivo causan graves daños y en su conjunto, son la mayor amenaza en la pérdida de la diversidad biológica, al ocasionar cambios en la estructura y composición de las comunidades acuáticas y del ecosistema, además de su funcionamiento. El presente análisis, se refiere a los impactos documentados y potenciales que pueden causar estas plantas al medio ambiente, la economía o la salud en el país. Los apartados que se incluyen en cada especie ofrecen la mejor información disponible para documentar el análisis que se presenta en la parte final de cada una de ellas. La solidez del análisis reside en la información recabada sobre biología de las especies, ecología incluyendo la similitud climática, técnicas de cultivo (si las hubiere), mercado, vías de introducción, evidencias de impactos, métodos de control, y el marco legal existente (si las hubiere). Esta información es indispensable para responder con certeza a cada una de las preguntas implícitas en el análisis de riesgo, debido a que debe cumplir con los siguientes criterios: tener un enfoque lógico y científicamente válido, relevante, exhaustivo, práctico y transparente.

## INTRODUCCIÓN

México tiene aproximadamente 24,000 especies de plantas, de las cuales 2.5% son acuáticas. De éstas, las plantas acuáticas invasoras tienen un papel importante en la flora, registrándose 30 familias, 42 géneros, 59 especies, dos subespecies y una variedad, tanto de helechos y plantas afines como de angiospermas acuáticas (monocotiledóneas y dicotiledóneas) (Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2014).

Es importante indicar que en el país se comportan como plantas acuáticas exóticas invasoras la “oreja de ratón” (*Salvinia molesta*), la “elodea” (*Egeria densa*), la “hidrila” (*Hydrilla verticillata*) y la “mil hojas” (*Myriophyllum aquaticum*), entre otras especies introducidas.

Las invasiones biológicas son consideradas la segunda causa más importante de la extirpación o extinción local de especies nativas, además de que causan fuertes pérdidas económicas por sus efectos negativos a los servicios que el ser humano obtiene de los ecosistemas acuáticos que infestan, y son una de las más serias amenazas para la biodiversidad. Para dichas especies se han hecho muchos esfuerzos en la búsqueda de opciones efectivas y económicas para su control, ya que son muy altos los costos de manejo y conservación que ocasionan en las redes de distribución hidroagrícola y en los diversos cuerpos de agua que infestan (Lonsdale, 1999; Hopkins, 2001; Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2014).

Algunas especies de plantas acuáticas son consideradas en el ámbito mundial como las invasoras más destructivas económica y biológicamente (Holm *et al.*, 1977). Aunque muchas plantas acuáticas introducidas en los ecosistemas acuáticos al principio no causan problema, con el paso del tiempo se adecuan y, en ausencia de sus enemigos naturales, se multiplican rápidamente en su nuevo medio y se diseminan invadiendo otros ecosistemas naturales, convirtiéndose en plantas invasoras que desplazan la flora y fauna acuáticas nativas (Williamson, 1996; Champion, 2004).

La introducción y propagación acelerada de especies acuáticas, y entre muchas de ellas las exóticas, ha estado asociada con la extinción de 54% de los casos en la fauna acuática nativa mundial (Harrison y Stiasny, 1999), de 70% de los peces de Norteamérica (Lassuy, 2002) y de 60% de los peces mexicanos (Contreras-Balderas, 1999).

En México han causado fuertes daños varias especies de plantas acuáticas introducidas (Novelo y Martínez, 1989; Gutiérrez *et al.*, 1997; Ramos *et al.*, 2004). Sin embargo, en la actualidad, estudios que abarquen mayor información relacionada con las especies exóticas invasoras son aún escasos, incluyendo aquellos que se refieren a su distribución y sus implicaciones en el país, por lo que no se sabe con certeza cuántas especies acuáticas exóticas se han establecido en México y dónde se distribuyen (Espinosa y Sarukhán, 1997; Villaseñor y Espinosa, 1998).

La introducción de plantas a lugares lejanos de su lugar de origen ha sido una práctica común en la historia de la humanidad. Las rutas artificiales se dividen en dos tipos: rutas de introducción intencionales, cuando resultan del transporte, comercio, manejo y liberaciones intencionales de organismos o propágulos, y rutas de introducción no intencionales, que transportan especies de manera indirecta, por ejemplo, las actividades asociadas a la construcción de infraestructura y vías de

comunicación, agua de lastre, organismos adheridos a los cascos de los buques, importación de alimentos o turismo (Kriesch, 2007).

De las rutas artificiales destacan *Egeria densa*, *Hydrilla verticillata*, *Myriophyllum aquaticum* y *Salvinia molesta*, que han sido introducidas en México por el comercio de plantas de ornato para acuarios o bien han sido flora acompañante de peces, también exóticos, importados a nuestro país, aunque ya en México se han distribuido de manera natural (Novelo y Martínez, 1989; Villaseñor y Espinosa, 1998; Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2014).

Las plantas acuáticas pueden dispersarse por diferentes vías (Figuerola y Green, 2002) y con frecuencia, en el caso de las plantas acuáticas, el hombre ha contribuido a ello (Dutarte y Capdevielle, 1982), de tal manera que diversas hidrófitas usadas para decoración en acuarios y jardines botánicos se han distribuido en regiones lejanas a su lugar de origen (Champion, 2004; Rixon *et al.*, 2005), convirtiéndose en un problema de bioseguridad.

Es importante considerar que los mecanismos de dispersión mostrados por las plantas acuáticas exóticas invasoras apoyan la posibilidad de que las especies tienen patrones amplios de distribución. Sin embargo, aún poco se sabe acerca de la manera en que las diásporas o estructuras clonales son dispersadas, especialmente cuando es por medio del agua o los animales (Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2014).

En este sentido, los estudios que se refieren a la distribución de plantas introducidas exóticas y sus implicaciones en México fueron escasos hasta el año de 1990 (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1990), sin embargo, Bonilla-Barbosa y Santamaría (2014) indican el número de especies de plantas acuáticas exóticas presentes en México, indicando su origen y la distribución de cada especie en el país, apoyada esta información con la revisión de literatura y fundamentalmente con ejemplares depositados en varios herbarios institucionales tanto nacionales como del extranjero.

Para los análisis de riesgo, es importante indicar que existen especies de plantas acuáticas que no tienen amplia distribución territorial, pero sí infestan extensas áreas geográficas de diversos ecosistemas acuáticos, destacando entre ellas para México *E. densa*, *H. verticillata*, *M. aquaticum* y *S. molesta*.

En este sentido, para llevar a cabo los análisis de riesgo para especies invasoras, se requiere de considerar varios elementos importantes: la participación de un equipo interdisciplinario, que involucre temas como ecología, economía, la salud y estadística: la primera apoya a examinar las características de las especies y las condiciones ambientales que determinen el potencial invasivo de éstas en un determinado ecosistema; la segunda, calcula las condiciones de transporte de estas especies, los costos de prevención, control y/o erradicación, así como los impactos económicos; la tercera, se encarga de evaluar impactos potenciales de patógenos y parásitos presentes en las especies introducidas; mientras que la última, proporciona técnicas y métodos que permiten realizar análisis rigurosos para obtener valores probabilísticos del potencial invasor de las especies (Pheloung *et al.*, 1999).





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



PN  
UD  
Al servicio  
de las personas  
y las naciones

También es importante considerar otros elementos propios del análisis de riesgo tales como: la identificación precisa de la especie; la historia de su domesticación o cultivo, su origen, su historia biogeográfica; las condiciones biológicas y ecológicas ambientales de desarrollo de la especie como la compatibilidad climática, el hábitat, condiciones ecológicas en la región de introducción, el rango de tolerancia a diferentes factores tanto físicos, químicos como biológicos, mecanismos principales de reproducción o propagación (sexual o asexual), mecanismos de dispersión; la historia de invasión o naturalización en otros sitios; si es una especie que está regulada por las normas sanitarias del país de donde proviene debido al transporte o desarrollo de enfermedades; sus características de invasión, potencial de expansión (Pheloung *et al.*, 1999).

Otros puntos a considerar para la toma de decisiones sobre el resultado que produzca el análisis de riesgo de las especies en cuestión son los siguientes: impactos (ecológicos, económicos, sociales); beneficios económicos y ecológicos, potencial de manejo y control para la implementación de medidas de bioseguridad; vías de introducción, entre otros (Pheloung *et al.*, 1999).

Aun cuando no todas las plantas exóticas tienen impactos negativos, es recomendado utilizar el principio precautorio para su manejo (McDougall *et al.*, 2010). Es decir, todas las especies deben ser evaluadas considerando los potenciales efectos negativos que pudiesen causar. La pregunta clave es ¿Cuáles especies van a representar un mayor riesgo para la conservación de la biodiversidad acuática? (Mack *et al.*, 2000; Gordon *et al.*, 2008). Sin embargo, tales herramientas requieren información básica tanto de las especies invasoras como de los posibles ecosistemas afectados.

Ante este escenario una de las acciones más eficaces para enfrentar el problema de la introducción de especies exóticas o de las nativas invasoras es la prevención (Kolar y Lodge, 2002; Aguirre *et al.*, 2005). El Principio de Precaución, que actualmente ocupa posición destacada en las discusiones sobre la protección al medio ambiente, brinda las bases para utilizar herramientas de Análisis de Riesgos como cimiento de la toma de decisiones acerca de las introducciones, actividades y estrategias de control (Capdevila *et al.*, 2006).

Los procesos de Análisis de Riesgos tienen un papel importante en la reducción de la probabilidad de que nuevas especies no nativas e invasoras se establezcan en un nuevo territorio como México, ya que implican la identificación de las especies exóticas con potencial invasor, evaluando la probabilidad de que se vuelvan invasoras y las consecuencias que de ello se derivarían (UICN, 2000; Capdevila *et al.*, 2006; Mendoza-Alfaro *et al.*, 2011).

Por último, deben tomarse en cuenta las herramientas preventivas enfocadas a impedir el establecimiento de especies acuáticas invasoras en los ecosistemas que puedan infestar o infestarse; evaluar el riesgo que representa una especie antes de su introducción y tomar medidas para reducir el riesgo; establecer medidas para regular introducciones intencionales ocasionadas por actividades humanas; predecir puntos de introducción y establecer acciones de monitoreo y detección temprana (Sutter II y Barnthouse, 2007). Por lo que este análisis de riesgo sobre plantas acuáticas proporciona apoyo técnico para la toma de decisiones en situaciones de incertidumbre.

La escasa información sobre las plantas acuáticas exóticas en México y la necesidad de manejarlas o de impedir su expansión hacen necesario y urgente su conocimiento básico, por lo que la presente contribución está enfocada al análisis de riesgo de siete especies de plantas acuáticas que son consideradas introducidas en el país.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

# ALGAE

# *Caulerpa taxifolia* (M. Vahl) C. Agardh

## Synopsis algarum Scandinaviae, Adjecta Dispositione

### Universal Algarum pp. (i)-xl, (1)-135, 1917

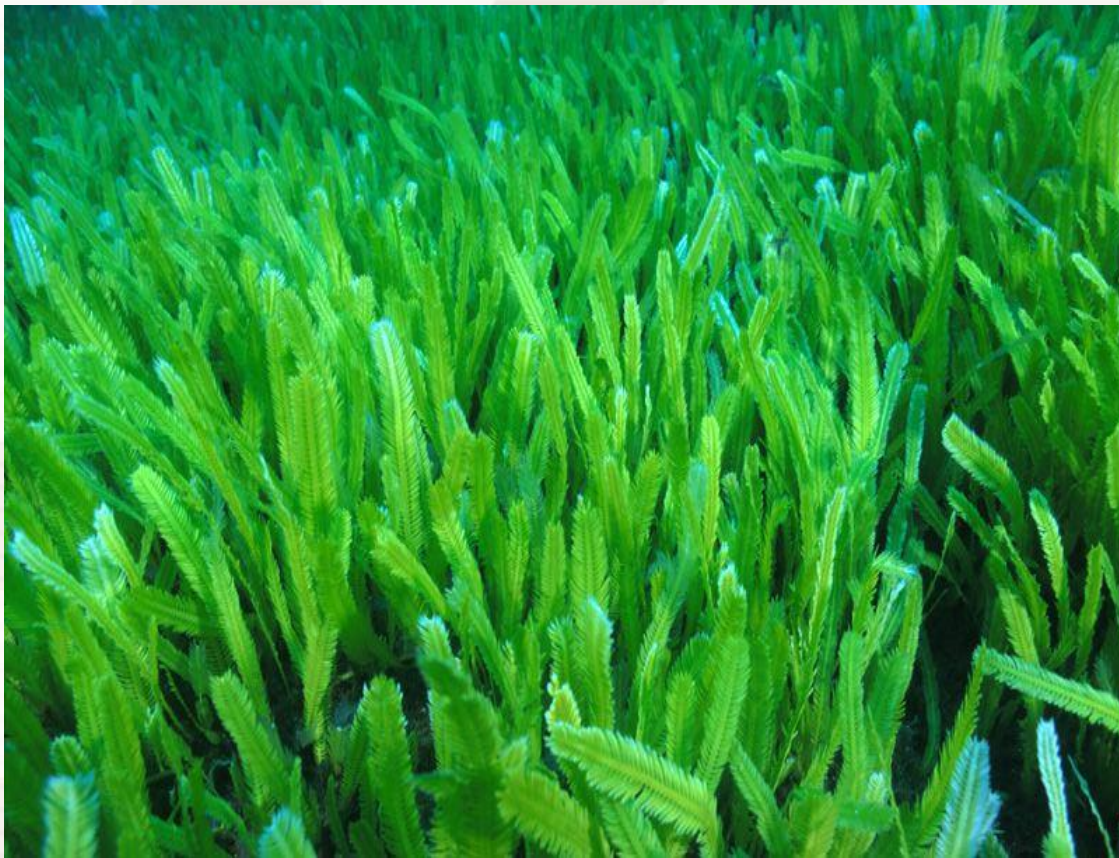


Figura 1. Foto de *Caulerpa taxifolia*. Tomada de <http://caballitosdemar.com/viewtopic.phpt=24>

Bonilla-Barbosa, J. R. 2016. Análisis de riesgo de plantas acuáticas exóticas con potencial invasor en México: *Caulerpa taxifolia*. Realizado dentro del proyecto GEF 0089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## CLASIFICACIÓN

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae

División: Chlorophyta Pascher, 1914

Clase: Bryopsidophyceae Bessey, 1907

Orden: Bryopsidales J. H. Schaffner, 1922

Familia: Caulerpaceae Kützing, 1843

Género: *Caulerpa* J. V. Lamouroux, 1809

Especie: *Caulerpa taxifolia* (M. Vahl) C. Agardh, 1817

## SINONIMIAS

*Fucus taxifolius* M. Vahl, 1802

## TAXONOMÍA Y NOMENCLATURA

## DESCRIPCIÓN

El género *Caulerpa* contiene cerca de 100 especies (Meinesz *et al.*, 2001a). *Caulerpa taxifolia* lleva su nombre de acuerdo con la semejanza de sus hojas con las hojas de los árboles de género *Taxus*.

Es un alga verde marina, macroscópica con morfología (cenocítica), es decir, sin paredes celulares. Su morfología en general se asemeja a la de una planta vascular. El talo consiste de un “estolón” que crece sobre la superficie del sedimento, anclado por incoloros “rizoides”. Las láminas foliares (frondas) son verticales y se asemejan a hojas pinnadas con nervadura central. Varían en longitud cuando están en condiciones de acuario o en condiciones naturales. La siguiente descripción se basa en varios autores (Boudouresque *et al.*, 1995; Meinesz *et al.*, 1995; NIMPIS, 2002).

Estolones (tallos) con rizoides filamentosos transparentes, de 1.0 a 1.5 m de largo en acuario, hasta 150 m en medios naturales. Frondas de color verde claro, aplanadas lateralmente, de 2 a 80 cm en condiciones de acuario hasta 2.8 m de largo en condiciones naturales, ramificadas, crecen de las hojas primarias como láminas foliares en forma de pluma, su eje central (raquis) es amplio, de la que crecen las pinnulas. Hojas primarias crecen directamente sobre los estolones a intervalos regulares, pueden ser bastante cortas o aún ausentes. Pinnulas de 4 a 7 por cm a cada lado del eje de la fronda, hasta 1 cm de largo, generalmente recurvadas, estrechándose y bifurcándose en los extremos.

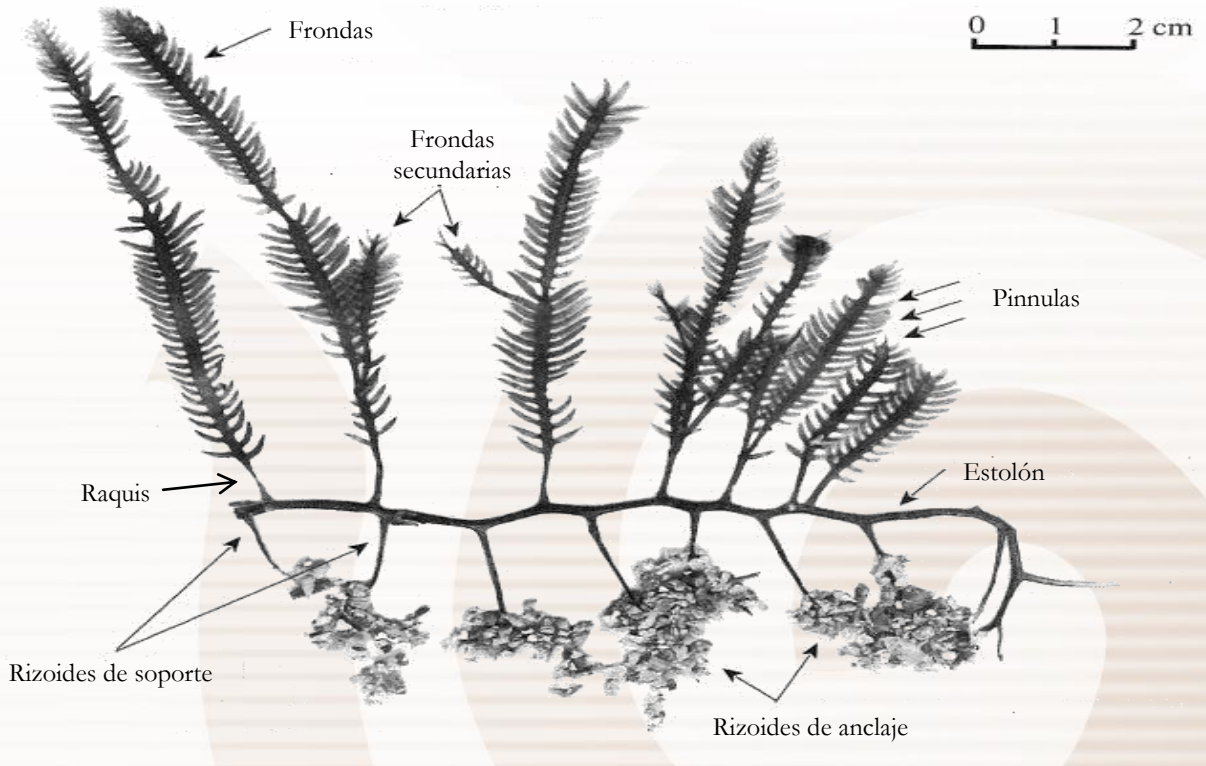


Figura 2. Morfología de *Caulerpa taxifolia*. Foto tomada de <https://reefs.com/2013-3/a-look-at-the-macroalgae-caulerpa/>



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## NOMBRES COMUNES

“Schlauchalge” (Alemania), “lukay-lukay” (Filipinas), “caulerpa”, “green sea palm”, “killer algae” “sea weed” (USA).

## ORIGEN

Especie tropical que fue descubierta alrededor de las Islas Vírgenes y es nativa de las costas del Atlántico del mar Caribe a Brasil, Golfo de Guinea, Mar Rojo, a lo largo de la costa africana occidental y oriental, Maldivas, Seychelles, sur de China, en el Océano Índico desde Pakistán a Indonesia y en el Océano Pacífico desde Japón a Australia, Polinesia, Hawái, Fiji, Nueva Caledonia (Meinesz *et al.*, 2001b; UNEP, 2004).

El análisis genético ha revelado que las cepas de *C. taxifolia* presentes en California son idénticas a las que se localizan en el Mediterráneo y en muchos acuarios. También son muy similares a plantas que se desarrollan en Australia del sur, lo que conduce a la hipótesis de que la cepa invasiva se originó en Australia y fue distribuida a través del comercio del acuario a muchas partes del mundo (Meinesz *et al.*, 2001b).

## DISTRIBUCIÓN NATURAL

### En el mundo

La distribución geográfica a nivel mundial se basa en este apartado solamente de las poblaciones nativas. Este y oeste del Océano Atlántico, este, oeste y norte del Océano Índico, oeste del Océano Pacífico (UNEP, 2004).

**Asia:** Arabia Saudita, Bangladesh, sur de China, norte de India, Filipinas, Islas Andaman y Nicobar, Indonesia, Japón, Malasia, Sarawak, Maldivas, Pakistán, Singapur, Sri Lanka, Tailandia, Vietnam y Yemen (UNEP, 2004; Guiry y Guiry, 2008).

**África:** África, Cape Verde, Costas de Marfil, Española, Gabón, Gambia, Ghana, Golfo de Guinea Ecuatorial, Isla Mauricio, Kenya, Madagascar, Mauritania, Santo Tomas y Príncipe, Senegal, Seychelles (UNEP, 2004; Guiry y Guiry, 2008).

**Norteamérica:** Hawái (UNEP, 2004; Guiry y Guiry, 2008).

## DISTRIBUCIÓN POR INTRODUCCIONES A NIVEL MUNDIAL Y MÉXICO

### Introducción no intencional

#### En el mundo

La conocida “cepa de acuario” de *Caulerpa taxifolia* fue introducida en el Mediterráneo, el mar Adriático y la costa oeste de los Estados Unidos. No es clara si la cepa presente en Sidney, Australia es nativa o introducida (NIMPIS, 2002; NOVA, 2003).

La liberación de las plantas de acuario en el medio ambiente es considerada como la causa de las introducciones iniciales de *C. taxifolia* en por lo menos el mar Mediterráneo y las costas de California (NIMPIS, 2002; NOVA, 2003).

Las aguas de lastre de los barcos liberan fragmentos de *C. taxifolia* en gran parte de los sistemas marinos y costeros, por lo que son un vector importante de dispersión de esta especie (West *et al.*, 2007). Se considera que el tráfico de embarcaciones a través y alrededor del Mediterráneo es el medio de dispersión de esta alga desde Mónaco a España, Italia, Croacia y Túnez.

La pesca deportiva y las pesquerías con la ayuda de redes de pesca, también se consideran como un factor de dispersión local o a gran distancia de *C. taxifolia* en el mar de Liguria, Italia, debido a que estas plantas se fijan al equipo de pesca (Relini *et al.*, 2000). Por estas razones, nuevas infestaciones han tendido a ocurrir en los puertos de muchos países.

### Introducción intencional

#### En el mundo

Como plantas ornamentales, la venta de plantas de acuario casero y público, por correspondencia y vía internet, incluyendo el “clon de acuario” de *C. taxifolia* continúa siendo una de las más fuertes introducciones a gran distancia. Además, se ha dispersado en diversos lugares como resultado de eliminación de los acuarios caseros y de tiendas de macotas donde venden esta planta (Meinesz *et al.*, 2001a; FAO-DIAS, 2008; Guiry y Guiry, 2008).

La distribución geográfica a nivel mundial en el siguiente apartado indica solamente las poblaciones que han sido consideradas introducidas.

**África:** Islas Canarias, Tanzania, Túnez (Meinesz *et al.*, 2001a; FAO-DIAS, 2008; Guiry y Guiry, 2008).

**Norteamérica:** California, Islas Bermudas (UNEP, 2004; Guiry y Guiry, 2008).



**Centroamérica y el Caribe:** Antillas Holandesas, Antillas Menores, Barbados, Belice, Jamaica, Cuba, Puerto Rico, Trinidad y Tobago, Islas Vírgenes, Panamá (UNEP, 2004; Guiry y Guiry, 2008).

**Sudamérica:** Colombia, Venezuela (Guiry y Guiry, 2008).

**Europa:** Croacia, España, este del Océano Pacífico, Francia, Islas Baleares, Italia, Mar Negro y Mar Mediterráneo; Mónaco (Meinesz *et al.*, 2001a; UNEP, 2004; FAO-DIAS, 2008; Guiry y Guiry, 2008).

**Oceanía:** Australia (norte, oeste y sur), Fiji, Islas Lord Howe, Micronesia, New South Gales, Nueva Caledonia, Papua Nueva Guinea, Polinesia Francesa, Queensland, Samoa, sur de Australia (Phillips y Price, 2002; UNEP, 2004; Ivesa *et al.*, 2006; Glasby y Creese, 2007; Glasby y Gibson, 2007; Theil *et al.*, 2007; Guiry y Guiry, 2008).

**México:** Desconocida, no se han tenido registros de la especie en el país.

## TRASLOCACIONES

*Caulerpa taxifolia* se ha distribuido a grandes distancias por medio de botes, lanchas o barcos, anclas o redes de pesca partes de la planta; liberación de los acuarios caseros, públicos o de venta de organismos de acuario; con fines ornamentales y acuarios públicos y en el hogar; y por último, a causa de la hidrodinámica de las corrientes de agua, en donde pequeños trozos de la planta pueden ser dispersadas a distancias cortas o largas (FAO-DIAS, 2008; Guiry y Guiry, 2008; Meinesz *et al.*, 2001a).

Es importante indicar que no existe información acerca de las traslocaciones en los países.

## BIOLOGÍA, ECOLOGÍA E HISTORIA NATURAL

*Caulerpa taxifolia* es un alga marina invasora (Meinesz *et al.*, 1995).

### Información genética

Meusnier *et al.* (2001) indican dos conjuntos de evidencias que apoyan el origen australiano de las poblaciones de *C. taxifolia* presentes en el Mediterráneo, complementando estudios biogeográficos basados en DNA ribosomal nuclear (ADNr) y el espaciador de transcripción interno (ITS), desarrollando un nuevo marcador del cloroplasto, y la comparación de la diversidad genética intrapoblacional entre poblaciones invasoras y nativas, revelando con ello la presencia de dos clados divergentes.

El primer clado agrupa poblaciones invasoras no tropicales con poblaciones de la costa continental de Australia, mientras que el segundo grupo representa a poblaciones costeras. A pesar de tener nueve perfiles nucleares y cinco perfiles del cloroplasto distintos, una combinación única



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

del núcleo citoplásmico es característica de las poblaciones invasoras, y su reproducción sexual fue muy rara, por lo que *C. taxifolia* es un complejo de especies ecológica y genéticamente diferenciadas de especies y subespecies (Meusnier *et al.*, 2002).

### Biología reproductiva

*Caulerpa taxifolia* se reproduce sexual y asexualmente, sin embargo, sus mecanismos de reproducción y el ciclo de vida de esta especie no son bien conocidos (NIMPIS, 2002; Wright y Davis, 2006).

Se conoce que poblaciones nativas de *C. taxifolia* se reproducen sexualmente, en donde los gametos masculinos y femeninos se fusionan formando un cigoto que se desarrolla en dos etapas poco conocidas antes de convertirse en el adulto, su principal periodo reproductivo por este medio es en los meses de junio a septiembre (NIMPIS, 2002). Sin embargo, *Caulerpa taxifolia* también se puede reproducir asexualmente por medio de fragmentación, como es el caso de la cepa invasora que se escapó de un acuario en Mónaco la cual se ha distribuido en diversas partes del mundo (Meinesz *et al.*, 2001a).

En las poblaciones introducidas, como en el Mediterráneo, la Cepa de Acuario es el clon masculino por lo que se propaga vegetativamente por crecimiento de los estolones o por regeneración de fragmentos, lo que ocasiona su rápida expansión invasiva y alta abundancia, cuando las temperaturas sobrepasen los 25 °C (Clifton y Clifton, 1999; NIMPIS, 2002; Wright y Davis, 2006).

### Fisiología y fenología

*Caulerpa taxifolia* como especie nativa son plantas aisladas y separadas, mientras que cuando es introducida, forma manchones densos (Wright, 2005).

Las poblaciones nativas de *C. taxifolia*, en Queensland, Australia, se conoce que tienen más grandes los estolones y frondas que aquellas poblaciones invasoras (Wright, 2005). Sin embargo, estas últimas tienen altas densidades de estolones, frondas y frondas fragmentadas, además de mayor biomasa en comparación con las poblaciones nativas. Densidades promedio en sitios invadidos superan los 4,700 estolones y frondas de 9,000/m<sup>2</sup>, siendo los valores más altos registrados para *C. taxifolia* de 27,000 estolones y 95,000 hojas/m<sup>2</sup>, que no se han registrado en ningún otro lugar del mundo, con densidades promedio de frondas fragmentadas en sitios invadidos de 6,000/m<sup>2</sup> (Wright, 2005).

La infestación registrada más septentrional de *C. taxifolia* está ubicada en Croacia, donde el crecimiento vegetativo ha mostrado patrones estacionales (Ivesa *et al.*, 2006). En Malinska (Croacia), el alga casi desaparece en abril y mayo, hubo regeneración de partes invernantes de los talos en verano, su máximo desarrollo fue en otoño e invierno, y su producción de biomasa y de la fronda



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



PN  
UD  
Al servicio  
de las personas  
y las naciones

fue generalmente menor que en el Mediterráneo noroccidental, aunque la biomasa se ha correlacionado estrechamente con la longitud y número de las frondas.

Se ha observado, que cambios en las temperaturas en el ambiente marino en la época de invierno (9.5-10.5 °C), ocasionan la disminución en superficie colonizada de *C. taxifolia*, sin embargo, es importante notar que otros procesos desconocidos también desempeñan un papel fundamental en los patrones de desarrollo (Ivesa *et al.*, 2006). Observación de poblaciones nativas de *C. taxifolia* crece a temperaturas de 9 a 11 °C en Moreton Bay, Australia, lo cual ha planteado dudas acerca de si las poblaciones mediterráneas son de una cepa genéticamente modificada, adaptada al frío, como ha sido afirmado por algunos autores (Phillips y Price, 2002).

### Requerimientos ambientales

Las poblaciones nativas tropicales de *Caulerpa taxifolia* puede establecerse en gran variedad de sustratos arenosos, limosos hasta playas rocosas o arrecifes. Alcanza profundidades de 3 a 35 m, con un límite de 100 m. Sus frondas, estolones y talos muestran respuestas similares bajo una gama de salinidades (15 a 38 ppm, con un óptimo de 30) y temperatura del agua (7 a 32.5 °C, con un óptimo de 30).

Muchos de los fragmentos del alga se duplican en tamaño en una semana con una tasa máxima de crecimiento de 17.4 cm/semana, con un óptimo crecimiento de más de 20 mm/semana a salinidades por encima de los 20 ppm y temperaturas superiores a los 20 °C (NIMPIS, 2002; West y West, 2007). Si esta especie fuese localizada en el país, las mejores condiciones serían en la región del Caribe mexicano.

## MECANISMOS DE DISPERSIÓN

### Dispersión natural

*Caulerpa taxifolia* forma densas áreas con alta probabilidad de dispersión local con la ayuda de las corrientes marinas (NIMPIS, 2002; West y West, 2007).

*Caulerpa taxifolia* es una especie que crece rápidamente, compete y erradica con éxito a pastos marinos, además de organismos del bentos en las zonas costeras donde infesta, especialmente donde existen aguas residuales u otras formas de perturbación ambiental. Una vez bien establecida, es imposible de erradicar (West y West, 2007).

### Dispersión artificial

Una vez liberada en el sistema acuático se propaga rápidamente compitiendo por el hábitat de especies nativas, así como de otras especies no autóctonas.

## Estatus (reportes como especie invasora en otros sitios)

Esta especie está incluida dentro de las 100 especies más invasoras y agresivas del mundo.

Macroalga marina de aguas tropicales. En la década de 1980, un clon resistente a climas fríos fue introducido por accidente en el mar Mediterráneo de un acuario público en Mónaco, desde donde se ha extendido alrededor del Mediterráneo y también fue encontrado en California y el sur de Australia.

## USOS Y COMERCIALIZACIÓN

### Historia de la comercialización

#### Ornamental

*Caulerpa taxifolia* es un alga marina invasora ampliamente utilizada como planta decorativa en acuarios públicos y privados de agua salada (Meinesz *et al.*, 2001b).

#### Alimento

*Caulerpa taxifolia* contiene el 3.7% de materia seca, que comprende 5.8% de proteína, 65.8% de carbohidratos, 14.8% de ceniza, grasa y 6.5 mg/100 g de Vitamina C, sodio de 138 mg/100 g y 116 mg/100 g potasio (Hasni *et al.*, 1986).

Algunos productos naturales de *Caulerpa* han sido identificados (Aliya y Shameel, 2003), pero no se conoce ninguna explotación comercial.

### Origen de los individuos comercializados (poblaciones silvestres, viveros fuera o dentro de México)

En México, esta especie no ha sido registrada, por lo que no se tienen datos al respecto.

### Condiciones de cultivo

En México, de esta especie no se tiene conocimiento o información de su cultivo.

### Análisis económico (importaciones/mercado a nivel mundial, mercado en México, rentabilidad de su cultivo, etc.)

Se visitaron los más grandes mercados relacionados con el acuarismo en la Ciudad de México, sin embargo, no se tuvo la presencia de la especie.

En España el precio aproximado de *Caulerpa taxifolia* en los mercados de acuarismo es de un aproximado de 15-30 euros [http://nuestroacuario.com/caulerpa\\_taxifolia/](http://nuestroacuario.com/caulerpa_taxifolia/).

## POTENCIAL DE ESTABLECIMIENTO Y COLONIZACIÓN

### Potencial de colonización

Con base a una historia de 15 años de propagación en el mar Mediterráneo, la “cepa de acuario” de *C. taxifolia* fue colocada en la lista de Malezas Dañinas de los Estados Unidos en 1999. Específicamente, es una Maleza Nociva Clase A (son hierbas en su mayoría recientemente introducidas y generalmente raras) en Alabama, Carolina del Norte, Carolina del Sur, Massachusetts, Oregón, Vermont y Washington, razón por la cual está prohibida su posesión o venta (USDA-NRCS, 2008). En el año 2000, la cepa de acuario fue descubierta en dos localidades costeras en el sur de California, USA (Meinesz, 2002; Zaleski y Murray, 2006).

Una cepa resistente al frío de *C. taxifolia* fue descubierta en el acuario tropical en Stuttgart, Alemania en 1980 y distribuida a acuarios e institutos en Nancy, París y Mónaco. Cuatro años más tarde, en 1984, un solo metro cuadrado de *C. taxifolia* fue localizado debajo del Museo Oceanográfico en Mónaco, el cual se amplió a 10,000 m<sup>2</sup> en cinco años, en 1989, y un año más tarde, en 1990, también fue localizada otra población a cinco kilómetros al este de Mónaco en Cap Martin (Meinesz, 2001b). *Caulerpa taxifolia* se introdujo así en el mar Mediterráneo por una liberación accidental de este acuario público en Mónaco.

En Australia, entre los años 2000 a 2002, poblaciones introducidas de *Caulerpa* fueron localizadas cerca de Sídney, en Nueva Gales del Sur y cerca de Adelaida en Australia del sur, probablemente debido a las traslocaciones internas (Nova, 2003), además de que también se introdujeron y se detectaron en el sur de California (Williams y Grosholz, 2002).

## EVIDENCIAS DE IMPACTOS

Es importante resaltar que los efectos principales que causa *Caulerpa taxifolia* en los sitios donde infesta es que ocasiona cambios en el ecosistema, altera el hábitat de las comunidades bénticas, compite fácilmente con otras especies por lo que forma monocultivos, reduce la biodiversidad nativa. Lo anterior es debido a su invasividad, la abundancia en el rango geográfico donde es nativa, por su rápido desarrollo y alto potencial reproductivo asexual, así como por la gran adecuación y tolerancia a diferentes ambientes.

### Impactos/beneficios socioeconómicos

Impactos económicos y sociales son debido a la reducción en las capturas de pescado por los pescadores comerciales debido a la reducción de hábitat de peces por *C. taxifolia*, además de que esta



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



PN  
UD  
Al servicio  
de las personas  
y las naciones

planta también se enreda en las hélices de barcos y redes de pesca lo que afecta la eficiencia de captura (NIMPIS, 2002).

Los peces que son capaces de consumir *C. taxifolia*, como la “dorada del mediterráneo” (*Sarpa salpa*), acumulan toxinas en sus cuerpos, haciéndolos inadecuados para el consumo humano (Meinesz y Hesse, 1991).

Por otro lado, el impacto económico que resultó de los costos de erradicación durante los años del 2000 al 2004, en el sur de California fueron de aproximadamente US \$ 6 millones de dólares (Anderson, 2004), mientras que en el sur de Australia fue cerca de AUS \$ 6 a 8 millones.

### **Impactos a la salud (humana, enfermedades, parásitos, etc.)**

Los peces que son capaces de consumir *C. taxifolia*, como la “dorada del mediterráneo” (*Sarpa salpa*), acumulan toxinas en sus cuerpos, haciéndolos inadecuados para el consumo humano (Meinesz y Hesse, 1991). El consumo de su carne puede producir alucinaciones debido a que este pez se alimenta del alga cuyos alcaloides pueden pasar a su cuerpo. La intoxicación alucinógena por la ingestión de pescado es conocida como ichthyoallyeinotoxismo. Se considera que una indol (compuesto orgánico heterocíclico), con efectos químicos similares a los del LSD, es el responsable de las alucinaciones y podría ser ingerida por los peces cuando se alimentan de estas algas alucinógenas o el plancton que contiene este compuesto (<http://www.gastrosoler.com/paginanueva171.htm>).

### **Impactos ambientales y a la biodiversidad**

La cepa de acuario de *Caulerpa taxifolia* en el mar Mediterráneo es extremadamente invasiva y limita el crecimiento y sustitución de otras especies de algas, fanerógamas marinas (*Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa*) y comunidades de invertebrados sésiles, cambiando los hábitats donde invaden. Esto lo logra debido a que estos compiten por alimentación y luz o debido a los efectos tóxicos de los compuestos químicos (caulerpenina) que tiene la especie presentes en el follaje (Raffaelli *et al.*, 1997; Gribben y Wright, 2006a; Montefalcone *et al.*, 2007).

Sus grandes praderas mono específicas reducen enormemente la diversidad de especies nativas y el hábitat de peces (NIMPIS, 2002).

En el mar Mediterráneo, los moluscos *Oxynoe olivacea* y *Lobiger serradifalci* habitan en sitios donde se desarrolla *C. taxifolia* de la cual se alimentan (NIMPIS, 2002). Sin embargo, a pesar de la amenaza planteada por esta especie, prácticamente nada se sabe de sus efectos sobre la fauna estuarina autóctona (Gribben y Wright, 2006b).

Disminución en la abundancia y condición biológica del bivalvo nativo *Anadara trapezia* se ha asociado con la invasión de *C. taxifolia* en New South Wales, Australia (Wright *et al.*, 2007), sin embargo, se indica que sus efectos no difieren de los pastos marinos nativos. Gribben y Wright



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

(2006a) demostraron que *C. taxifolia* tiene fuertes efectos negativos en los mecanismos reproductivos de *A. trapezia*, afectando el tiempo de desarrollo reproductivo y el desove, así como la producción del folículo y sus gametos, aunque *C. taxifolia* tenía efectos positivos en las crías.

También, las respuestas específicas de género produjeron que las hembras fueran más susceptibles a la invasión que los machos (Gribben y Wright, 2006a). Sin embargo, *C. taxifolia* también puede proporcionar refugio para el desarrollo de las crías de *A. trapezia*, pero se desconocen las consecuencias a largo plazo de este reclutamiento por lo que los efectos de *C. taxifolia* no son siempre negativos (Gribben y Wright, 2006b).

Basado en el pastoreo de cuatro peces nativos en Australia, Gollan y Wright (2006) concluyeron que la baja diversidad y abundancia de herbívoros nativos, se debe principalmente a que *C. taxifolia* tiene alto contenido de sustancias tóxicas lo que le permite a la especie dominar las áreas de infestación local.

Por otro lado, la comparación de poblaciones de peces en dos áreas planas marinas de 4 a 8 m de profundidad en el mar de Liguria, Italia, uno colonizado por *C. taxifolia* y otro sin ella (control), pero colonizado por *Cymodocea nodosa*, una fanerógama, hubo nueve especies sobre todo en aquellos fondos blandos exclusivos para el sitio control y 14 especies, seis de las cuales fueron exclusivas para el sitio de *C. taxifolia* (Relini *et al.*, 1998). La alta riqueza específica y la complejidad estructural de los sitios invadidos por *C. taxifolia* indican que las especies prefieren los sitios donde se desarrolla esta especie que aquellos en donde no crece.

## CONTROL Y MITIGACIÓN (TIPOS DE MEDIDAS O ESTRATEGIAS, COSTOS, ETC.)

No hay pruebas de que *C. taxifolia* sea capaz de aclimatarse con reducciones graduales de la salinidad, y que la hipo salinidad sea un medio eficaz de la combatirla y que resulte muy eficaz para poblaciones en pequeños cuerpos de agua (Theil *et al.*, 2007).

En busca de medios de control de *C. taxifolia* en el lago Dubai, California, West y West (2007) observaron que la mortalidad casi total de esta especie ocurrió en salinidades inferiores a las 20 ppm y temperaturas de menos de 20 °C.

### Medidas preventivas

Nyberg y Wallentinus (2005) indican que *Caulerpa taxifolia* es una de las cinco especies de mayor riesgo en Europa de las 113 macro algas marinas introducida en esa región, basado principalmente en tres categorías principales: dispersión, establecimiento e impacto ecológico. Estas fueron subdivididas en categorías más específicas, con un total de 13. Las especies introducidas fueron comparadas con el mismo número de las especies nativas. Las especies invasoras (es decir, aquellas que tienen un impacto negativo ecológico o económico) también fueron comparadas con las



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

introducidas que no son invasoras, concluyendo que las especies introducidas son las más peligrosas que las especies nativas, mientras que las especies invasoras son más peligrosas que las no invasoras.

Considerando lo anterior, *C. taxifolia* está en la lista de Malezas o Pestes Nocivas con riesgo de introducción. Por lo que entre las medidas de prevención se deben considerar las siguientes: erradicarlas por diversos medios tales como químicos (usando cloro), físicos y biológicos, para evitar la introducción a nuevas áreas.

### Respuestas rápidas

Debido a reportes de la propagación de *C. taxifolia* en el mar Mediterráneo, fue colocada en la lista de Malezas Nocivas Federal de los Estados Unidos en 1999, tomando conciencia de esta amenaza y creando un consenso para establecer metas claras de erradicación entre las agencias locales y federales, así como grupos privados, estado y organizaciones no gubernamentales que se convirtieron en el “Equipo de Acción de del Sur de California” (SCCAT) (Anderson 2005).

Lo anterior debe considerar lo siguiente: (1) oportuna identificación y notificación de la infestación; (2) tener personal activo que considere la invasión; y (3) la movilización de equipos de buceo ya trabajando en el sitio.

Tres componentes bien integrados de esta respuesta rápida se han traducido en un programa de erradicación efectiva: (a) experiencia y conocimientos sobre la biología de *C. taxifolia*; (b) conocimiento sobre los usos y características del sitio infestado; (c) conocimiento y experiencia en la implementación de la erradicación de plantas acuáticas. Lo anterior, conjuntamente, con los recursos necesarios (la parte económica por año, dependiendo de la amplitud de la infestación), este enfoque ha resultado en excelentes progresos hacia la erradicación de *C. taxifolia* (Anderson, 2005).

Se han propuesto y probado varios métodos: extraerla manualmente, usar una serie de dispositivos de succión subacuática, control físico con hielo seco, surtidores de agua caliente, productos químicos y dispositivos de soldadura subacuática para hervir las plantas *in situ*. Los escasos y variables resultados de estos diferentes métodos han llevado a descartar el establecimiento de un programa de control permanente (UICN, 2013).

### Concientización pública

Es importante evitar introducciones accidentales de *C. taxifolia* por los dueños de acuarios en aguas naturales, los cuales requieren de educación y extensión; informar al público sobre los riesgos para el medio ambiente de la eliminación del contenido de organismos de sus acuarios, ya sean plantas, peces u otros animales, en ríos, lagos o el mar.

El mejor ejemplo de control de *C. taxifolia* es el de California, Estados Unidos, que a partir de los 17 días después de su descubrimiento inicial en junio de 2000 (Withgott, 2002; Anderson, 2005), dio respuesta a este problema.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

El Equipo de Acción de *Caulerpa* de California Sur utilizó cloro líquido como un método de control, produjo un folleto educativo y recogió datos sobre la disponibilidad comercial de especies de *Caulerpa*, lo que contribuyó a que los legisladores prohibieran la venta de nueve especies.

### Control mecánico o físico

Los tiempos más eficaces para el control (es decir, la mayor reducción en la tasa de crecimiento) para la eliminación de áreas establecidas de *Caulerpa taxifolia* es antes del verano y el retiro de fragmentos después de verano, antes del máximo crecimiento y justo después de la reproducción máxima, respectivamente (Ruesink y Collado-Vides, 2006).

Sólo una estrategia combinada para la eliminación del 99% de todos los fragmentos y la extracción anual del 99% de áreas establecidos, se puede eliminar totalmente a *C. taxifolia*, pero este nivel de esfuerzo sólo es posible durante los primeros años de la invasión, por lo que es importante la fuerte supervisión cuidadosa y la respuesta rápida frente a potenciales invasiones de alto impacto (Ruesink y Collado-Vides, 2006).

En Croacia, se utilizaron bombas de succión para el control de *C. taxifolia* en cuatro sitios donde fue ampliamente dispersa, pero inmediata e intensamente recolonizaron todos los sitios (Ivesa *et al.*, 2006). También en Croacia, las colonias de *C. taxifolia* se cubrieron con plástico PVC negro el cual fue exitoso en un área de alrededor de 500 m<sup>2</sup>, sin crecimiento después del tratamiento (Anderson y Keppner, 2001; McEnnulty *et al.*, 2001). Por otro lado, en Francia, la extracción manual por buzos logró erradicar *C. taxifolia* en pequeños parches de pocos metros cuadrados (McEnnulty *et al.*, 2001).

### Control químico

Erradicación del alga invasora *C. taxifolia* es posible con blanqueador (cloro), sin embargo, a pesar de ser un solo clon, aún exhibe respuesta muy variable a los tratamientos (Anderson y Keppner, 2001; Williams y Schroeder, 2003). Temperaturas favorables para el crecimiento, fragmentos de estolones no sobreviven a concentraciones de 125 ppm de cloro, aunque 70% sobrevivió por debajo de 50 ppm con regeneración después de dos semanas. Después de cuatro meses de tratamientos, sin recibir cloro, *C. taxifolia* volvió a crecer y no mejoró su supervivencia, a pesar de la migración inusual del cloroplasto en los tejidos, y el re-establecimiento de temperatura favorable no dio lugar a nuevo crecimiento durante tres meses.

De lo anterior, se recomienda, usar esta dosis durante 30 minutos tanto en la columna de agua como en los sedimentos para alcanzar a los estolones y rizoides, así como a los fragmentos de *C. taxifolia* sin probable supervivencia a temperatura ambiente (8-10 °C) de la costa abierta del norte de California (Williams y Schroeder, 2003).

En New South Wales, Australia, el Departamento de Industrias Primarias (Pesca) ha intentado varios métodos de control, incluyendo cubrir el alga con sal de mar granulada para inducir choque

osmótico y lisis celular (Uchimura *et al.*, 2000). En el lago Macquarie, *C. taxifolia* ocurre a menudo en parches dentro de praderas nativas de *Zostera capricorni*, aunque los efectos del tratamiento de la sal sobre este pasto nativo y fauna son mínimos por lo que no hubo evidencias de un efecto consistente de la salación sobre la diversidad o abundancia de otros organismos (O'Neill *et al.*, 2007).

La acción de los iones de cobre, potasio y sodio en las tasas de supervivencia de *C. taxifolia* y parámetros fotosintéticos demostraron que la utilización de cationes de cobre es posible siguiendo enfoques técnicos tales como cubiertas de materia textil de intercambio iónico, lo que permite una liberación controlada de iones cúpricos sin la difusión en el medio marino.

También en Australia, la aplicación de sal gruesa de mar a concentraciones de 50 kg/m<sup>2</sup> fue efectiva, matando rápidamente a *C. taxifolia*, con efectos relativamente menores en la biota nativa (praderas de angiospermas y fauna marina) y relativamente el más barato (Glasby *et al.*, 2005). En los ensayos, la densidad de las frondas de *C. taxifolia* disminuyó entre el 70 y 95% en una semana después de la adición de la sal, y las frondas no se desarrollaron presentes después de uno o seis meses.

Los pastos y la fauna marina fueron afectados por la sal, pero su abundancia se recuperó después de los seis meses. La eficiencia de la adición de sal en escalas más grandes depende del método de aplicación de la sal por lo que se recomienda el uso de este método en los meses más fríos del año cuando *C. taxifolia* muere naturalmente. Se concluye que la erradicación de *C. taxifolia* en New South Wales, debe ser con base en medidas de control local, extenso monitoreo y experimentación con el objeto de limitar los impactos (Glasby *et al.*, 2005).

### Control biológico

Actualmente, no hay ningún agente de control biológico probado y eficaz para *C. taxifolia*. Sin embargo, cuatro especies de gasterópodos herbívoros (moluscos) han sido examinadas en Europa para la reducción potencial de las poblaciones, entre ellos están: *Ehysia suboranata*, *Lobiger serradifalci*, *Oxynoe azuropunctata* y *Oxynoe olivacea* (Anderson, 2002).

**Moluscos**, el molusco tropical *Ehysia suboranata* es un opistobranquio que se alimenta solamente de especies de *Caulerpa* y es una especie potencial para el control biológico de *C. taxifolia*, aunque es incapaz de sobrevivir por debajo de los 15 °C, se alimenta mejor por encima de los 20 °C y tiene desarrollo directo bentónico y sin larvas pelágicas. Sin embargo, no siendo nativos, se requieren pruebas de especificidad de huéspedes adicionales (NIMPIS, 2002).

*Lobiger serradifalci*, nativa del Mediterráneo, se alimenta de *C. taxifolia*, pero también tiende a producir fragmentos que pueden propagar el alga (Anderson, 2002).

Thibaut y Meinesz (2000) indican que *Oxynoe olivacea* y *Lobiger serradifalci* del Mediterráneo, son escaso en praderas donde su alimento frecuente es *Caulerpa prolifera*, pero se han adaptado

a alimentarse de la invasiva *C. taxifolia*, indicando que *O. olivacea* destruye solamente una fronda de 5 cm de *C. taxifolia* en 3 a 7 días, afectándola principalmente la temperatura.

El uso posible de estos moluscos como agentes de control biológico contra *C. taxifolia* parece posible sólo a través de un aumento artificial de sus poblaciones posterior al cultivo de los estadios y la liberación de juveniles durante la temporada de invierno (Thibaut y Meinesz, 2000).

### **NORMATIVIDAD (INTERNACIONAL O NACIONAL EN CASO DE HABERLAS)**

Promulgada en las leyes de 2001, en la Asamblea 1334, se prohíbe la posesión, venta y transporte de *Caulerpa taxifolia* en todo California. Este proyecto de ley también establece las mismas restricciones en otras especies del género *Caulerpa* que son similares en apariencia y se cree que tienen la capacidad de convertirse en invasoras.

El estado de San Diego también aprobó una orden que prohíbe la posesión, venta, transporte de todas las especies del género *Caulerpa* dentro de los límites de la ciudad. Además, está prohibida la importación, venta interestatal (incluyendo la venta por Internet) y transporte de la cepa mediterránea (es decir, la cepa de acuario) de *Caulerpa taxifolia* bajo la Disposición Federal de Malezas Nocivas de 1999 y la Disposición Federal de Protección Vegetal del año 2000. [http://www.westcoast.fisheries.noaa.gov/habitat/habitat\\_types/seagrass\\_info/caulerpa\\_taxifolia.html](http://www.westcoast.fisheries.noaa.gov/habitat/habitat_types/seagrass_info/caulerpa_taxifolia.html).



## ANÁLISIS DE RIESGO

Familia: Caulerpaceae		Resultado: Especie de Alto Riesgo
Nombre científico: <i>Caulerpa taxifolia</i> (M. Vahl) C. Agardh		
Nombre común: “Schlauchalge” (Alemania), “lukay-lukay” (Filipinas), “caulerpa”, “green sea palm”, “killer algae” “sea weed” (USA). Nombre: Jaime Raúl Bonilla Barbosa		
<b>Historia y Biogeografía</b>		
1. Domesticación/Cultivo	A 1.1 ¿Especie altamente domesticable? si la respuesta es no ir a la pregunta 2.1	SI
	<p>Desde los años 70 especialistas de los acuarios de Stuttgart observaron las características extraordinarias de la cepa de <i>Caulerpa taxifolia</i> al presentar un desarrollo regular sin regresiones como la mayor parte de las otras algas de exposición, ser muy densa permitiendo ser el refugio de especies miedosas, ser muy resistente y decorativa y reproducirse por esquejes, hecho que facilitaba enormemente su cultivo en acuario (Meinesz <i>et al.</i>, 2001b). Lo anterior indica que la planta es fácil de cultivarse.</p>	
2. Clima y distribución	C 1.2 En una maleza con variedades	SI
	<p>Meusnier <i>et al.</i> (2001) presentan dos conjuntos de evidencias que apoyan el origen australiano de las poblaciones de <i>C. taxifolia</i> presentes en el Mediterráneo, complementando estudios biogeográficos basados en DNA ribosomal nuclear (ADNr) y el espaciador de transcripción interno (ITS), desarrollando un nuevo marcador del cloroplasto, y la comparación de la diversidad genética intrapoblacional entre poblaciones invasoras y nativas, revelando con ello la presencia de dos clados divergentes.</p> <p>El primer clado agrupa poblaciones invasoras no tropicales con poblaciones de la costa continental de Australia, mientras que el segundo grupo representa a poblaciones costeras. A pesar de tener nueve perfiles nucleares y cinco perfiles del cloroplasto distintos, una combinación única del núcleo citoplásmico es característica de las poblaciones invasoras, y su reproducción sexual fue muy rara, por lo que <i>C. taxifolia</i> es un complejo de especies ecológica y genéticamente diferenciadas de especies y subespecies (Meusnier <i>et al.</i>, 2002).</p>	
	2.1 Especie adaptada al clima de México (0- bajo, 1- medio, 2- alto)	0
	Es muy probable en la zona del Caribe mexicano, pero aún no existen registros de la especie en el país.	
	2.2 Calidad del clima en fecha de colecta (0- bajo, 1- medio, 2-	1



alto)

La infestación registrada más septentrional de *C. taxifolia* está ubicada en Croacia, donde el crecimiento vegetativo ha mostrado patrones estacionales (Ivesa *et al.*, 2006). En Malinska (Croacia), el alga casi desaparece en abril y mayo, hubo regeneración de partes invernantes de los talos en verano, su máximo desarrollo fue en otoño e invierno, y su producción de biomasa y de la fronda fue generalmente menor que en el Mediterráneo noroccidental, aunque la biomasa se ha correlacionado estrechamente con la longitud y número de las frondas.

C 2.3 Amplia adaptabilidad climática (versatilidad ambiental) SI

Se ha observado, que cambios en las temperaturas en el ambiente marino en la época de invierno (9.5-10.5 °C), ocasionan la disminución en superficie colonizada de *C. taxifolia*, sin embargo, es importante notar que otros procesos desconocidos también desempeñan un papel fundamental en los patrones de desarrollo (Ivesa *et al.*, 2006). Observación de poblaciones nativas de *C. taxifolia* crece a temperaturas de 9 a 11 °C en Moreton Bay, Australia, lo cual ha planteado dudas acerca de si las poblaciones mediterráneas son de una cepa genéticamente modificada, adaptada al frío, como ha sido afirmado por algunos autores (Phillips y Price, 2002).

C 2.4 Nativa o naturalizada en regiones con periodos de sequias largos NO

No aplica

2.5 La especie tiene un historial de introducción repetido fuera de su área de distribución natural? SI

La conocida “cepa de acuario” de *Caulerpa taxifolia* fue introducida en el Mediterráneo, el mar Adriático y la costa oeste de los Estados Unidos. No es clara si la cepa presente en Sidney, Australia es nativa o introducida (NIMPIS, 2002; NOVA, 2003).

La liberación de las plantas de acuario en el medio ambiente es considerado como la causa de las introducciones iniciales de *C. taxifolia* en por lo menos el mar Mediterráneo y las costas de California (NIMPIS, 2002; NOVA, 2003).

C 3.1 Naturalizada más allá del rango nativo SI

### 3. Maleza de otro lugar

La distribución geográfica a nivel mundial como poblaciones naturalizadas es debido a que está presente en varios continentes y países.



África: Islas Canarias, Tanzania, Túnez (Meinesz *et al.*, 2001a; FAO-DIAS, 2008; Guiry y Guiry, 2008).

Norteamérica: California, Islas Bermudas (UNEP, 2004; Guiry y Guiry, 2008).

Centroamérica y el Caribe: Antillas Holandesas, Antillas Menores, Barbados, Belice, Jamaica, Cuba, Puerto Rico, Trinidad y Tobago, Islas Vírgenes, Panamá (UNEP, 2004; Guiry y Guiry, 2008).

Sudamérica: Colombia, Venezuela (Guiry y Guiry, 2008).

Europa: Croacia, España, este del Océano Pacífico, Francia, Islas Baleares, Italia, Mar Negro y Mar Mediterráneo; Mónaco (Meinesz *et al.*, 2001a; UNEP, 2004; FAO-DIAS, 2008; Guiry y Guiry, 2008).

E 3.2 Jardín/maleza de disturbio NO

No aplica

A 3.3 Maleza de agricultura/hortalizas/forestal NO

No aplica

E 3.4 Maleza ambiental SI

Con base a una historia de 15 años de propagación en el mar Mediterráneo, la “cepa de acuario” de *C. taxifolia* fue colocada en la lista de Malezas Dañinas de los Estados Unidos en 1999. Específicamente, es una Maleza Nociva Clase A (son hierbas en su mayoría recientemente introducidas y generalmente raras) en Alabama, Carolina del Norte, Carolina del Sur, Massachusetts, Oregón, Vermont y Washington, razón por la cual está prohibida su posesión o venta (USDA-NRCS, 2008). En el año 2000, la cepa de acuario fue descubierta en dos localidades costeras en el sur de California, USA (Meinesz, 2002; Zaleski y Murray, 2006).

#### Biología y Ecología

A 4.1 Produce espinas, aguijones o nudos NO

No aplica

C 4.2 Alelopática NO

No aplica

C 4.3 Parasita NO

No aplica

4. Rasgos indeseables



A	4.4 Desagradable para los animales de pastoreo	NO
	No aplica	
C	4.5 Tóxico para los animales	SI
	<p>La cepa de acuario de <i>Caulerpa taxifolia</i> en el mar Mediterráneo es extremadamente invasiva y causa efectos tóxicos a los invertebrados sésiles que viven sobre de ella debido a los compuestos químicos (caulerpenina) que tiene la especie en el follaje (Raffaelli <i>et al.</i>, 1997; Gribben y Wright, 2006a; Montefalcone <i>et al.</i>, 2007).</p>	
C	4.6 Huésped de plagas y patógenos reconocidos	NO
	No aplica	
C	4.7 Causa alergias o tóxica para los humanos	SI
	<p>Los peces que son capaces de consumir <i>C. taxifolia</i>, como la “dorada del mediterráneo” (<i>Sarpa salpa</i>), acumulan toxinas en sus cuerpos, haciéndolos inadecuados para el consumo humano (Meinesz y Hesse, 1991). El consumo de su carne puede producir alucinaciones debido a que este pez se alimenta del alga cuyos alcaloides pueden pasar a su cuerpo. La intoxicación alucinógena por la ingestión de pescado es conocida como ichthyoallyeinotismo. Se considera que una indol (compuesto orgánico heterocíclico), con efectos químicos similares a los del LSD, es el responsable de las alucinaciones y podría ser ingerida por los peces cuando se alimentan de estas algas alucinógenas o el plancton que contiene este compuesto (<a href="http://www.gastrosoler.com/paginanueva171.htm">http://www.gastrosoler.com/paginanueva171.htm</a>).</p>	
E	4.8 Crea un riesgo de incendio en los ecosistemas naturales	NO
	No aplica	
E	4.9 Es una planta tolerante a la sombra en alguna etapa de su ciclo de vida	NO
	No aplica	
E	4.10 Crece en suelos infértiles	NO
	No aplica	
E	4.11 Es trepadora o asfixiante en su hábito de crecimiento	NO



	No aplica	
E	4.12 Forma densas matas	SI
	<p><i>Caulerpa taxifolia</i> como especie nativa son plantas aisladas y separadas, mientras que cuando es introducida, forma manchones densos (Wright, 2005).</p> <p>Las poblaciones nativas de <i>C. taxifolia</i>, en Queensland, Australia, se conoce que tienen más grandes los estolones y frondas que aquellas poblaciones invasoras (Wright, 2005). Sin embargo, estas últimas tienen altas densidades de estolones, frondas y frondas fragmentadas, además de mayor biomasa en comparación con las poblaciones nativas. Densidades promedio en sitios invadidos superan los 4,700 estolones y frondas de 9,000/m<sup>2</sup>, siendo los valores más altos registrados para <i>C. taxifolia</i> de 27,000 estolones y 95,000 hojas/m<sup>2</sup>, que no se han registrado en ningún otro lugar del mundo, con densidades promedio de frondas fragmentadas en sitios invadidos de 6,000/m<sup>2</sup> (Wright, 2005).</p>	
E	5.1 Acuática	SI
	Es un alga verde marina, macroscópica (Meinesz <i>et al.</i> , 1995; NIMPIS, 2002).	
C	5.2 Césped	NO
	No aplica	
5. Tipo de planta		
E	5.3 Planta leñosa que fija nitrógeno	NO
	No aplica	
C	5.4 Geófito	NO
	No aplica	
C	6.1 Evidencia de fracaso reproductivo en el hábitat natural	NO
	No existe información al respecto, es una especie eficaz en su propagación.	
6. Reproducción		
C	6.2 Produce semillas viables	NO
	No aplica	
C	6.3 Hibridiza naturalmente	NO





No existe información al respecto

C 6.4 Auto-fecundación NO

No aplica

C 6.5 Requiere polinizadores específicos NO

No aplica

C 6.6 Reproducción por mecanismo vegetativo SI

En las poblaciones introducidas, como en el Mediterráneo, la cepa de Acuario es el clon masculino por lo que se propaga vegetativamente por crecimiento de los estolones o por regeneración de fragmentos, lo que ocasiona su rápida expansión invasiva y alta abundancia, cuando las temperaturas sobrepasen los 25 °C (Clifton y Clifton, 1999; NIMPIS, 2002; Wright y Davis, 2006).

C 6.7 Tiempo de fecundación mínimo (años) SI

Se conoce que poblaciones nativas de C. taxifolia se reproducen sexualmente, en donde los gametos masculinos y femeninos se fusionan formando un cigoto que se desarrolla en dos etapas poco conocidas antes de convertirse en el adulto, su principal periodo reproductivo por este medio es en los meses de junio a septiembre (NIMPIS, 2002). Sin embargo, no se conoce con exactitud la duración de las dos etapas donde el cigoto se desarrolla.

A 7.1 Propágulos dispersados involuntariamente SI

Las aguas de lastre de los barcos liberan fragmentos de C. taxifolia en gran parte de los sistemas marinos y costeros, por lo que son un vector importante de dispersión de esta especie (West et al., 2007). Se considera que el tráfico de embarcaciones a través y alrededor del Mediterráneo es el medio de dispersión de esta alga desde Mónaco a España, Italia, Croacia y Túnez.

7. Mecanismos de dispersión

La pesca deportiva y las pesquerías con la ayuda de redes de pesca, también se consideran como un factor de dispersión local o a gran distancia de C. taxifolia en el mar de Liguria, Italia, debido a que estas plantas se fijan al equipo de pesca (Relini et al., 2000).

Caulerpa taxifolia se ha distribuido que distribuyen a grandes distancias por medio de botes, lanchas o barcos, anclas o redes de pesca partes de la planta; a causa de la hidrodinámica de las corrientes de agua, en donde pequeños trozos de la



planta pueden ser dispersadas a distancias cortas o largas (FAO-DIAS, 2008; Guiry y Guiry, 2008; Meinesz *et al.*, 2001a).

Por estas razones, nuevas infestaciones han tendido a ocurrir en los puertos de muchos países.

C 7.2 Propágulos dispersados intencionalmente por el ser humano SI

La liberación de las plantas de acuario en el medio ambiente es considerada como la causa de las introducciones iniciales de *C. taxifolia* en por lo menos el mar Mediterráneo y las costas de California (NIMPIS, 2002; NOVA, 2003).

Como plantas ornamentales, la venta de plantas de acuario casero y público, por correspondencia y vía internet, incluyendo el “clon de acuario” de *C. taxifolia* continúa siendo una de las más fuertes introducciones a gran distancia. Además, se ha dispersado en diversos lugares como resultado de eliminación de los acuarios caseros públicos y de tiendas de macotas donde venden esta planta (Meinesz *et al.*, 2001a; FAO-DIAS, 2008; Guiry y Guiry, 2008).

A 7.3 Propágulos dispersados como un producto de la contaminación NO

No aplica

C 7.4 Propágulos dispersados por el viento NO

No aplica

E 7.5 Propágulos dispersados por medios acuáticos SI

Las aguas de lastre de los barcos liberan fragmentos de *C. taxifolia* en gran parte de los sistemas marinos y costeros, por lo que son un vector importante de dispersión de esta especie (West *et al.*, 2007). Se considera que el tráfico de embarcaciones a través y alrededor del Mediterráneo es el medio de dispersión de esta alga desde Mónaco a España, Italia, Croacia y Túnez.

La pesca deportiva y las pesquerías con la ayuda de redes de pesca, también se consideran como un factor de dispersión local o a gran distancia de *C. taxifolia* en el mar de Liguria, Italia, debido a que estas plantas se fijan al equipo de pesca (Relini *et al.*, 2000).

E 7.6 Propágulos dispersados por las aves NO

No aplica



	C	7.7 Propágulos dispersados por otros animales (externamente)	NO
		No aplica	
	C	7.8 Propágulos dispersados por otros animales (internamente)	NO
		No aplica	
	C	8.1 Producción prolífica de semillas	NO
		No aplica	
	A	8.2 Evidencia de que se forma un banco persistente de propágulos (> 1 año)	NO
		No se tienen datos relacionados con el tema	
	A	8.3 Bien controlada por herbicidas	NO
8. Persistencia		<p>Erradicación del alga invasora <i>C. taxifolia</i> es posible con blanqueador (cloro), sin embargo, a pesar de ser un solo clon, aún exhibe respuesta muy variable a los tratamientos (Anderson y Keppner, 2001; Williams y Schroeder, 2003). Temperaturas favorables para el crecimiento, fragmentos de estolones no sobreviven a concentraciones de 125 ppm de cloro, aunque 70% sobrevivió por debajo de 50 ppm con regeneración después de dos semanas. Después de cuatro meses de tratamientos, sin recibir cloro, <i>C. taxifolia</i> volvió a crecer y no mejoró su supervivencia, a pesar de la migración inusual del cloroplasto en los tejidos, y el re-establecimiento de temperatura favorable no dio lugar a nuevo crecimiento durante tres meses.</p> <p>De lo anterior, se recomienda, usar esta dosis durante 30 minutos tanto en la columna de agua como en los sedimentos para alcanzar a los estolones y rizoides, así como a los fragmentos de <i>C. taxifolia</i> sin probable supervivencia a temperatura ambiente (8-10 °C) de la costa abierta del norte de California (Williams y Schroeder, 2003).</p>	
	C	8.4 Tolera o se beneficia por mutilación, cultivo o fuego	NO
		No aplica	
	E	8.5 Enemigos naturales eficaces presentes en México	NO
		No se ha registrado la especie en el país y además no se tiene datos sobre enemigos naturales potenciales	

NOTA: A= Agricultura, E= Ambiental, C= Combinado



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## LITERATURA CITADA

- Aliya, R. & Shameel, M. 2003. Marine natural products of *Caulerpa* (Siphonocladophyceae). *Pakistan Journal of Botany*. 35(5): 659-669.
- Anderson, L. W. J. 2002. Biological control of killer algae, *Caulerpa taxifolia*. In: *California Conference on Biological Control III*, University of California at Davis. Hoddle M. S. (Ed.). Center for Biological Control, College of Natural Resources, University of California, USA. 79-85 p.
- Anderson, L. W. J. 2004. Eradication of *Caulerpa taxifolia* in the US five years after discovery: are we there yet? In: *13th International Conference on Aquatic Invasive Species*. Ennis, County Clare, Ireland.
- Anderson, L. W. J. 2005. California's reaction to *Caulerpa taxifolia*: a model for invasive species rapid response. *Biological Invasions*. 7(6): 1003-1016.
- Anderson, L. W. J. & Keppner, S. 2001. *Caulerpa taxifolia*: marine algal invader provokes quick response in U.S. waters. *Aquatic Nuisance Species Digest*. 4(2): 13-23.
- Boudouresque, C. F., Meinesz, A., Ribera, M. A. & Ballesteros, E. 1995. Spread of the green alga *Caulerpa taxifolia* (Caulerpales, Chlorophyta) in the Mediterranean: Possible consequences of a major ecological event. *Scientia Marina*. 59(supl. 1): 21-29.
- Clifton, K. E. & Clifton, L. M. 1999. The phenology of sexual reproduction by green algae (Bryopsidales) on Caribbean coral reefs. *Journal of Phycology*. 35(1): 24-34.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations-Database on Introductions of Aquatic Species (FAO-DIAS)**. 2008. FAO Fisheries Global Information System. Fisheries and Aquaculture Department, FAO. <http://www.fao.org/fi/figis/>.
- Glasby, T. M. & Creese, R. G. 2007. Invasive marine species management and research. In: **Connell, S. D. & Gillanders, B. M.** (Eds.). *Marine Ecology*. Oxford University Press. UK. pp. 569-594 p.
- Glasby, T. M., Creese, R. G. & Gibson P. T. 2005. Experimental use of salt to control the invasive marine alga *Caulerpa taxifolia* in New South Wales, Australia. *Biological Conservation*. 122(4): 573-580.
- Glasby, T. M. & Gibson, P. T. 2007. Limited evidence for increased cold-tolerance of invasive versus native *Caulerpa taxifolia*. *Marine Biology*. 152: 255-263.
- Gollan, J. R. & Wright, J. T. 2006. Limited grazing pressure by native herbivores on the invasive seaweed *Caulerpa taxifolia* in a temperate Australian estuary. *Marine and Freshwater Research*. 57(7): 685-694.
- Gribben, P. E. & Wright, J. T. 2006a. Invasive seaweed enhances recruitment of a native bivalve: roles of refuge from predation and the habitat choice of recruits. *Marine Ecology Progress Series*. 318: 177-185.
- Gribben, P. E. & Wright, J. T. 2006b. Sublethal effects on reproduction in native fauna: are females more vulnerable to biological invasion? *Oecologia*. 149(2): 352-361.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Guiry, M. D. & Guiry, G. M.** 2008. AlgaeBase. Galway, Ireland: National University of Ireland. <http://www.algaebase.org>.
- Hasni, S., Zahid, P. B. & Bawani, B.** 1986. Taxonomy and some biochemical values of *Caulerpa taxifolia* and *Hypnea muciformis* collected from Karachi Coast. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*. 29: 284-287.
- Ivesa, L., Jaklin, A. & Devescovi, M.** 2006. Vegetation patterns and spontaneous regression of *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh in Malinska (Northern Adriatic, Croatia). *Aquatic Botany*. 85(4): 324-330.
- McEnnulty, F. R., Jones, T. E. & Bax, N. J.** 2001. The Web-based Rapid Response Toolbox. NIMPIS. <http://crimp.marine.csiro.au/NIMPIS/controls.htm>.
- Meinesz, A., Benichou, L., Blachier, J., Komatsu, T., Lemeé, R., Molenaar, H. & Mari, X.** 1995. Variations in the structure, morphology and biomass of *Caulerpa taxifolia* in the Mediterranean Sea. *Botánica Marina*. 38: 499-508.
- Meinesz, A., Belsher, T., Thibaut, T., Antolic, B., Ben-Mustapha, K., Boudouresque, C. F., Chiaverini, D., Cinelli, F., Cottalorda, J. M., Djellouli, A., El Abed, A., Orestano, C., Grau, A. M., Ivesa, L., Jaklin, A., Langar, H., Massuti-Pascual, E., Peirano, A., Tunesi, L., Vaugelas, J. de, Zavodnik, N. & Zuljejevic, A.** 2001a. The introduced green alga *Caulerpa taxifolia* continues to spread in the Mediterranean. *Biological Invasions*. 3: 201-210.
- Meinesz, A., Cottalorda, J. M., Chiaverini, D., Thibaut, T. & Vaugelas, J.** 2001b. Evaluating and disseminating information concerning the spread of *Caulerpa taxifolia* along the French Mediterranean coasts. In: *Memory of Second International Conference on Marine Bioinvasions*. New Orleans, USA. pp. 99-100.
- Meinesz, A. & Hesse, B.** 1991. Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord-occidentale. *Acta Oceanologica*. 14(4): 415-426.
- Meusnier, I., Olsen, J. L., Stam, W. T., Destombe, C. & Valero, M.** 2001. Phylogenetic analyses of *Caulerpa taxifolia* (Chlorophyta) and of its associated bacterial microflora provide clues to the origin of the Mediterranean introduction. *Molecular Ecology*. 10(4): 931-946.
- Meusnier, I., Valero, M., Destombe, C., Godé, C., Desmarais, E., Bonhomme, F., Stam, W. T. & Olsen, J. L.** 2002. Polymerase chain reaction-single strand conformation polymorphism analyses of nuclear and chloroplast DNA provide evidence for recombination, multiple introductions and nascent speciation in the *Caulerpa taxifolia* complex. *Molecular Ecology*. 11(11): 2317-2325.
- Montefalcone, M., Morri, C., Peirano, A., Albertelli, G. & Bianchi C. N.** 2007. Substitution and phase shift within the *Posidonia oceanica* seagrass meadows of NW Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 75(1, 2): 63-71.
- National Introduced Marine Pest Information System (NIMPIS)** 2002. *Caulerpa taxifolia* species summary. In: **Hewitt, C. L., Martin, R. B., Sliwa, C., McEnnulty, F. R., Murphy, N. E., Jones, T. & Cooper, S.** (Eds.). National Introduced Marine Pest Information System.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- NOVA.** 2003. Deep sea invasion. Chronology of an invasion. Science programming on air and online. <http://www.pbs.org/wgbh/nova/algae/chronology.html>.
- Nyberg, C. D. & Wallentinus, I.** 2005 Can species traits be used to predict marine macroalgal introductions. *Biological Invasions*. 7(2): 265-279.
- O'Neill, K. M., Schreider, M. J., Glasby, T. M. & Redden, A. R.** 2007. Lack of epifaunal response to the application of salt for managing the noxious green alga *Caulerpa taxifolia* in a coastal lake. *Hidrobiología*. 580(1): 135-142.
- Phillips, J. A. & Price, I. R.** 2002. How different is Mediterranean *Caulerpa taxifolia* (Caulerpales: Chlorophyta) to other populations of the species? *Marine Ecology, Progress Series*. 238: 61-71.
- Raffaelli, A., Pucci, S. & Pietra, F.** 1997. Ion spray tandem mass spectrometry for sensitive, rapid determination of minor toxic sesquiterpenoids in the presence of major analogues of the foreign green seaweed *Caulerpa taxifolia*, which is invading the Northwestern Mediterranean. *Analytical Communications* 34: 179-182.
- Relini, G., Relini, M. & Torchia, G.** 1998. Fish biodiversity in a *Caulerpa taxifolia* meadow in the Ligurian Sea. *Italian Journal of Zoology*. 65(supl. 1): 465-470.
- Relini, G., Relini, M. & Torchia, G.** 2000. The role of fishing gear in the spreading of allochthonous species: the case of *Caulerpa taxifolia* in the Ligurian Sea. *ICES Journal of Marine Science*. 57(5): 1421-1427.
- Ruesink, J. L. & Collado-Vides, L.** 2006. Modeling the increase and control of *Caulerpa taxifolia*, an invasive marine macroalga. *Biological Invasions*. 8(2): 309-325.
- Theil, M., Westphalen, G., Collings, G. & Cheshire, A.** 2007. *Caulerpa taxifolia* responses to hyposalinity stress. *Aquatic Botany*. 87(3): 221-228.
- Thibaut T, Meinesz A,** 2000. Are the Mediterranean ascoglossan molluscs *Oxynoe olivacea* and *Lobiger serradifalci* suitable agents for a biological control against the invading tropical alga *Caulerpa taxifolia*? *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Série III, Sciences de la Vie*. 323(5): 477-488.
- Uchimura, M., Rival, A., Nato, A., Sandeaux, R., Sandeaux, J. & Baccou, J. C.** 2000. Potential use of  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$  and  $\text{Na}^{+}$  for the destruction of *Caulerpa taxifolia*: differential effects on photosynthetic parameters. *Journal of Applied Phycology*. 12(1): 15-23.
- Unión Nacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).** 2013. Informe Anual. Suiza. 36 p.
- United Nations Environment Programme (UNEP).** 2004. *Caulerpa taxifolia*, a growing menace for the temperate marine environment. *Environment Alert Bulletin*. 1: 1-4.
- United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service (USDA-NRCS).** 2008. The Plants Database. Baton Rouge, USA: National Plant Data Center. <http://plants.usda.gov/java/>
- West, E. J., Barnes, P. B., Wright, J. T. & Davis, A. R.** 2007. Anchors aweigh: fragment generation of invasive *Caulerpa taxifolia* by boat anchors and its resistance to desiccation. *Aquatic Botany*. 87(3): 196-202.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- West, E. J. & West, R. J. 2007. Growth and survival of the invasive alga, *Caulerpa taxifolia*, in different salinities and temperatures: implications for coastal lake management. *Hydrobiologia*. 577: 87-94.
- Williams, S. L. & Grosholz, E. D. 2002. Preliminary reports from the *Caulerpa taxifolia* invasion in southern California. *Marine Ecology Progress Series*. 233: 307-10.
- Williams, S. L. & Schroeder, S. L. 2003. Eradication of the invasive seaweed *Caulerpa taxifolia* by Withgott, J. 2002. California tries to rub out the monster of the lagoon. *Science* (Washington), 295(5563): 2201-2202.
- Wright, J. T. 2005. Differences between native and invasive *Caulerpa taxifolia*: a link between asexual fragmentation and abundance in invasive populations. *Mar. Biol.* 147(2): 559–569.
- Wright, J. T. & Davis, A. R. 2006. Demographic feedback between clonal growth and fragmentation in an invasive seaweed. *Ecology*. 87(7): 1744-1754.
- Wright, J. T., McKenzie, L. A. & Gribben, P. E. 2007. A decline in the abundance and condition of a native bivalve associated with *Caulerpa taxifolia* invasion. *Marine and Freshwater Research*. 58(3): 263-272.
- Zaleski, S. F. & Murray, S. N. 2006. Taxonomic diversity and geographic distributions of aquarium-traded species of *Caulerpa* (Chlorophyta: Caulerpaceae) in southern California, USA. *Marine Ecology Progress Series*. 314: 97-108.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

# HELECHOS Y PLANTAS AFINES



## *Salvinia molesta* D. S. Mitch. Brit Fern Gaz. 10(5): 251-252, 1972



Figura 3. Foto de *Salvinia molesta*. Tomada de <http://florawww.eeb.uconn.edu/198501202.html>.

Bonilla-Barbosa, J. R. 2016. Análisis de riesgo de plantas acuáticas exóticas con potencial invasor en México: *Salvinia molesta*. Realizado dentro del proyecto GEF 0089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## CLASIFICACIÓN

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae Haeckel, 1866

División: Pteridophyta J. Y. Bergen & B. M. Davies, 1906

Clase: Polypodiopsida Cronquist, 1966

Orden: Salviniiales Link, 1833

Familia: Salviniaceae Lestiboudois, 1826

Género: *Salvinia* Adans., 1763

Especie: *Salvinia molesta* D. S. Mitch., 1972

## SINONIMIAS

Existe confusión actualmente sobre los probables sinónimos que incluyen a *S. auriculata* auct. no Aubl. y *S. adnata* Desv.

## TAXONOMÍA Y NOMENCLATURA

*Salvinia molesta* D. S. Mitch., es una de las cuatro especies que integran el complejo *Salvinia auriculata* (Mitchell y Thomas, 1972). Otros miembros son *Salvinia auriculata* Aubl., *Salvinia biloba* Raddi y *Salvinia herzogii* de la Sota (Riefner y Smith, 2009).

Identificada originalmente como una forma de *S. auriculata*, *S. molesta* fue renombrada en 1972 con base en sus cuerpos fructíferos (Mitchell, 1972).

El nombre científico más antiguo, *S. adnata* Desv., fue elevado por encima de *S. molesta* por de la Sota (1995). Sin embargo, otros autores indican que con base en las estructuras reproductivas, este tipo no puede ser definido usando las técnicas actuales de identificación ya que es estéril. Algunos otros autores continúan utilizando el nombre de *S. molesta*, recomendadas por Moran y Smith (1999).

## DESCRIPCIÓN

La siguiente descripción se basa en Moran y Smith (1999). En el complejo *Salvinia auriculata*, al que pertenece *S. molesta*, todas las especies son muy similares en su morfología vegetativa, sin embargo, varían sus características cuando están bajo condiciones de acuario o en condiciones naturales, por lo que es recomendable que se usen las estructuras reproductivas para la identificación de especies de este complejo en la medida de lo posible (Riefner y Smith, 2009).

Hidrófita libremente flotadora, hierbas perennes, verdes, tallos irregularmente ramificados, pubescentes; raíces ausentes; heterospóricas con microsporas y megasporas producidos en la misma planta, forma matas densas hasta de 30 cm de largo, 5 cm de diámetro, 2.5 cm de espesor (o mucho



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

más gruesa, dependiendo de las condiciones locales tales como corriente de agua, oleaje, etc.). Hojas: con peciolos muy cortos, en verticilos de tres, dos superiores y una inferior, las superiores flotan, fotosintéticas, margen entero, elípticas, ovadas a redondeadas, con nervadura central distintiva, areolada, de 0.5 a 3.2 cm de largo, hasta 1.8 cm de ancho, ápices redondeados a emarginados, areolas 5 a 10, la areola es bastante uniforme de tamaño, la interna es tan larga como la externa; ápice de las papilas se divide en varios tricomas que forman una estructura en forma de jaula que atrapa burbujas de aire cuando está sumergida, creando la superficie superior impermeable; hojas a menudo dobladas por la mitad; hojas inferiores pecioladas, con o sin esporocarpos unidos, de 1.5 a 2.0 cm de largo, hasta 0.5 cm de ancho, pecíolo de 3 cm o subsésiles, sumergidas, no fotosintéticas, finamente divididas en segmentos lineares que parecen tener funciones como raíces. Esporocarpos (cuando son presentes), son pubescentes, sésiles o con pecíolo largo, globosos a ovoides, ápice redondeado a apiculado, agrupados en el ápice de las hojas sumergidas o sosteniéndose alternadamente en dos hileras a lo largo de la hoja sumergida, sésiles o pedunculados, en racimos o hileras de las hojas inferiores, la pared del esporocarpo, es un indusio modificado; microsporocarpos son inconspicuos, globulares, con una columna corta interior, esta es basal, que sostiene muchos microsporangios; microsporas pequeñas; megasporocarpos inconspicuos, globulares, con muchos megasporangios. Microsporangios pedunculados, con una másula; másulas con cerca de 64 microsporas. Megasporangios pedunculados, con una megáspora; megásporas de 2 mm de largo.

## NOMBRES COMUNES

“Lästiger Büschelfarn”, “Schwimmfarn” (Alemania); “azolla australiana” (Australia); “aquarium water moss”, “water fern” (Estados Unidos); “rikkakellussaniainen” (Finlandia), “fogere d’auu” (Francia); “drijfplantje” (Holanda); “african payal” (India); “kayambang” (Indonesia); “helecho de agua”, “oreja de ratón” (México); “water varing” (Sudáfrica); “Chawk hunu” (Tailandia).

## ORIGEN

*Salvinia molesta* es originaria del sur del Brasil (Forno, 1983). Se ha dispersado ampliamente en todo el mundo durante los últimos 50 años y puede localizarse en África, el subcontinente Indio, Asia Sur-Oriental, Australia, Nueva Zelanda, sur de Estados Unidos y algunas islas del Pacífico (Thomas y Room, 1986a).

## DISTRIBUCIÓN NATURAL

### En el mundo

La distribución geográfica a nivel mundial en el siguiente apartado indica solamente las poblaciones nativas.

Tricomas en la  
superficie de las hojas

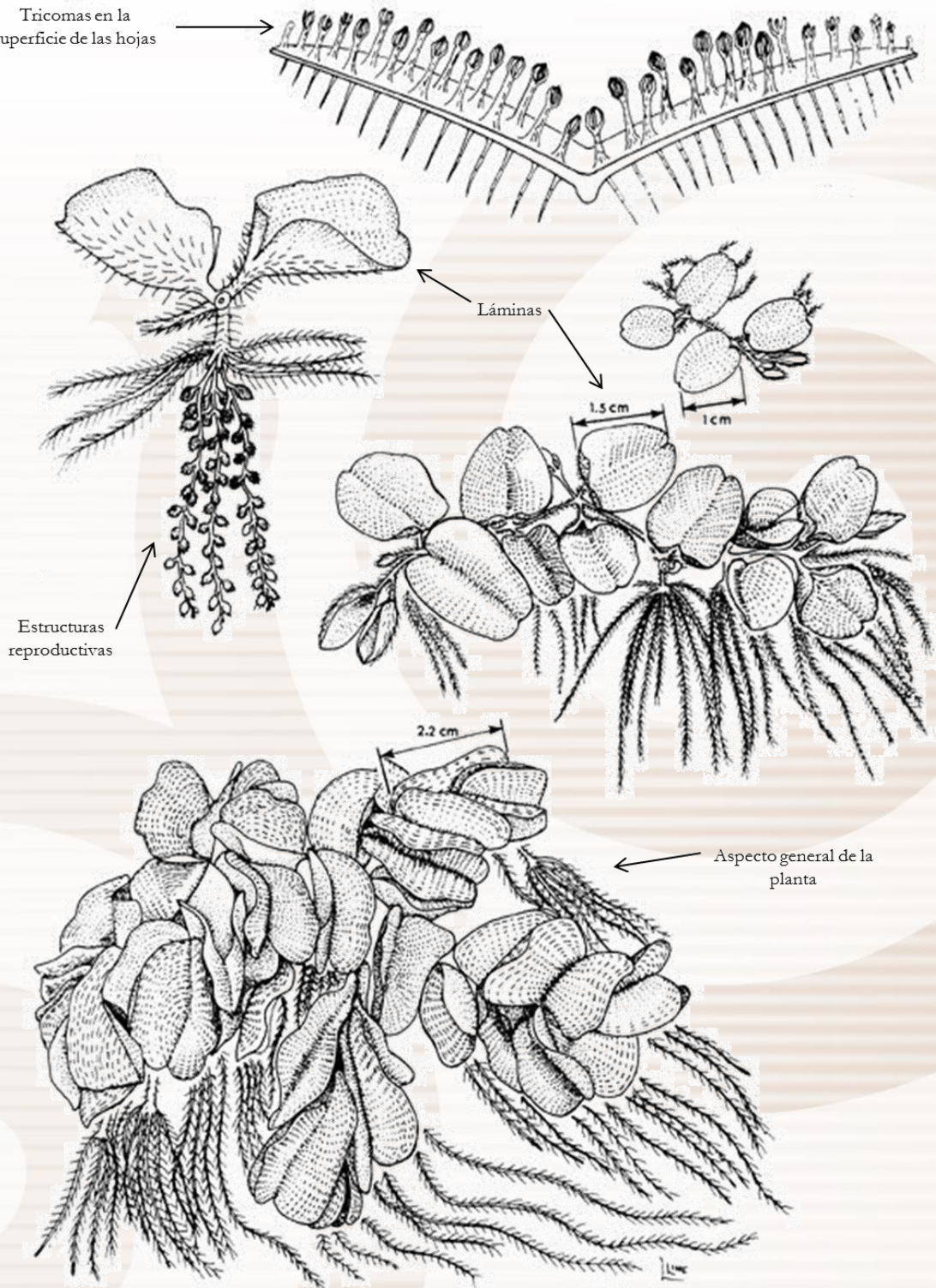


Figura 4. Morfología de *Salvinia molesta*. Foto tomada de Navie (2016).



Figura 5. Tricomas en la superficie de la lámina de *Salvinia molesta*. Foto tomada de Beilstein Journal of Nanotechnology (2014).

**Sudamérica:** Argentina, Brasil, Colombia, Guyana (Holm *et al.*, 1979; Gunn y Ritchie, 1982; Forno, 1983; EPPO, 2014).

## DISTRIBUCIÓN POR INTRODUCCIONES A NIVEL MUNDIAL Y MÉXICO

### Introducción no intencional

#### En el mundo

La dispersión entre ecosistemas acuáticos se considera ha sido principalmente por el ser humano debido a que lo hacen de manera accidental o intencional (como plantas ornamentales), particularmente en la acuicultura de peces (Gewertz, 1983; Parsons y Cuthbertson, 1992). El incremento de su introducción y transporte en el comercio internacional aumentará la distribución de *S. molesta* en todo el mundo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## Introducción intencional

### En el mundo

*Salvinia molesta* ha sido una especie de plantas acuáticas que se ha extendido en diversos ecosistemas acuáticos accidentalmente por medio de escape de áreas de propagación, inundaciones causadas por desastres naturales como lluvias extremas, adherirse a botes o lanchas, equipo de pesca, entre muchos otros (McFarland *et al.*, 2004).

*Salvinia molesta* se ha extendido en muchos países por liberación intencional tal y como lo indican varios autores (McFarland *et al.*, 2004).

La distribución geográfica a nivel mundial en el siguiente apartado se basa en la información disponible, en este caso se indican solamente las poblaciones introducidas.

**Asia:** Filipinas, India, Indonesia, Java, Israel, Japón, Kalimantan, Malasia, Pakistan, Singapur, Sri Lanka, Tailandia, Taiwán, Uttarakhand (Dias, 1967; Cook, 1976; Nguyen, 1976; Thomas, 1976; Anónimo, 1981; Azmi, 1988; Baki *et al.*, 1990; Jayanth y Singh, 1993; Gunn y Ritchie, 1982; Wee, 1986; Pablico *et al.*, 1989; Fowler y Holden, 1994; Pallewatta *et al.*, 2003; McFarland *et al.*, 2004; Chen *et al.*, 2008; GBIF, 2010; Chomchalow, 2011; Imran *et al.*, 2013; NIES, 2013; EPPO, 2013; Anushree-Bhattacharjee, 2014; EPPO, 2014).

**África:** Benín, Botswana, Burkina Faso, Camerún, Congo, Costa de Marfil, Ghana, Kenya, Lesotho, Madagascar, Malawi, Malí, Mauricio, Mauritania, Mozambique, Namibia, Nigeria, República Democrática del Congo, Reunión, Senegal, Sudáfrica, Suazilandia, Tanzania, Uganda, Zambia, Zimbabue (Mitchell y Tur, 1975; Gunn y Ritchie, 1982; Cilliers, 1991; de Wet, 1993; Greathead y deGroot, 1993; Marshall, 1993; Njuguna y Thital, 1993; Smith, 1993; Taylor, 1993; IPPC-Secretariat, 2005; ISSG, 2007; Berthe y Kone, 2008; Diop y Hill, 2009; GBIF, 2010; ISSG, 2013; EPPO, 2014).

**Norteamérica:** Estados Unidos (Jenkins y Lewis, 2012): Alabama, Arizona, Arkansas, California, Carolina del Norte, Carolina del Sur, Connecticut, Florida, Georgia, Hawái, Kansas, Luisiana, Maryland, Mississippi, Missouri, Nueva Jersey, Nuevo México, Oklahoma, Oregón, Pensilvania, Texas, Virginia, Washington (Nelson, 1984; Westbrook y Eplee, 1989; Westbrook y deKozlowski, 1996; Chilton *et al.*, 1999; McFarland *et al.*, 2004; Tipping y Center, 2005; GBIF, 2010; Westbrook, 2010; Peck, 2011; Trayer, 2016).

**Centroamérica y el Caribe:** Cuba, Guatemala, Trinidad y Tobago (Holm *et al.*, 1979; GBIF, 2010; EPPO, 2014).

**México:** Chiapas, Baja California, Guerrero, Michoacán, Morelos (introducción reciente, observación personal), Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz (Palacios-Ríos

y Cortés, 1990; Vázquez, 1991; Palacios-Ríos y Rico-Gray, 1992; Martínez, 2003; Martínez *et al.*, 2003; Mora-Olivo y Yatskievich, 2009; GBIF, 2010; Martínez, 2016).

**Oceanía:** Australia, Fiji, Nueva Caledonia, Nueva Zelanda, Papua Nueva Guinea, Polinesia Francesa, Vanuatu (Farrell, 1978; Mitchell, 1979; Considine, 1984/1985; Creagh, 1991/1992; Parsons y Cuthbertson, 1992; ISSG, 2007; ISSG, 2013; Yamoah *et al.*, 2013; EPPO, 2014).

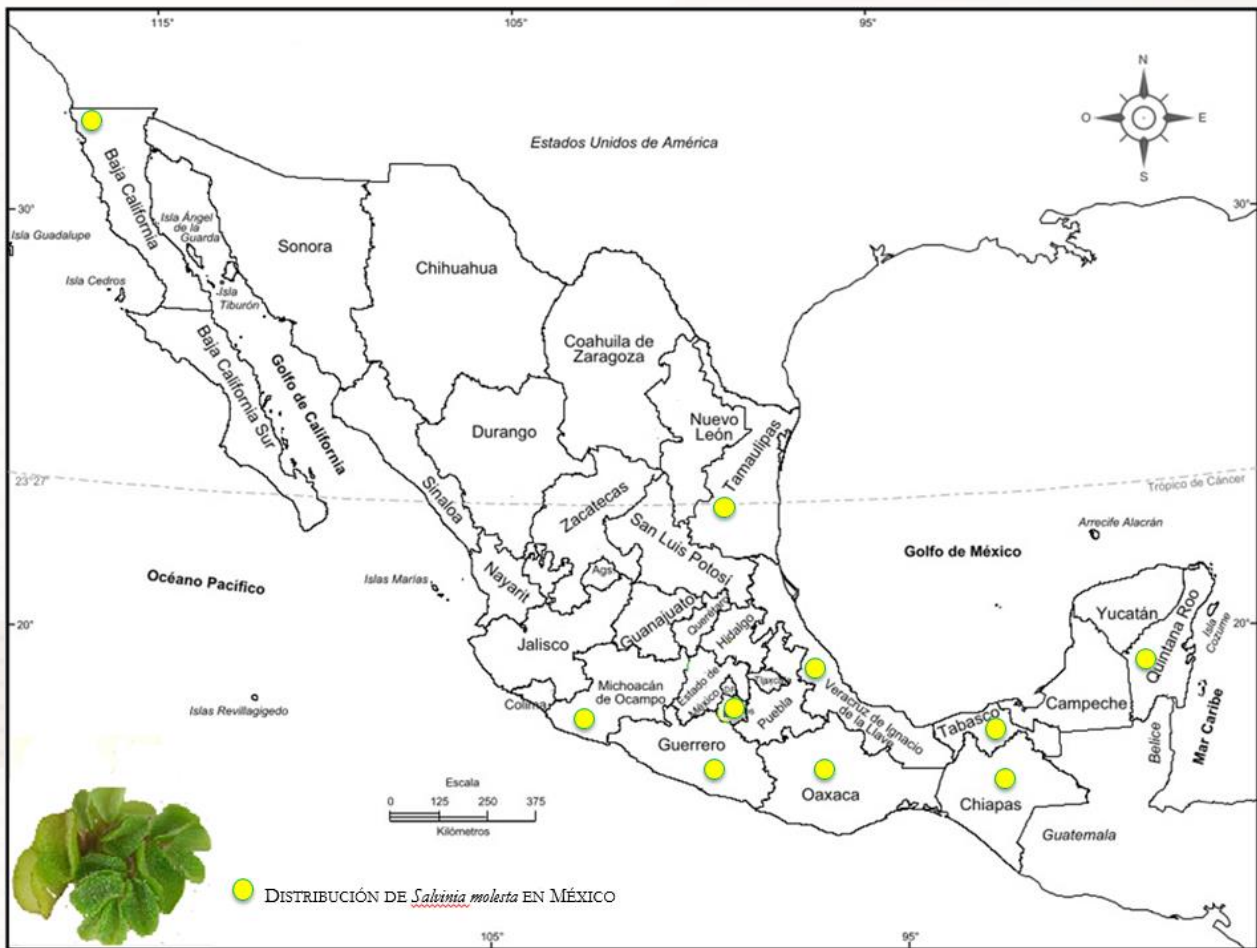


Figura 6. Distribución geográfica de *Salvinia molesta* en México.

## TRASLOCACIONES

Las traslocaciones de *Salvinia molesta* han sido a causa de la hidrodinámica de las corrientes de agua, en donde pequeños trozos de la planta han sido dispersados a distancias cortas o largas o por ser transportadas intencionalmente por el ser humano (Westbrooks y Eplee, 1989; Palacios-Ríos y Cortés, 1990; Palacios-Ríos y Rico-Gray, 1992; Mora-Olivo y Yatskievich, 2009; Riefner y Smith, 2009; Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2014).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## BIOLOGÍA, ECOLOGÍA E HISTORIA NATURAL

### Biología reproductiva

*Salvinia molesta* es un helecho híbrido pentaploide, estéril, que forma sacos que contienen esporas abortivas debido a anomalías durante la meiosis. Debido a que las esporas y los megagametofitos que se producen son de duración corta, la reproducción es exclusivamente vegetativa (Mitchell, 1972). Por lo tanto, hay especulación que infestaciones de *S. molesta* en todo el mundo puedan ser clones de un solo individuo genético (Werner, 1988; Barrett, 1989).

Aunque *S. molesta* es estéril, tiene rápida propagación vegetativa debido a su gran capacidad de fragmentación (Oliver, 1993).

### Etapas de crecimiento

Especies en el complejo *S. auriculata* se desarrollan a través de tres fenotipos o etapas de crecimiento (Ashton y Mitchell, 1989; Oliver, 1993). Estas etapas principales son controladas por la edad, grado de amontonamiento, movimiento del agua y otros factores abióticos. Además de las tres grandes etapas, Ashton y Mitchell (1989) reconocen una etapa adicional, que la describe como una forma de supervivencia, que se produce en ambientes difíciles por lo que crece lentamente y se manifiesta en sus hojas las cuales se ponen planas y amarillentas.

**Primera fase:** Hojas pequeñas (alrededor de 10 mm de diámetro) sobre la superficie del agua.

Esta fase se observa durante la invasión inicial y en plantas con ligeros daños. Cuando la planta se introduce a un nuevo hábitat, produce plantas de etapa colonizadora con tallos delgados que se fragmentan fácilmente y producen muchas plántulas nuevas.

**Fase de crecimiento secundario:** Hojas flotantes crecen hasta cerca de 25 mm de largo y ancho y comienzan a doblarse hacia arriba, dando una estructura en forma de quilla. Las hojas no se sobreponen y la superficie inferior está en contacto con el agua.

**Fase de crecimiento terciario:** Las hojas crecen y engrosan a aproximadamente 38 mm de ancho y 25 mm de largo. La yema terminal forma hojas que son compactas, casi verticales y muy plegadas. Esta fase se produce cuando la competencia se convierte severa en la época de crecimiento. Cuando las condiciones de crecimiento son ideales, la planta puede llegar a esta fase en 2 a 3 semanas (Sculthorpe, 1967; Holm *et al.*, 1977). Esta fase también se ha llamado la etapa de producción.

### Fisiología y fenología

*Salvinia molesta* no exhibe lignificación de los tejidos y por lo tanto la planta debe permanecer turgente para el soporte mecánico de sus órganos. El aire es atrapado por unos tricomas parecidos a



pelos y que hacen la forma de una jaula, arreglados en hileras sobre su superficie superior de las hojas flotantes, permitiendo con ello que *S. molesta* flote (Kaul, 1976).

## Requerimientos ambientales

*Salvinia molesta* fácilmente coloniza hábitats perturbados incluyendo arrozales, canales de inundación, lagos artificiales e instalaciones eléctricas (Barrett, 1989).

En su rango nativo, se desarrolla comúnmente en ecosistemas lóticos y lénticos tales como embalses artificiales, lagos de agua dulce, pantanos, estanques, canales de irrigación y a lo largo de márgenes de ríos, humedales, pantanos, arroyos, zanjas y depósitos de agua (Reed, 1977; Forno y Harley, 1979; Westbrooks, 1984).

Aunque es una hidrófita libremente flotadora, se ha observado que prospera en zonas muy húmedas al pie de las Cataratas Victoria en Sudáfrica (Holm *et al.*, 1977). También puede sobrevivir en suelos ligeramente húmedos o casi secos (Owens *et al.*, 2004).

El crecimiento de *S. molesta* se incrementa debido a las altas intensidades de luz, temperaturas del agua entre 10 a 40 °C, y elevada cantidad de nutrimentos, especialmente nitrógeno y fósforo disponibles en el medio acuático (Mitchell y Tur, 1975; Cary y Weerts, 1983).

Lo anterior, también es conocido en ecosistemas eutróficos como manantiales y lagos de los Estados Unidos que son especialmente adecuados para la rápida colonización y crecimiento de esta especie flotadora (Oliver, 1993; Trevisan-Pistori *et al.*, 2010), modificando sus características y permitiendo que el crecimiento de *Salvinia molesta* sea favorecido debido a los aumentos en las concentraciones de nitrógeno y fósforo en el agua.

Infestaciones de *Salvinia* pueden ser eliminadas cuando los brotes o yemas están expuestos a temperaturas por debajo de los -3 °C, pero las hojas pueden sobrevivir a temperaturas del aire bajo cero si están debajo de la superficie del agua (Whiteman y Room, 1991).

*Salvinia molesta* no tolera agua de mar (Holm *et al.*, 1977) por lo que llega a desaparecer, pero tiene baja tolerancia de salinidad y sólo produce nuevo crecimiento en niveles de salinidad inferior a las 5 ppm; niveles por encima de 11 ppm son tóxicas (Biber, 2008).

Crecimiento óptimo ocurre en situaciones ricas en nutrimentos, pH que varían de 6 a 7.5, con temperaturas de agua entre 20 y 30 °C, especialmente cuando la fuente de nitrógeno principal es el amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) en lugar de iones del nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (Cary y Weerts, 1983). En estas condiciones ideales, una duplicación del peso seco de la planta en 2.2 días se ha registrado en Queensland, Australia (Parsons y Cuthbertson, 1992).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## MECANISMOS DE DISPERSIÓN

### Dispersión natural

*Salvinia molesta* es dispersada dentro de un sistema acuático por el movimiento de las plantas por el viento, las corrientes de agua, las inundaciones y los animales (aves, capibaras, hipopótamos) los que han sido documentados como vectores de dispersión (Room y Julien, 1995; Forno y Smith, 1999).

### Estatus (reportes como especie invasora en otros sitios)

*Salvinia molesta* es una planta acuática flotante nativa del sur del Brasil. Se ha difundido ampliamente en todo el mundo durante los últimos 50 años y es invasora en una variedad de hábitats acuáticos, incluyendo lagos, ríos y otros ecosistemas. Basado en los impactos ambientales, económicos y de salud humana, *S. molesta* ocupa el segundo lugar después del “jacinto de agua” (*Eichhornia crassipes*) en las plantas acuáticas más nocivas del mundo, por lo que se ha agregado recientemente a la lista de las 100 especies más invasoras del mundo (Lowe *et al.* 2004).

## USOS Y COMERCIALIZACIÓN

### Historia de la comercialización

Varios estudios han evaluado los posibles beneficios y el valor de *S. molesta* y otras plantas acuáticas.

### Ornamental

Introducciones de *Salvinia molesta*, derivan del comercio del acuarismo, acuacultura y jardines acuáticos (McFarland *et al.*, 2004). *Salvinia molesta* se vende en el mercado para uso en acuarios desde los 6.59 € a 2.49€ (Ebay, 2016). Realmente no existe mucha información de costos, la planta es extraída del medio natural, aunque en los mercados de la Ciudad de México como Mixuca es muy rara su venta o se expenden clandestinamente (entre \$ 15 a \$ 30.00 por manojo de ocho plantas) y no se informa de donde las obtienen (comunicación personal). Además, en Cuernavaca, en viveros, 10 plantas tienen el valor de \$ 30.00 pesos.

### Forraje

*Salvinia molesta* proporciona alimento para algunos peces (tilapias) y también proporciona sombra y refugio. La planta también es consumida por pollos, patos, gansos, cisnes, cerdos, ciervos, y como complemento alimenticio para el ganado (Holm *et al.*, 1977; Thomas y Room, 1986a; Oliver, 1993; Sumiati y Nurhaya, 2003; King *et al.*, 2004; Leterme *et al.*, 2009; Ma'rifah *et al.*, 2013).

Sin embargo, no es adecuado como fuente única de forraje debido al alto contenido de ceniza cruda y taninos que reducen la digestibilidad (Moozhiyl y Pallauf, 1986).

### **Abono orgánico**

Usos potenciales de la planta incluyen la composta o abono orgánico (Thomas y Room, 1986a; Oliver, 1993).

### **Tratamiento de aguas residuales**

*Salvinia molesta* no sólo es eficiente en la eliminación de nutrimentos del agua sino también en la eliminación de metales pesados, tales como el Cromo (Cr), Níquel (Ni), plomo (Pb), Zinc (Zn), de los cuales algunos de ellos son micronutrientes necesarios para la vida de los seres vivos y deben ser absorbidos por las raíces de las plantas, lo que es potencialmente útil en una variedad de aplicaciones de aguas residuales (Shimada *et al.*, 1988; Prasad, 2010; Ashraf *et al.*, 2011; Sukumaran, 2013).

Experimentalmente, se conoce que concentra el fósforo, nitrógeno, potasio, manganeso, hierro y zinc en tejidos secos por casi el 10, 2, 1, 5, 3 y 10,000 veces sus respectivas concentraciones en el agua y parece tener cierto potencial en la purificación de la misma (Parsons y Cuthbertson, 1992).

### **Biogas**

Algunos estudios también han investigado usando *S. molesta* para la producción de biogás (Thomas y Room, 1986a). La energía potencial de ocho plantas acuáticas comunes se determinó en la India por digestión anaeróbica para producir metano, el potencial de producción de energía de *S. molesta* fue de aproximadamente 108 Kcal/ha que es relativamente alto en comparación con las otras especies (Abbasi *et al.*, 1990).

Experimentalmente, *S. molesta* fermentada aeróbicamente a 32 °C produjo 8.8 litros de biogás por kilogramo de peso fresco. Además, una mezcla 3:1 de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y *S. molesta* aumentó la producción de biogás a 11.2 litros por kilogramo de peso fresco (Abbasi y Nipanay, 1984).

### **Origen de los individuos comercializados (poblaciones silvestres, viveros fuera o dentro de México)**

En México, no se conoce con exactitud de donde provienen los individuos que se comercializan en los viveros, particularmente en Cuernavaca, Morelos.

## Condiciones de cultivo

*Salvinia molesta* tiene poca exigencia con respecto a las características físicoquímicas del agua, que, aunque prefieran medios neutros, toleran pH entre 6 y 8. La dureza, escasa o media, puede oscilar entre amplios valores, 6-25 DH. Necesita de excelente cantidad de nutrimentos, si bien, no prosperan en aguas eutrofizadas. La temperatura óptima se sitúa en valores medios entre 15 a 28 °C, y es preciso que reciba iluminación media-intensa, pero no excesiva, ya que ésta puede quemar la planta. Bajo estas condiciones la especie ha sido cultivada con la finalidad de colocarlas en estanques de crías o “engorde de alevines” por su aptitud como criadoras de microorganismos para forraje de peces (Red Naturaleza, 2016).

### **Análisis económico (importaciones/mercado a nivel mundial, mercado en México, rentabilidad de su cultivo, etc.)**

En México, solamente la comercializan en viveros en Cuernavaca, Morelos, con un costo de 10 plantas por \$ 40.00 pesos. Por medio de la internet, la venden en \$ 100.00 pesos más gastos de envío (Mercado Libre, 2016).

## POTENCIAL DE ESTABLECIMIENTO Y COLONIZACIÓN

### **Potencial de colonización**

Mitchell (1979) reportó que la biomasa vegetal se puede duplicar en 3 a 4 días en cultivos estériles y de 8.1 días en el Lago Kariba en Zimbabue. Estudios adicionales indican que duplica su área foliar de 3.8 a 4.8 días y de 5.3 a 6.2 días el peso seco (Sale *et al.*, 1985). La tasa promedio de crecimiento relativo, bajo un rango de condiciones artificiales y ambientales naturales, puede ser tan alta como el 21.64%/día incrementando el número de hojas y del 17.16%/día de aumento en peso seco (Mitchell y Tur, 1975). En condiciones favorables, *S. molesta* puede cubrir totalmente los lagos y ríos de movimiento lento con sus matas de hasta 1 m de espesor (Thomas y Room, 1986a). Rangos de biomasa de material fresco puede también variar desde 250 a 600 g/m<sup>2</sup> de peso seco (Mitchell, 1979).

Encuestas similares en el lago Naivasha, Kenya, encontraron que algunas infestaciones de *S. molesta* en agua rica en nutrimentos se duplicaban en tamaño en periodos de 4.5 días (Tarras-Wahlberg, 1986).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## Potencial de dispersión

En Norteamérica y otros países, *S. molesta* se ha introducido en ríos, estanques y canales a través de fragmentos eliminados de acuarios o de jardines acuáticos. Se dispersa también por medio de embarcaciones de recreo, en sus motores y remolques. Los fragmentos enraízan en el sustrato y con ello forman nuevas poblaciones en todo el cuerpo de agua (McFarland *et al.*, 2004).

## EVIDENCIAS DE IMPACTOS

En general, *Salvinia molesta* tiene alto desarrollo basado en su propagación, esto permite que altere los niveles tróficos, dañe los servicios que presta el ecosistema donde infesta, altera el hábitat y modifica el ecosistema, modifica la hidrología, modifica las comunidades bénticas nativas, modifica el régimen de nutrientes, reduce la biodiversidad y las pone en riesgo, daña la infraestructura, se presenta como única especie en el ecosistema, impacta negativamente a la agricultura, a la acuicultura y a la pesca, impacta en la salud humana, impacta al turismo, impacta a la navegación (Sculthorpe, 1967; Gopal, 1988).

### Impactos/beneficios socioeconómicos

*Salvinia molesta* es una plaga de arrozales en la India, donde compite por agua, nutrientes y espacio, dando por resultado la producción de cultivos pobres de arroz (Anónimo, 1981).

En estudios sobre arroz trasplantado, aunque no existen costos reales, *S. molesta* causó pérdida en el rendimiento del 12.5% debido a la reducción en macollas que presentaban panículas, aunque en Indonesia la cobertura entre el 25 al 100% de *S. molesta* antes de trasplantar el arroz redujo infestaciones de gusanos (*Hydrellia* sp.), o del 60% también suprimió infestaciones de insectos (*Nilaparvata lugens*) (Homoptera: Delphacidae), parásitos del arroz (Azmi, 1988).

Como planta usada para cultivo y cubrir la superficie del agua, *S. molesta* suprimió poblaciones de malezas con un rendimiento de 4.2 a 4.8 tons/ha, mientras que las parcelas desmalezadas dos veces dieron rendimientos de sólo 2.9 tons/ha (Bangun, 1988).

Desde que fue establecida en Filipinas en 1979, *S. molesta* se ha convertido en un problema importante en arroz bajo riego. La dispersión ha sido facilitada a través de su introducción en estanques como alimento para peces, así como en campos de arroz como un abono orgánico (confundido con *Azolla*) (Pablico *et al.*, 1989).

### Impactos a la salud (humana, enfermedades, parásitos, etc.)

Infestaciones de *S. molesta* contribuyen a problemas de salud humana. Matas densas de *S. molesta* permiten la proliferación importante de mosquitos de *Mansonia* spp. (Diptera: Culicidae) en la India,



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

que han sido identificadas como vectores del Virus del Nilo Occidental, encefalitis de St. Louis, encefalitis equina venezolana y elefantiasis rural (Pancho y Soerjani, 1978; Chow *et al.*, 1955; Ramachandran, 1960; Lounibos *et al.*, 1990; Creagh, 1991/92). Dentro de los problemas de salud, para México, la proliferación de malezas acuáticas constituye al hábitat para el desarrollo de organismos vectores de enfermedades tales como mosquitos transmisores de dengue (*Aedes aegypti*), malaria (*Stephensis malaria*) y filariasis (*Culex quinque fasia* o caracoles transmisores de *Schistosoma* sp. (Martínez, 2003).

Alberga también especies de mosquitos que son responsables de la transmisión del paludismo y la fiebre del dengue en otras zonas (Creagh, 1991/92), así como la infestación de caracoles que transmiten la esquistosomiasis (Holm *et al.*, 1977).

*Salvinia molesta* no sólo es eficiente en la eliminación de nutrimentos del agua sino también en la eliminación de metales pesados, lo que es potencialmente importante considerar porque a través de la alimentación de organismos acuáticos como los peces o en su caso del ganado vacuno que el ser humano utiliza para su consumo, podría afectar directa o indirectamente la salud (Shimada *et al.*, 1988; Prasad, 2010; Ashraf *et al.*, 2011; Sukumaran, 2013).

Extractos de *S. molesta* están siendo investigados como compuestos citotóxicos contra células cancerosas humanas (Li *et al.* 2013).

*Salvinia molesta* no sólo es eficiente en la eliminación de nutrimentos del agua sino también en la eliminación de metales pesados, tales como el Cromo (Cr), Niquel (Ni), plomo (Pb), Zinc (Zn), de los cuales algunos de ellos son micronutrientes necesarios para la vida de los seres vivos y deben ser absorbidos por las raíces de las plantas. Pero cuando por motivos naturales o por la acción del ser humano se acumulan en el sedimento y contaminan el agua, la flora y fauna que existe a su alrededor se ve afectada por las altas concentraciones de estos metales y afectan con ello a las especies que las consumen (Libro Electrónico, 2010).

Para el ser humano los principales órganos que se ven dañados ante la acumulación de metales pesados en el organismo son los riñones, hígado, pulmones y también el sistema nervioso (Eco Agricultor, 2014), lo que es potencialmente útil en una variedad de aplicaciones de aguas residuales (Shimada *et al.*, 1988; Prasad, 2010; Ashraf *et al.*, 2011; Sukumaran, 2013).

## Impactos ambientales y a la biodiversidad

Matas gruesas de *Salvinia molesta* no permiten la penetración de la luz hacia el fondo de los cuerpos de agua donde habitan plantas enraizadas sumergidas, además compiten contra ellas reduciendo su crecimiento (Sculthorpe, 1967). La formación de estas gruesas matas también disminuye el O<sub>2</sub> disuelto y el pH, mientras que al mismo tiempo aumenta de CO<sub>2</sub> y el H<sub>2</sub>S en las aguas donde ellas se desarrollan (Mitchell, 1979).

La fauna bentónica disminuye generalmente en matas bien establecidas (Coates, 1982), debido a que estas plantas mueren y se van al fondo, organismos bentónicos suelen ser afectados por cambios



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

en las concentraciones de O<sub>2</sub> debido a que este material vegetal con el paso del tiempo se acumula y también disminuye su profundidad (Sculthorpe, 1967). En la India, *S. molesta* ha invadido zonas húmedas y ha substituido flora nativa (Gopal, 1988).

### Otros impactos

En las Islas Sudd, región pantanosa formada por el Nilo Blanco en Sudán del Sur, la vegetación espesa de *S. molesta* ha producido la muerte de ganado en áreas donde han intentado caminar sobre ellas (McFarland *et al.*, 2004).

Matas gruesas de *S. molesta* impiden el paso de lanchas, y aun una sola capa de plantas es un gran obstáculo para canoas. Como resultado, las infestaciones pueden impedir severamente el transporte por agua, así como la pesca comercial y recreativa (McFarland *et al.*, 2004), además de bloquear el acceso a agua potable para los seres humanos y la vida silvestre, obstrucción de canales de riego y otras estructuras eléctricas durante inundaciones (Holm *et al.*, 1977; Thomas y Room, 1986b).

Pueblos enteros que dependían del transporte acuático fueron abandonados a orillas del río Sepik en Papua Nueva Guinea cuando las infestaciones de *S. molesta* limitaron el acceso a servicio de salud, educación y la alimentación (Gewertz, 1983).

### CONTROL Y MITIGACIÓN (TIPOS DE MEDIDAS O ESTRATEGIAS, COSTOS, ETC.)

#### Medidas preventivas

Todos los envíos de importación de plantas acuáticas, peces tropicales y otros productos similares procedentes de países infestados deben examinarse para evitar la presencia de *S. molesta*. Como es sabido, *S. molesta* se reproduce vegetativamente, incluso pequeños fragmentos son suficientes para permitir una introducción en un nuevo país. Como todas las malezas, la prevención es la forma más efectiva para limitar la propagación de *S. molesta*.

#### Respuestas rápidas

Tomando conciencia de la amenaza de esta especie y creando un consenso para establecer metas claras de manejo, control o en su caso erradicación, se deben considerar inmediatamente tres aspectos importantes como se realizaron en Australia: 1) la oportuna identificación y notificación de la infestación; 2) tener personal activo que considere la invasión; y 3) la movilización de personal constituidos en equipos ya trabajando en el sitio (Van Oosterhout, 2006).

Anderson (2005), indica que tres componentes bien integrados de esta respuesta rápida se deben traducir en un programa de erradicación efectiva: (a) experiencia y conocimientos sobre la biología

de *Salvinia molesta*; (b) conocimiento sobre los usos y características del sitio infestado; (c) conocimiento y experiencia en la implementación de la erradicación de plantas acuáticas.

Lo anterior, conjuntamente, con los recursos necesarios (la parte económica por año, dependiendo de la amplitud de la infestación), la capacitación a personal de gobierno como el INAPESCA, SEMARNAT, CONANP (en México), entre otros, dará resultados excelentes hacia su erradicación.

### Concientización pública

Es importante considerar que el ser humano ha jugado un papel importante en la introducción accidental o intencional, además de la traslocación de especies como es el caso de *Salvinia*, por lo que se recomienda el conocimiento y divulgación del daño que puede y ocasiona esta especie en los sistemas acuáticos en donde infesta informándoles sobre los riesgos hacia el medio ambiente como lo es la pérdida de la biodiversidad.

### Control mecánico o físico

El retiro manual del material vegetal como un enfoque de control de mantenimiento ha sido eficaz, pero es demasiado laborioso. En la India, la extracción manual se ha utilizado con éxito para el control de *S. molesta* en una presa hidroeléctrica de 1,500 ha, en la que 30 hombres tardaron para retirar aproximadamente la mitad de la infestación durante un período de tres meses, cuyo costo aproximado fue de \$ 22,000 dólares. El control y mantenimiento de estas áreas infestadas debe planearse anualmente tal y como lo considera Murphy (1988).

En una infestación en el río Adelaide, al norte de Australia, la mayor parte de una capa gruesa de *S. molesta* y otras plantas fueron extraídas manualmente y colocadas a lo largo de la orilla del río y posteriormente fueron controladas con éxito con herbicidas como 2, 4-D y el diquat (Miller y Pickering, 1988).

En general, la extracción manual sólo es práctica en las etapas tempranas de la invasión (Oliver, 1993). Después de que la planta se ha establecido, y su biomasa es de aproximadamente 80 tons/ha y rápida propagación hacen que la cosecha mecánica y la extracción sea impráctica. De acuerdo con Thomas y Room (1986a), la extracción mecánica no compite con el control químico.

Thomas (1990) reportó que el desarrollo de una máquina de 10 caballos de fuerza en la India con un dispositivo succionador de alta capacidad fue adecuado, en donde la tasa de cosecha de 15 tons/hora con una operación continua tuvo menor costo que la extracción manual indicada por Murphy (1988). Otra máquina segador mecánica para *S. molesta*, es la indicada por Sankaranarayanan *et al.* (1985), la cual es colocada sobre una plataforma flotante de doble remolque que mide 3.6 X 1.5 m y con un peso de 415 kg, tuvo la capacidad de recolección de 16 tons/hora, además la máquina





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

puede funcionar a niveles de profundidad hasta los 50 cm. Sin embargo no indican costos de cosecha.

## Control químico

Los tricomas en forma de jaula en la parte superior de *S. molesta* hojas forman una barrera impermeable a la mayoría de los herbicidas. Sin embargo, la penetración puede mejorarse mediante el uso de un tenso activos o surfactantes (Oliver, 1993).

En varios países el uso del control químico ha sido efectivo, sin embargo, no se han brindado costos contundentes con los que se pudieran hacer comparaciones. En Australia, se lograron repetidas aplicaciones de paraquat en combinación con un agente humectante en el control de *S. molesta* (Miller y Pickering, 1980). Ensayos en campo con el herbicida revelaron que 8.97 kg/ha de glifosato mezclado con un surfactante no iónico controló el 99% de *S. molesta* 42 días después del tratamiento (Nelson *et al.*, 2001). Estudios de laboratorio también demostraron un control efectivo sobre una amplia gama de tipos de aplicación, incluyendo aquellos como 0.45%, con tasas de mortalidad aumentadas por la adición de surfactante (Fairchild *et al.*, 2002).

En Malasia, el diquat fue eficaz en el control de *S. molesta* (Kam-Wing y Furtado, 1977). Nelson *et al.* (2001) demostró que 1.12 kg/ha de diquat proporciona un control efectivo de *S. molesta* y mejor que el glifosato, endothal y otras combinaciones. Sin embargo, Mitchell (1979) indicó que este químico fue sólo 1/8 tan eficaz en *S. molesta* como el paraquat. El control total de *S. molesta* se observó de 10 a 14 días después del tratamiento con 2, 4-D + parafina + calcio dodecibenceno sulfonato de sodio utilizando aspersores en el aerodeslizador (Julian, 1984).

En Nueva Zelanda, formulaciones de fluoridona proporcionaron buen control de *S. molesta* en tanques al aire libre (Wells *et al.*, 1986). Aplicaciones de hexazinona, ametrina y paraquat también han sido eficaces en el control de *S. molesta* (Westbrooks, 1984). La terbutrina es recomendada en Sudáfrica (Vermeulen *et al.*, 1996). En otro estudio, aplicaciones foliares de hexazinone + surfactante dio lugar a un control total de *S. molesta* (Toth y Champion, 1979).

En una evaluación del efecto invernadero el herbicida más eficaz fue linurón seguido de diurón, en donde las plantas afectadas sufrieron clorosis localizada, necrosis, retraso en el alargamiento de tallos y hojas, además se imposibilitó la formación de la hoja por lo que la planta finalmente murió posteriormente (Waithaka, 1980).

Después de que *S. molesta* fue encontrado en enero de 1977 desarrollándose en la región superior del río Adelaide, al norte de Australia, se inició un programa de erradicación de 10 años. Herbicidas utilizados fueron el paraquat, diquat, 2, 4-D y diuron + dodecibencen sulfonato de calcio. El último registro de *S. molesta* en el río fue en 1982; encuestas periódicas se continuaron hasta 1986 para asegurar que no hubiera reinfestaciones (Miller y Pickering, 1988).

A nivel de laboratorio, el detergente ha demostrado causar daño a *S. molesta*. En un experimento, se roció la planta con una solución de 0.05% de un detergente (sulfonato de benceno alquílico lineal)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



PN  
UD  
Al servicio  
de las personas  
y las naciones

el cual dio lugar a la disminución de la clorofila total al 85% y disminución de proteínas totales al 75% dentro de las 48 horas posteriores al tratamiento (Chawla *et al.*, 1989).

El costo aproximado de colocación de herbicidas por medio de dispersor aéreo en Australia ha sido de \$ 642 dólares por 4.5 L al año (Van Oosterhout, 2006).

## Control biológico

**Insectos**, el “gorgojo de la salvinia” (*Cyrtobagous salviniae*) (Coleoptera: Curculionidae) ha sido utilizado con éxito para controlar a las diversas especies de *Salvinia* (Calder y Sands, 1985; Cilliers, 1991; McFarland *et al.*, 2004). Este insecto semiacuático es nativo de Paraguay, Brasil y Bolivia, y ha sido liberado en 16 países para controlar a *Salvinia molesta* (Wibmer y O'Brien, 1986; Julien *et al.*, 2002). *Cyrtobagous salviniae* también se alimenta de *S. minima* en los Estados Unidos (Tipping *et al.*, 2010). En Sudáfrica, Botswana y la India, donde se ha introducido este gorgojo, *S. molesta* redujo al 1% de su área de infestación (Room, 1986a; Creagh, 1991/92; Cilliers, 1991).

En el río Sepik en Papua Nueva Guinea, las introducciones de *C. salviniae* redujeron una infestación de la planta de 250 km<sup>2</sup> a 1.5 km<sup>2</sup> en 18 meses (Thomas y Room, 1986b). En Sri Lanka, alrededor del 80% de las infestaciones de *S. molesta* había sido destruido después de la liberación de *C. salviniae* en 1986 (Room y Fernando, 1992). En Texas, 651.000 larvas, pupas y adultos de gorgojos de *C. salviniae* fueron dispersados en cinco sitios muy infestados de *S. molesta*, y en nueve meses, las poblaciones se redujeron a menos del 10% de su extensión original (Flores y Carlson, 2006).

Sin embargo, en territorio norteño de Australia, las temperaturas altas del agua en cuerpos de agua se han asociado con el fracaso del picudo para el control de la planta. La efectividad de *C. salviniae* en New South Wales, Australia, también ha sido variable, ya que el clima más frío de la región no es favorable para el crecimiento del insecto (Oliver, 1993). Intermitente éxito en control biológico de *S. molesta* con *C. salviniae* en Australia se ha atribuido a momentos estables alternativos (Schooler *et al.*, 2011; Stone, 2011).

Daños por insectos a *S. molesta* generalmente aumenta a medida que se incrementa la temperatura del agua, principalmente entre los 16 y los 30 °C. Además, la alimentación y daños por *C. salviniae* depende de los niveles de nitrógeno en la planta (Forno y Bourne, 1986). En Sri Lanka, fue lanzado el picudo en varias áreas de las tierras bajas en 1987; sin embargo, el aumento en el número de estos insectos fue escaso debido a los bajos niveles de nitrógeno en los tejidos de la planta hasta el final de una sequía. Posterior a que los niveles de agua y nitrógeno volvieron a incrementarse, la infestación de la planta disminuyó por el consumo de la planta por este insecto (Room *et al.*, 1986).

Otro posible agente de control biológico es un saltamonte acuático, *Paulinia acuminata* (Orthoptera: Acrididae), nativo de los Estados Unidos. Los adultos y ninfas se alimentan de *S.*



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

*molesta*, “lechuga de agua” (*Pistia stratiotes*) y varias especies de *Azolla*, por lo que es cuestionable su uso como agente de control biológico debido a que no es monofágico y no se ha demostrado concluyente para el control de *S. molesta* (Sands y Kassulke, 1986), indican que *P. acuminata* controló una severa infestación de *S. molesta* en el lago Kariba en el año de 1973 en África Central (Zambia y Zimbabwe). Después del represamiento del río Zambeze creando el lago, el crecimiento de *S. molesta* aumentó rápidamente y cubrió más de 1000 km<sup>2</sup> de la superficie del ecosistema en 1962. En 1973, la infestación disminuyó a 77 km<sup>2</sup> y se mantuvo en este nivel.

Por otro lado, y con base en lo anterior, se sugirió la introducción y liberación de *P. acuminata* al lago Trinidad en 1970, con el subsiguiente establecimiento y alta población en 1973 lo que contribuyeron al control de *S. molesta* (Mitchell y Rose, 1979).

En Queensland, Australia, fueron liberadas *Samea multiplicalis* y *C. salviniae* en sitios separados para el control biológico de *S. molesta*. Aunque *C. salviniae* eliminó grandes áreas de la planta, *S. multiplicalis* no redujo su crecimiento en ningún sitio. En otro estudio realizado en Queensland, Australia, densidades larvales de *Samea multiplicalis* 0.8 y 1.6 individuos por planta causaron severos daños a *S. molesta*. En los 15 experimentos, las larvas de *Samea multiplicalis* destruyeron aproximadamente la mitad del área foliar y redujeron el peso de la planta y el número de ramas. Sin embargo, raíces y rizomas permanecieron intactas, los brotes no fueron destruidos y las plantas volvieron a colonizar (Julien y Bourne, 1988). En los Estados Unidos, donde *Samea multiplicalis* es nativa, no controla completamente a la planta, pero impacta significativamente a *Salvinia minima* conjuntamente con *C. salviniae* (Tewari y Johnson, 2011).

De todos los insectos liberados para el control de *S. molesta*, sólo *C. salviniae* ha demostrado ser el más eficiente (Room, 1986b; Oliver, 1993; McFarland *et al.*, 2004) y a un costo menor que el control químico o mecánico (Chikwenhere y Keswani, 1997).

*Cyrtobagous salviniae*, insecto herbívoro, ha sido utilizado para el control de especies de *Salvinia*, incluyendo a *S. molesta*, en los siguientes países y años, resaltando entre ellos nuestro país: Australia (1980), Botswana (dispersado de Namibia), Congo, Costa de Marfil (1998), Fiji (1991), Filipinas (1989), Ghana (1996), India (1983), Indonesia (1997), Kenya (1990), Malasia (1989), México (2004), Namibia (1984), Papua New Guinea (1982), Sri Lanka (1986), Sudáfrica (1985), Estados Unidos y Zambia (1990), Zimbabwe (1992) (Cilliers *et al.*, 2003; Martínez *et al.*, 2003; Martínez *et al.*, 2004; Julien *et al.*, 2002; Kumar *et al.*, 2005; Room, 1986a).

*Cyrtobagous singularis*, insecto herbívoro, ha sido utilizado para el control de especies de *Salvinia*, incluyendo a *S. molesta*, en los siguientes países y años: Australia (1976), Botswana (1971, 1976), Fiji (1976), Zambia (1971) (Cilliers *et al.*, 2003; Julien *et al.*, 2002).

*Paulinia acuminata*, insecto herbívoro, ha sido utilizado para el control de especies de *Salvinia*, incluyendo a *S. molesta*, en los siguientes países y años: Botswana (1971, 1975), Fiji (1975), India (1994), Kenya (1970), Sri Lanka (1973, 1978), Zambia (1970), Zimbabwe (1969, 1971) (Cilliers *et al.*, 2003; Julien *et al.*, 2002).

*Samea multiplicalis*, insecto herbívoro, ha sido utilizado para el control de especies de *Salvinia*, incluyendo a *S. molesta*, en los siguientes países y años: Australia (1981), Botswana (1972), Fiji (1976), Trinidad y Tobago (1970), Estados Unidos (1970), y Zambia (1970) (Cilliers *et al.*, 2003; Julien *et al.*, 2002).

**Hongos:** Recientemente, el hongo *Simplicillium lanosoniveum* se ha aislado de muestras de *S. molesta* con mancha de color marrón en Taiwán, pero este agente potencial para usarlo como control biológico falta aún explorarlo (Chen, 2008).

### **NORMATIVIDAD (INTERNACIONAL O NACIONAL EN CASO DE HABERLAS)**

Está Regulado por el Gobierno Federal de los Estados Unidos de Norteamérica, dentro del Programa de Malezas Nocivas de la USDA, APHIS y Protección vegetal y cuarentena. Está incluida en la Lista de Malezas Nocivas a nivel Federal, debido a que es ilegal en los Estados Unidos importarla y transportarla entre los Estados sin permiso previo (USDA, 2011). No existe normatividad en México.

También aparece como una maleza nociva en todos los Estados de Australia (Parsons y Cuthbertson, 1992), Tailandia (Chomchalow, 2011) y Europa (EPPO, 2014).



## ANÁLISIS DE RIESGO

Familia: Salviniaceae		Resultado: Especie de Alto Riesgo
Nombre científico: <i>Salvinia molesta</i> D. S. Mitch.		
Nombre común: “Lästiger Büschelfarn”, “Schwimmfarn” (Alemania); “azolla australiana” (Australia); “aquarium water moss”, “water fern” (Estados Unidos); “rikkakellussaniainen” (Finlandia), “fogere d’auu” (Francia); “drijfplantje” (Holanda); “african payal” (India); “kayambang” (Indonesia); “helecho de agua” (México); “water varing” (Sudáfrica); “Chawk hunu” (Tailandia).		Nombre: Jaime Raúl Bonilla Barbosa
<b>Historia y Biogeografía</b>		
1. Domesticación/Cultivo	A 1.1 Especie altamente domesticable? si la respuesta es no ir a la pregunta 2.1	SI
	<i>Salvinia molesta</i> tiene poca exigencia con respecto a las características fisicoquímicas del agua, que, aunque prefieran medios neutros, toleran pH entre 6 y 8. La dureza, escasa o media, puede oscilar, asimismo, entre amplios valores 6-25 DH. Necesita buena riqueza en materiales nutritivos y minerales, si bien, no prosperan en aguas eutrofizadas. La temperatura óptima se sitúa en valores medios entre 15 a 28 °C, y es preciso que reciba iluminación media-intensa, pero no excesiva, ya que ésta puede quemar la planta (Red Naturaleza, 2016).	
	C 1.2 Se ha convertido en una especie naturalizada donde crece?	SI
Se ha dispersado ampliamente en todo el mundo durante los últimos 50 años y puede localizarse en África, el subcontinente Indio, Asia Sur-Oriental, Australia, Nueva Zelanda, sur de Estados Unidos y algunas islas del Pacífico (Thomas y Room, 1986a).		
	C 1.3 En una maleza con variedades	SI
<i>Salvinia molesta</i> D. S. Mitchell es una de las cuatro especies que integran el complejo <i>Salvinia auriculata</i> (Mitchell y Thomas, 1972).		
2. Clima y distribución	2.1 Especie adaptada al clima de México (0- bajo, 1- medio, 2- alto)	2
	2.2 Calidad del clima en fecha de colecta (0- bajo, 1- medio, 2- alto)	0
	No se han definido con exactitud las condiciones climáticas en su colecta, pero van de tropicales y templados, con altitudes hasta de 1900 msnm.	

	C	2.3 Amplia adaptabilidad climática (versatilidad ambiental)	2
		De lo que se conoce por mi experiencia, es que las introducciones de esta especie han sido a diferentes ecosistemas acuáticos, que bajo condiciones climáticas son tropicales y templados, con altitudes hasta de 1900 msnm.	
	C	2.4 Nativa o naturalizada en regiones con periodos de sequias largos	NO
		No aplica	
		2.5 La especie tiene un historial de introducción repetido fuera de su área de distribución natural?	SI
		<i>Salvinia molesta</i> se ha extendido en muchos países por liberación intencional tal y como lo indican varios autores (McFarland <i>et al.</i> , 2004).	
	C	3.1 Naturalizada más allá del rango nativo	SI
		Se ha dispersado y naturalizado ampliamente en todo el mundo y puede localizarse en África, el subcontinente Indio, Asia Sur-Oriental, Australia, Nueva Zelanda, sur de Estados Unidos y algunas islas del Pacífico (Thomas y Room, 1986a).	
	E	3.2 Jardín/maleza de disturbio	NO
		No aplica	
3. Maleza de otro lugar	A	3.3 Maleza de agricultura/hortalizas/forestal	NO
		No aplica	
	E	3.4 Maleza ambiental	SI
		<i>Salvinia molesta</i> fácilmente coloniza hábitats perturbados incluyendo arrozales, canales de inundación, lagos artificiales e instalaciones eléctricas (Barrett, 1989).	
<b>Biología y Ecología</b>			
	A	4.1 Produce espinas, aguijones o nudos	NO
		No aplica	
4. Rasgos indeseables	C	4.2 Alelopática	NO
		No se conoce con esos efectos	



C 4.3 Parasita NO

No aplica

A 4.4 Desagradable para los animales de pastoreo NO

*Salvinia molesta* proporciona alimento para algunos peces (tilapias) y también proporciona sombra y refugio. La planta también es consumida por pollos, patos, gansos, cisnes, cerdos, ciervos, y como complemento alimenticio para el ganado (Holm *et al.*, 1977; Thomas y Room, 1986a; Oliver, 1993; Sumiati y Nurhaya, 2003; King *et al.*, 2004; Leterme *et al.*, 2009; Ma'rifah *et al.*, 2013).

C 4.5 Tóxico para los animales NO

No es tóxica, sin embargo, no es adecuado como fuente única de forraje debido al alto contenido de ceniza cruda y taninos que reducen la digestibilidad (Moozhiyil y Pallauf, 1986).

C 4.6 Huésped de plagas y patógenos reconocidos SI

Infestaciones de *S. molesta* contribuyen a problemas de salud humana. Matas densas de *S. molesta* permiten la proliferación importante de mosquitos de *Mansonia* spp. (Diptera: Culicidae) en la India, que han sido identificadas como vectores del Virus del Nilo Occidental, encefalitis de St. Louis, encefalitis equina venezolana y elefantiasis rural (Pancho y Soerjani, 1978; Chow *et al.*, 1955; Ramachandran, 1960; Lounibos *et al.*, 1990; Creagh, 1991/92). Dentro de los problemas de salud, para México, la proliferación de malezas acuáticas constituye al hábitat para el desarrollo de organismos vectores de enfermedades tales como mosquitos transmisores de dengue (*Aedes aegypti*), malaria (*Stephens malaria*) y filariasis (*Culex quinquefasciata* o caracoles transmisores de *Schistosoma* sp. (Martínez, 2003).

Alberga también especies de mosquitos que son responsables de la transmisión del paludismo y la fiebre del dengue en otras zonas (Creagh, 1991/92), así como la infestación de caracoles que transmiten la esquistosomiasis (Holm *et al.*, 1977).

C 4.7 Causa alergias o es tóxica para los humanos NO

*Salvinia molesta* no sólo es eficiente en la eliminación de nutrimentos del agua sino también en la eliminación de metales pesados, lo que es potencialmente importante considerar porque a través de la alimentación de organismos acuáticos como los peces o en su caso del ganado vacuno que

el ser humano utiliza para su consumo, podría afectar directa o indirectamente la salud (Shimada *et al.*, 1988; Prasad, 2010; Ashraf *et al.*, 2011; Sukumaran, 2013).

- |   |   |    |
|---|---|----|
| E | 4.8 Crea un riesgo de incendio en los ecosistemas naturales                 | NO |
|   | No aplica   |    |
| E | 4.9 Es una planta tolerante a la sombra en alguna etapa de su ciclo de vida | NO |
|   | No aplica   |    |
| E | 4.10 Crece en suelos infértiles   | NO |
|   | No aplica, porque es flotante   |    |
| E | 4.11 Es trepadora o asfixiante en su hábito de crecimiento                  | NO |
|   | No aplica   |    |
| E | 4.12 Forma densas matas   | SI |

Su mecanismo de propagación asexual o vegetativo le permite producir matas densas de *S. molesta* (Pancho y Soerjani, 1978; Chow *et al.*, 1955; Ramachandran, 1960; Lounibos *et al.*, 1990; Creagh, 1991/92).

## 5. Tipo de planta

- |   |  |    |
|---|--|----|
| E | 5.1 Acuática   | SI |
|   | Hidrófita libremente flotadora (Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2014). |    |
| C | 5.2 Césped   | NO |
|   | No aplica  |    |
| E | 5.3 Planta leñosa que fija nitrógeno                                 | NO |
|   | No aplica  |    |
| C | 5.4 Geófito  | NO |
|   | No aplica  |    |

## 6. Reproducción

- |   |  |    |
|---|--|----|
| C | 6.1 Evidencia de fracaso reproductivo en el hábitat natural  | NO |
|   | Aunque <i>S. molesta</i> es estéril, tiene rápida propagación vegetativa debido a su gran capacidad de fragmentación |    |





(Oliver, 1993).

C 6.2 Produce semillas viables NO

*Salvinia molesta* es un helecho híbrido pentaploide, estéril (Werner, 1988; Barrett, 1989).

C 6.3 Hibridiza naturalmente NO

*Salvinia molesta* es un helecho híbrido pentaploide, estéril (Werner, 1988; Barrett, 1989).

C 6.4 Auto-fecundación NO

No aplica

C 6.5 Requiere polinizadores específicos NO

No aplica

C 6.6 Reproducción por propagación vegetativa SI

*Salvinia molesta* tiene rápida propagación vegetativa debido a su gran capacidad de fragmentación (Oliver, 1993).

C 6.7 Tiempo de fecundación mínimo (años) NO

*Salvinia molesta* es estéril (Oliver, 1993).

A 7.1 Propágulos dispersados involuntariamente SI

*Salvinia molesta* ha sido una especie de plantas acuáticas que se ha extendido en diversos ecosistemas acuáticos accidentalmente por medio de escape de áreas de propagación, inundaciones causadas por desastres naturales como lluvias extremas, adherirse a botes o lanchas, equipo de pesca, entre muchos otros (McFarland *et al.*, 2004).

7. Mecanismos de dispersión

C 7.2 Propágulos dispersados intencionalmente por el ser humano SI

La dispersión entre ecosistemas acuáticos se considera ha sido principalmente por el ser humano debido a que lo hacen de manera accidental o intencional (como plantas ornamentales), particularmente en la acuicultura, el acuarismo de peces (Gewertz, 1983; Parsons y Cuthbertson, 1992) y para jardines acuáticos (Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2014). El incremento de su introducción y transporte en el comercio internacional aumentará la distribución de *S. molesta* en todo el mundo.



8. Persistencia

- A 7.3 Propágulos dispersados como un producto de la contaminación SI  
No aplica
- C 7.4 Propágulos dispersados por el viento NO  
No aplica
- E 7.5 Propágulos dispersados por medios acuáticos SI  
La dispersión de *Salvinia molesta* ha sido a causa de la hidrodinámica de las corrientes de agua, en donde pequeños trozos de la planta han sido dispersados a distancias cortas o largas (Westbrooks y Eplee, 1989; Palacios-Ríos y Cortés, 1990; Palacios-Ríos y Rico-Gray, 1992; Mora-Olivo y Yatskievych, 2009. Riefner y Smith, 2009; Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2013).
- E 7.6 Propágulos dispersados por las aves SI  
*Salvinia molesta* es dispersada por animales (aves) los que han sido documentados como vectores de dispersión (Room y Julien, 1995; Forno y Smith, 1999).
- C 7.7 Propágulos dispersados por otros animales (externamente) SI  
En México (*Myocastor coypus* Molina, 1782) conocida comúnmente como “nutria”, que habita en los ríos y lagos de México, en particular en el estado de Tamaulipas dispersa a *Salvinia molesta* (CONABIO, 2006).
- C 7.8 Propágulos dispersados por otros animales (internamente) NO  
No se conoce
- 
- C 8.1 Producción prolífica de semillas NO  
No produce semillas. *Salvinia molesta* es un helecho híbrido pentaploide, estéril, que forma sacos que contienen esporas abortivas debido a anomalías durante la meiosis. Debido a que las esporas y los megagametofitos que se producen son de duración corta, la reproducción es exclusivamente vegetativa (Mitchell, 1972).
- A 8.2 Evidencia de que se forma un banco persistente de propágulos (> 1 año) SI  
No se ha documentado, pero si se clona muy rápidamente.



A 8.3 Bien controlada por herbicidas SI

En varios países el uso del control químico sobre *S. molesta* ha sido efectivo usando aplicaciones de diquat, endotal, paraquat, fluoridona, hexazinona, ametrina, glifosato mezclado con un surfactante no iónico, 2, 4-D + parafina + calcio dodecibenceno sulfonato de sodio, hexazinone + surfactante, linurón, diurón, terbutrina (Kam-Wing y Furtado, 1977; Mitchell, 1979; Toth y Champion, 1979; Miller y Pickering, 1980; Waithaka, 1980; Julian, 1984; Westbrooks, 1984; Wells *et al.*, 1986; Miller y Pickering, 1988; Vermeulen *et al.*, 1996; Nelson *et al.*, 2001).

C 8.4 Tolera o se beneficia por mutilación, cultivo o fuego NO

No aplica

E 8.5 Enemigos naturales eficaces presentes en México SI

*Cyrtobagous salviniae*, insecto herbívoro, ha sido utilizado para el control de especies de *Salvinia*, incluyendo a *S. molesta*, resaltando entre ellos nuestro país: México (2004) ((Martínez *et al.*, 2003; Martínez *et al.*, 2004).

NOTA: A= Agricultura, E= Ambiental, C= Combinada



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## LITERATURA CITADA

- Abbasi, S. A. & Nipanay, P. C.** 1984. Biogas production from water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) Mart. Solms alone and in combination with African payal (*Salvinia molesta*) Mitchell. In: Thyagarajan, G. (Ed.). *Proceedings of the international conference on water hyacinth*. Hyderabad, India. United Nations Environment Programme. 550-558.
- Abbasi, S. A., Nipanay, P. C. & Schaumberg, G. D.** 1990. Bioenergy potential of eight common aquatic weeds. *Biological Wastes*. 34(4): 359-366.
- Anderson, L. W. J.** 2005. California's reaction to *Caulerpa taxifolia*: a model for invasive species rapid response. *Biological Invasions*. 7(6): 1003-1016.
- Anónimo.** 1981. Additions to the Federal Noxious Weed List. 7CFR Part 360. Federal Noxious Weed Act. United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, Riverdale, Maryland, USA. Federal Register, 46: 48688-48692.
- Bhattacharjee, A.** 2014. Another exotic weed invading corbett landscape. *Indian Forester*. 140(8): 822. <http://indianforester.co.in>.
- Anushree-Bhattacharjee, E.** 2014. Another exotic weed invading corbett landscape. *Indian Forester*. 140(8): 822. <http://indianforester.co.in>.
- Ashraf, M. A., Maah, M. J. & Yusoff, I.** 2011. Heavy metals accumulation in plants growing in ex tin mining catchment. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 8(2): 401-416.
- Ashton, P. & Mitchell, D.** 1989. Aquatic plants: pattern and modes of invasions, attributes of invading species and assessment of control programmes. In: **Drake, J. A., Mooney, H. A., di Castri, F., Groves, R. H., Kruger, F. J., Rejmanek, M. & Williamson, M.** (Eds.). *Biological Invasions: A Global Perspective*. New York, USA. 111-154 p.
- Azmi, M.** 1988. Weed competition in rice production. In: *Proceedings of the National Seminar and Workshop on Rice Field Weed Management*. Kepala Batas, Seberang Prai, Malaysia. 141-152 p.
- Baki, B., Lim, G., Sastroutmo, S., Yusof, O., Ridzuan, I. & Jullen, M.** 1990. Biological control of *Salvinia molesta* Mitchell with *Cyrtobagous salviniae* Calder and Sands. Malaysian experience. European Weed Research Society. International. Symposium. Aquatic. 23 p.
- Bangun, P.** 1988. The role of *Salvinia molesta* to control weeds in lowland rice. *Weedwatcher*. 7: 6-7.
- Barrett, S.** 1989. Waterweed invasions. *Scientific American*. 261(4): 90-97.
- Beilstein Journal of Nanotechnology.** 2014. Measuring air layer volumes retained by submerged floating-ferns *Salvinia* and biomimetic superhydrophobic surfaces. <http://www.beilstein-journals.org/bjnano/single/articleFullText.htm?publicId=2190-4286-5-93>.
- Berthe, A. & Kone, B.** 2008. Wetland and Sanitation-A View from Africa. In: **Ounsted, M. & Madgwick, J.** (Eds.). *Healthy Wetlands, Healthy People: Report of the Shaoxing City, Symposium*.
- Biber, P.** 2008. Determining salinity-tolerance of giant salvinia using chlorophyll fluorescence. *Gulf and Caribbean Research*. 21: 1-6.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



PN  
UD  
Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Blanco, A.** 2005. Amoniaco en el acuario. <https://peces-tropicales.idoneos.com/generalidades/amoniaco/>.
- Calder, A. A. & Sands, D. P. A.** 1985. A new Brazilian *Cyrtobagous bustache* (Coleoptera: Curculionidae) introduced into Australia to control salvinia. *Journal of the Australian Entomological Society*. 24(1): 57-64.
- Cary, P. R. & Weerts, P. G. J.** 1983. Growth of *Salvinia molesta* as affected by water temperature and nutrition I. Effects of nitrogen level and nitrogen compounds. *Aquatic Botany*. 16(2): 163-172.
- Chawla, G., Misra, V., Viswanathan, P. N. & Devi, S.** 1989. Toxicity of linear alkyl benzene sulphonate on some aquatic plants. *Water, Air, and Soil Pollution*. 43(1-2): 41-51.
- Chen, R. S., Huang, C. C., Li, J. C. & Tsay, J. G.** 2008. First report of *Simplicillium lanosoniveum* causing brown spot on *Salvinia auriculata* and *S. molesta* in Taiwan. *Plant Disease*. 92(11): 1589.
- Chikwenhere, G. P. & Keswani, C. L.** 1997. Economics of biological control of Kariba weed (*Salvinia molesta* Mitchell) at Tengwe in north-western Zimbabwe -a case study. *International Journal of Pest Management*. 43(2): 109-112.
- Chilton, E., Dugas, C., Fowler, L., Grodowitz, M., Hyde, J., Jacono, C., Nash, G., Smart, M., Stewart, M. & Tatum, J.** 1999. *Salvinia molesta*. Status Report and Action Plan, Prepared by the *Salvinia* task force Action Plan Subcommittee.
- Chomchalow, N.** 2011. Giant salvinia-an invasive alien aquatic plant in Thailand. *AU Journal of Technology*. 15(2): 77-82.
- Chow, C. Y., Thevasagayam, E. S. & Wambeek, E. G.** 1955. Control of *Salvinia*-a Host Plant of *Mansonia* Mosquitos. *Bulletin of the World Health Organization*. 12(3): 365-369.
- Cilliers, C. J.** 1991. Biological control of water fern, *Salvinia molesta* (Salviniaceae), in South Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 37(1-3): 219-224.
- Cilliers, C. J., Hill, M. P., Ogwang, J. A. & Ajuonu, O.** 2003. Aquatic weeds in Africa and their control. In: **Neuenschwander, P., Borgemeister, C. & Langewald, J.** (Eds.). *Biological Control in IPM Systems in Africa*. Wallingford, UK: CAB International. 161-178 p.
- Coates, D.** 1982. *Salvinia* -possible biological effects on fish in Papua New Guinea? *Aquatics*. 4(3): 2.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).** 2006. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: Prioridades en México. CONABIO, Aridamérica, GECI, TNC. México, Ciudad de México. 41 p.
- Considine, M. L.** 1984/1985. Weevils take on the water weeds. *Ecos*. 42: 16-21.
- Cook, C.** 1976. *Salvinia* in Kerala, S. India and its control. In: **Varshney, C. K. & Rzoska, J.** (Eds.) *Aquatic Weeds in Southeast Asia*. The Hague, Netherlands: W. Junk, 241-243 p.
- Creagh, G.** 1991/1992. A marauding weed in check. *Ecos*. 70: 26-29.
- de la Sota, E. R.** 1995. New synonyms in *Salvinia* Seg. (Salviniaceae- Pteridophyta). (Nuevos sinónimos en *Salvinia* Seg. (Salviniaceae- Pteridophyta). *Darwiniana*. 33: 309-313.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- de Wet, C.** 1993. The control of floating water weeds in the SARCCUS region. In: *Proceeding, Workshop*, Harare, Zimbabwe, 24-27 June 1991. Agriculture Programme Series No. CSC (93) AGR-18, Integrated Pest Mgt. Proc. Series 295.
- Dias, G.** 1967. Eradication of water weed (*Salvinia auriculata*) in Ceylon. *World Crops*. 19: 64-68.
- Diop, O. & Hill, M. P.** 2009. Quantitative post-release evaluation of biological control of floating fern, *Salvinia molesta* D.S. Mitchell (Salviniaceae), with *Cyrtobagous salviniae* Calder and Sands (Coleoptera: Curculionidae) on the Senegal River and Senegal River Delta. *African Entomology*. 17(1): 64-70.
- Ebay.** 2016. *Salvinia molesta*. [http://www.ebay.es/sch/i.html?\\_sop=10&\\_nkw=salvinia](http://www.ebay.es/sch/i.html?_sop=10&_nkw=salvinia).
- Ecology & Evolutionary Biology.** 2016. Biodiversity Education & Research Greenhouses. <http://florawww.eeb.uconn.edu/198501202.html>.
- Eco Agricultor.** 2014. Efectos de los metales pesados en la salud y como eliminarlos. <http://www.ecoagricultor.com/los-efectos-de-los-metales-pesados-en-la-salud-y-como-eliminarlos/>.
- European Plant Protection Organization (EPPO).** 2013. EPPO Reporting service, 2. Paris, France: EPPO, 24 p.
- European Plant Protection Organization (EPPO).** 2014. PQR database. Paris, France: European and Mediterranean Plant Protection Organization. <http://www.eppo.int/DATABASES/pqr/pqr.htm>.
- Fairchild, J. F., Allert, A. L., Riddle, J. S. & Gladwin, D. R.** 2002. Efficacy of glyphosate and five surfactants for controlling giant salvinia. *Journal of Aquatic Plant Management*. 40: 53-58.
- Farrell, T.** 1978. The spread and control of *Salvinia molesta* in Lake Moodarra, Mount Isa, Queensland. In: *Proceedings of the First Conference of the Council of Australian Weed Science Societies held at National Science Centre*, Parkville, Victoria, Australia. pp. 179-187.
- Flores, D. & Carlson, J. W.** 2006. Biological control of giant *Salvinia* in East Texas waterways and the impact on dissolved oxygen levels. *Journal of Aquatic Plant Management*. 44: 115-121.
- Forno, I. W.** 1983. Native distribution of the *Salvinia auriculata* complex and keys to species identification. *Aquatic Botany*. 17(1): 71-83.
- Forno, I. W. & Bourne, A. S.** 1986. Temperature-related effects of three insects on growth of *Salvinia molesta* in Brazil. *Entomophaga*. 31(1): 19-26.
- Forno, I. W. & Harley, K. L. S.** 1979. The occurrence of *Salvinia molesta* in Brazil. *Aquatic Botany*. 6(2): 185-187.
- Forno, I. W. & Smith, P. A.** 1999. Management of the alien weed, *Salvinia molesta*, in the wetlands of the Okavango, Botswana. In: **Streever, W.** (Ed.). An international perspective on wetland rehabilitation. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 159-166.
- Fowler, S. V. & Holden, A. N. G.** 1994. Classical biological control for exotic invasive weeds in riparian and aquatic habitats-practice and prospects. Ecology and management of invasive riverside plants. California USA. pp. 173-182.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Garbari, F., Giovannini, A. & Marchetti, D.** 2000. *Salvinia molesta* D. Mitchell (Salviniaceae) new for the Flora of Italy. *Archivio Geobotanico*. 6(1): 73-78.
- Garcia, R.** 2008. The risk of introducing exotic plants. (Du danger d'introduire des plantes exotiques.) *Courrier international*. 969: 57-58.
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF).** 2010. Global Biodiversity Information Facility. <http://www.gbif.org/species>.
- Gewertz, D. B.** 1983. *Salvinia molesta*: the destruction of an ecosystem, pp. 196-217. In: **Gewertz, D. B.** (Ed.). Sepik river societies: a historical ethnography of the Chambri and their Neighbors. Yale University Press, New Haven, Connecticut, USA.
- Giardini, M.** 2003. Notes on the biology, ecology and control of *Salvinia molesta* D. S. Mitchell (Salviniaceae), an invasive species new to Lazio. (Note sulla biologia, l'ecologia e le modalita' di controllo di *Salvinia molesta* D.S. Mitchell (Salviniaceae), specie infestante nuova per il lazio.) *Rivista di Idrobiologia*. 42(1-3): 263-282.
- Giardini, M., Buccomino, G., Buonfiglio, V., Vecchio, M. & Vinci, M.** 2012. La *Salvinia* estocia del Pozzo del Meero. Sant'Angelo Romano (Monti Cornicolani, Roma). In: **Giardini, M.** (Ed.). Un territorio ricco di storia e di natura. Comune di Sant'Angelo Romano, Regione Lazio. Italy. 294-301.
- Gopal, B.** 1988. Wetlands: management and conservation in India. *Water Qual Bull.* 13: 3-6, 29.
- Greathead, A. & deGroot, P.** 1993. Control of Africa's floating water weeds. In: *Proceedings of a Workshop*, Held in Zimbabwe, Greathead, A. & de Groot P. (Eds.). June 1991. Commonwealth Science Council, CAB International, Wallingford, UK. 187: 13-20.
- Gunn, C. & Ritchie, C.** 1982. Report of the Technical Committee to Evaluate Noxious Weeds; Exotic Weeds for Federal Noxious Weeds Act. U.S. Department of Agriculture. An. Plt. Hlth. Serv., Plt. Prot. and Quar. Riverdale, MD, USA.
- Holm, L. G., Pancho, J. V., Herberger, J. P. & Plucknett, D. L.** 1979. A Geographical Atlas of World Weeds. Wiley Interscience, J. Wiley & Sons. New York, USA. 391 p.
- Holm, L. G., Plucknett, D. L., Pancho, J. V. & Herberger, J. P.** 1977. The World's Worst Weeds: Distribution and Biology. An East-West Center Book. University of Hawaii Press, Honolulu, Hawaii, USA. 609 p.
- Hussner, A.** 2012. Alien aquatic plant species in European countries. *European Weed Research Society*. 52(4): 297-306.
- Imran, M., Khatoon, S., Zaidi, S., Ali, Q. M. & Ghulam, A.** 2013. Alien and invasive plant species of the Indus Delta. *International Journal of Biology and Biotechnology*. 10(3): 371-382.
- Invasive Species Specialist Group (ISSG).** 2007. Global Invasive Species Database (GISD). Invasive Species Specialist Group of the IUCN Species Survival Commission. <http://www.issg.org/database>.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Invasive Species Specialist Group (ISSG).** 2013. Global Invasive Species Database (GISD). Invasive Species Specialist Group of the IUCN Species Survival Commission. <http://www.issg.org/database/welcome/>.
- IPPC-Secretariat.** 2005. Identification of risks and management of invasive alien species using the IPPC framework. In: *Proceedings of the workshop on invasive alien species and the International Plant Protection Convention*, Braunschweig, Germany, September 2003. 301 p.
- Jayanth, K. P. & Singh, S. P.** 1993. Biological control of aquatic weeds. *Indian Farming*. 42(11): 25-30.
- Jenkins, M. & Lewis, M.** 2012. Fact sheet. Invasive Plant Alert: *Salvinia molesta*. National Capital Region Exotic Plant Management Team. US Department of the Interior. Washington DC, USA.
- Jiménez, M. M., Martínez, G. T. & González, A. F.** 2004. (Introducción y cuarentena en México de *Cyrtobagous salviniae* (Coleoptera: Curculionidae) para el control biológico de *Salvinia molesta*). In: **Pedrero, G. M., Valenzuela, J. A. D., Díaz, G. M., Ruiz, R. & Wimauma, A. O.** (Eds.). *Memoria XVI Congreso Latinoamericano de Malezas y XXIV Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de la Ciencia de la Maleza*, Manzanillo, Colima, México, del 10 al 12 de Noviembre de 2003. Asociación Latinoamericana de Malezas, USA. 486-488.
- Julian, A. C.** 1984. Control of water hyacinth and water lettuce by the use of new formulations and application ideas. In: *Proceedings of the international conference on water hyacinth*. Hyderabad, India. 7-11 February, 1983. 887-898.
- Julien, M. H. & Bourne, A. S.** 1988. Effects of leaf-feeding by larvae of the moth *Samea multiplicalis* Guen. (Lep. Pyralidae) on the floating weed *Salvinia molesta*. *Journal of Applied Entomology*. 106(5): 518-526.
- Julien, M. H., Center, T. D. & Tipping, P. W.** 2002. Floating Fern (*Salvinia*). In: **Driesche, Van R.** (Ed.). *Biological control of invasive plants in the Eastern United States*. USDA Forest Service. P. 413.
- Kam-Wing, L. & Furtado, J.** 1977. The chemical control of *Salvinia molesta* Mitchell and some related toxicological studies. *Hydrobiología*. 56: 49-61.
- Kaul, R. B.** 1976. Anatomical observations on floating leaves. *Aquatic Botany*. 2: 215-234.
- King, C., McIntosh, D. & Fitzsimmons, K.** 2004. Giant salvinia (*Salvinia molesta*) as a partial feed for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: **Bolivar, R. B., Mair, G. C. & Fitzsimmons, K.** (Eds.). *New dimensions on farmed tilapia. Proceedings, 6th International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Manila, Philippines, September, 2004. Corvallis, USA: AQUAFISH Collaborative Research Support Program. 750-754.
- Kumar, P. S. Ramani, S. M. & Singh, S. P.** 2005. Natural suppression of the aquatic weed, *Salvinia molesta* S. Mitchell, by two previously unreported fungal pathogens. *Journal of Aquatic Plant Management*. 43: 105-107.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Leterme, P., Londoño, A. M., Muñoz, J. E., Suárez, J., Bedoya, C. A., Souffrant, W. B. & Buldgen, A.** 2009. Nutritional value of aquatic ferns (*Azolla filiculoides* Lam. and *Salvinia molesta* Mitchell) in pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 149(1/2): 135-148.
- Li, S., Wang, P., Deng, G., Yuan, W. & Su, Z.** 2013. Cytotoxic compounds from invasive giant salvinia (*Salvinia molesta*) against human tumor cells. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. 23: 24
- Libro Electrónico.** 2010. Metales tóxicos. Ciencias de la tierra y el medio ambiente. <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/09ProdQui/120MetTox.htm#POBLACION>.
- Lounibos, L. P., Larson, V. L. & Morris, C. D.** 1990. Parity, fecundity and body size of *Mansonia dyari* in Florida. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 6(1): 121-126.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. & De Poorter, M.** 2004. 100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database. Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), un grupo especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). Aliens No. 12. 12 p.
- Ma'rifa, B., Atmomarsono, U. & Suthama, N.** 2013. Nitrogen retention and productive performance of crossbred native chicken due to feeding effect of kayambang (*Salvinia molesta*). *International Journal of Science and Engineering*. 5(1):19-24.
- Marshall, B. E.** 1993. Floating water-weeds in Zimbabwe, with special reference to the problem of water hyacinth in Lake Chivero. Control of Africa's floating water weeds. *In: Proceedings of a workshop held in Harare, Zimbabwe, on 24-27 June 1991*. Agriculture Programme series No. CSC (93) AGR-18, Integrated Pest Management Proceedings series (295): 23-29.
- Martínez, J. M.** 2003. Prevention and control of *Salvinia molesta* in México. *Proceeding of the Giant Salvinia task force steering committee meeting*. Blythe, California, 24 June.
- Martínez, J. M.** 2016. Monitoreo de las plantas acuáticas exóticas invasoras en cuerpos de aguas seleccionados en México. Primer Reporte trimestral 2016 de las actividades presentado a la CONABIO y a PNUD en el marco del proyecto GEF "Aumentar las Capacidades de México para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI", IMTA, Morelos, México.
- Martínez, J. M., Saldaña, F. P. & Gutiérrez, L. E.** 2003. Control de malezas acuáticas en México. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 123-127.
- McFarland, N., Grodowitz, M. J., Smart, R. M. & Owens, C. S.** 2004. Final Report. Vicksburg, Mississippi: US Army Corps of Engineers-Engineer Research and Development Center. *Salvinia molesta* D. Mitchell (Giant Salvinia) in the United States: A review of species ecology and approaches to management. 35 p.
- Mercado libre.** 2016. [http://listado.mercadolibre.com.mx/helechos-acuaticos#D\[A:helechos-acuaticos,L:1\]](http://listado.mercadolibre.com.mx/helechos-acuaticos#D[A:helechos-acuaticos,L:1]).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Miller, I. L. & Pickering, S. E.** 1980. *Salvinia*, a noxious weed. Dept. Primary Produc. Div. Ag. Stock, N.T., Australia. Agnate Ref. No. 80/35.
- Miller, I. L. & Pickering, S. E.** 1988. Eradication of salvinia (*Salvinia molesta*) from the Adelaide River, Northern Territory. *Plant Protection Quarterly*. 3(2): 69-73.
- Mitchell, D.** 1972. The Kariba weed: *Salvinia molesta*. *British Fern Gazette*. 10: 251-252.
- Mitchell, D. & Tur, N.** 1975. The rate of growth of *Salvinia molesta* (*S. auriculata* act.) in laboratory and natural conditions. *J. Appl. Ecol.* 12: 213-225.
- Mitchell, D. S.** 1979. The incidence and management of *Salvinia molesta* in Papua New Guinea. The incidence and management of *Salvinia molesta* in Papua New Guinea. 62 p.
- Mitchell, D. S. & Rose, D. J. W.** 1979. Factors affecting fluctuations in extent of *Salvinia molesta* on Lake Kariba. *PANS*. 25(2): 171-177.
- Mitchell, D. S. & Thomas, P. A.** 1972. Ecology of water weeds in the neotropics. An ecological survey of the aquatic weeds *Eichhornia crassipes* and *Salvinia* species, and their natural enemies in the neotropics. *Technical papers in hydrology* No. 12. UNESCO. Paris, France. 50 p.
- Moozhiyil, M. & Pallauf, J.** 1986. Chemical composition of the water fern, *Salvinia molesta*, and its potential as feed source for ruminants. *Economic Botany*. 40(3): 375-383.
- Moran, R. & Smith, A. R.** 1999. *Salvinia adnata* Desv. and *S. molesta* D. Mitch. *American Fern Journal*. 89: 268-269.
- Mora-Olivo, A. & Yatskievych, G.** 2009. Shorter notes. *Salvinia molesta* in México. *American Fern Journal*. 99(1): 56-58.
- Murphy, K. J.** 1988. Aquatic weed problems and their management: a review. II. Physical control measures. *Crop Protection*. 7: 283-302.
- National Institute for Environmental Studies (NIES).** 2013. *Salvinia molesta*. Invasive Species of Japan. Fecha de actualización: 21 de mayo de 2013. <http://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/DB/detail/81170e.html>.
- Navie, S.** 2016. *Salvinia molesta*. University of Florida/IFAS Center for Aquatic and Invasive Plants; [http://idtools.org/id/aquariumplants/Aquarium\\_&\\_Pond\\_Plants\\_of\\_the\\_World/key/Aquarium\\_&\\_Pond\\_Plants/Media/Html/Fact\\_sheets/salvinia.html](http://idtools.org/id/aquariumplants/Aquarium_&_Pond_Plants_of_the_World/key/Aquarium_&_Pond_Plants/Media/Html/Fact_sheets/salvinia.html).
- Nelson, B.** 1984. *Salvinia molesta* Mitchell: Does it threaten Florida? *Aquatics*. 6(3): 6, 8.
- Nelson, L. S., Skogerboe, J. G. & Getsinger, K. D.** 2001. Herbicide evaluation against giant salvinia. *Journal of Aquatic Plant Management*. 39: 48-53.
- Nguyen-van V.** 1976. *Salvinia* spp. in Java. *Weeds in Indonesia*. 5(1-2): 49-51.
- Njuguna, S. & Thital, G.** 1993. The control of floating water weed infestations in Kenya. *Integrated Pest Mgt. Proc. Series*. 295: 59-65.
- Oliver, J.** 1993. A review of the biology of giant salvinia (*Salvinia molesta* Mitchell). Faculty Publications and Presentations. Paper 87. *Journal of Aquatic Plant Management*. 31: 227-231.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Owens, C., Smart, R. M. & Dick, G. O. 2004. Regeneration of Giant *Salvinia* from Apical and Axillary Buds following Desiccation or Physical Damage. *Journal of Aquatic Plant Management*. 42: 117-119.
- Pablico, P. P., Estorninos, L. E. Jr., Castin, E. M. & Moody, K. 1989. The occurrence and spread of *Salvinia molesta* in the Philippines. *FAO Plant Protection Bulletin*. 37(3): 104-109.
- Palacios-Ríos, M. & Rico-Gray, V. 1992. Salviniaceae. In: Sosa, V. (Ed.). Flora de Veracruz. 71: 1-8.
- Palacios-Ríos, M. & Cortés, G. 1990. New Pteridophyte records for the state of Quintana Roo, Mexico. *Brittonia*. 42(3): 241-243.
- Pallewatta, N., Reaser, J. K. & Gutierrez, A. T. 2003. Invasive alien species in South-Southeast Asia: national reports and directory of resources In: Pallewatta, N., Reaser, J. K. & Gutierrez, A. T. (Eds.). Cape Town, South Africa: Global Invasive Species Programme. 111 p.
- Pancho, J. V. & Soerjani, M. 1978. Aquatic weeds of Southeast Asia. A systematic account of common Southeast Asian aquatic weeds. Aquatic weeds of Southeast Asia. A systematic account of common Southeast Asian aquatic weeds. 130 p.
- Paradis, G. & Miniconi, R. 2011. A new invasive aquatic species discovered in Corsica, south of the Gulf of Ajaccio: *Salvinia molesta* D. Mitch. (Salviniaceae, Pteridophyta). *Le Journal de Botanique de la Societe Botanique de France*. 54: 45-48.
- Parsons, W. T. & Cuthbertson, E. G. 1992. Noxious Weeds of Australia. Inkata Press. Melbourne, Australia. 692 p.
- Peck, J. H. 2011. New and noteworthy additions to the Arkansas fern flora. *Phytoneuron*. 30: 1-33.
- Prasad, M. N. V. 2010. Exploring the potential of wetland plants for cleanup of hazardous waste. *Journal of Basic and Applied Biology*. 4(3): 18-28.
- Ramachandran, C. P. 1960. The culture of *Mansonia* using an aquatic plant-*Salvinia*. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 54: 6-7.
- Ramey, V. 1990. Florida's Prohibited Aquatic plants. Gainesville, Florida, USA: Florida Department of Natural Resources by authority of Florida State Status 369.25. Tallahassee and Institute of Food and Agricultural Science. Center for Aquatic Plants, Univ. of Florida.
- Red Naturaleza. 2016. *Salvinia molesta* en acuarios. <http://rednaturaleza.com/peces/plantas-de-acuario-salvinia>.
- Reed, C. 1977. Economically important foreign weeds. Potential problems in the United States. U.S. Department of Agriculture. *Agri. Handbook*. 498.
- Riefner, Jr. R. E. & Smith, A. R. 2009. *Salvinia minima* and *S. oblongifolia* (Salviniaceae) new to California, with notes on the *S. auriculata* complex. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*. 3(2): 855-866.
- Room, P. 1986a. Biological control is solving the world's *Salvinia molesta* problems. *Proc. Eur. Weed Res. Soc. Intl. Symp. Aquat. Weeds*. 7: 271-276.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Room, P.** 1986b. *Salvinia molesta* -a floating weeds and its biological control. In: **Kitching, R. L.** (Ed.). The ecology of exotic animals and plants. John Wiley & Sons. Milton, Australia. pp. 165-186.
- Room, P. M., Gunatilaka, G. A., Shivanathan, P., & Fernando, I. V. S.** 1989. Control of *Salvinia molesta* in Sri Lanka by *Cyrtobagous salviniae*. In: **Delfosse, E. S.** (Ed.). *Proceedings, 7th international symposium on biological control of weeds.* 6-11 de march 1988, Rome, Italy. 285-290.
- Room, P. H. & Fernando, I. V. S.** 1992. Weed invasions countered by biological control: *Salvinia molesta* and *Eichhornia crassipes* in Sri Lanka. *Aquatic Botany.* 42(2): 99-107.
- Room, P. M. & Julien, M. H.** 1995. *Salvinia molesta*. D.S. Mitchell. In: **Groves, R. H., Shepherd, R. C. H. & Richardson, R. G.** (Eds.). The Biology of Australian Weeds. Melbourne, Australia. pp. 217-230.
- Sale, P. J. M., Orr, P. T., Shell, G. S. & Erskine, D. J. C.** 1985. Photosynthesis and growth rates in *Salvinia molesta* and *Eichhornia crassipes*. *Journal of Applied Ecology.* 22(1): 125-137.
- Sands, D. P. A. & Kassulke, R. C.** 1986. Assessment of *Paulinia acuminata* (Orthoptera: Acrididae) for the biological control of *Salvinia molesta* in Australia. *Entomophaga.* 31(1): 11-17.
- Sankaranarayanan, M., Thomas, K. & Hajikal, M.** 1985. *Salvinia* harvesting machine-a mechanical device to control African payal. In: *Proc. of the Silver Jubilee Convention of the Indian Society of Agricultural Engineers*, October, 1985, Bhopal, India. 1: 72-75.
- Schooler, S. S., Salau, B., Julien, M. H. & Ives, A. R.** 2011. Alternative stable states explain unpredictable biological control of *Salvinia molesta* in Kakadu. *Nature* (London). 470(7332): 86-89.
- Sculthorpe, C. D.** 1967. The Biology of Aquatic Vascular Plants. Edward Arnold Publications Limited. London, UK.
- Shimada, N., Yajima, S. & Watanabe, Y.** 1988. Improvement of water quality using *Salvinia molesta*. Absorption of nitrogen and phosphorus by *Salvinia molesta*. *Technical Bulletin, Faculty of Horticulture, Chiba University.* 41: 15-21.
- Smith, P.** 1993. Control of floating water weeds in Botswana. Control of Africa's floating water weeds. In: *Proceedings of a workshop held in Harare, Zimbabwe, June 1991.* Agriculture Programme series No. CSC (93) AGR-18. *Integrated Pest Management Proceedings series.* (295): 31-39.
- Stone, L.** 2011. Theoretical ecology: Waltz of the weevil. *Nature.* 470: 47-49.
- Sukumaran, D.** 2013. Phytoremediation of heavy metals from industrial effluent using constructed wetland technology. *Applied Ecology and Environmental Services.* 1(5): 92-97.
- Sumiati, B. & Nurhaya, A.** 2003. Digestibility of dry matter, crude fiber, cellulose, and hemicelluloses of kayambang (*Salvinia molesta*) in local duck. *Journal of Indonesian Tropical Animal Agriculture.* Special Edition. pp. 204-209.
- Tarras-Wahlberg, N.** 1986. Observations on *Salvinia* and its environment at Lake Naivasha (Kenya). *Journal of the East Africa Natural History Society and National Museum.* 76(189): 1-8.
- Taylor, A.** 1993. Floating water weeds in East Africa, with a case study in northern Lake Victoria. with a case study in northern Lake Victoria. In: **Greathead, A. & de Groot, P.** (Ed.). Control of



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Africa's water weeds: Series Number CSC (93) AGR-18. *Proceedings of a workshop held in Harare, Zimbabwe*, June, 1991. 295: 111-119.
- Tewari, S. & Johnson, S. J.** 2011. Impact of two herbivores, *Samea multiplicalis* (Lepidoptera: Crambidae) and *Cyrtobagous salviniae* (Coleoptera: Curculionidae), on *Salvinia minima* in south Louisiana. *Journal of Aquatic Plant Management*. 49: 36-43.
- Thomas, K.** 1976. Observations on the aquatic vegetation of Trivandrum, Kerala. In: **Varshney, C. K. & Rzoska, J.** (Eds.). *Aquatic Weeds in Southeast Asia*. The Hague, Netherlands. W. Junk. pp. 99-102.
- Thomas, K. & Room, P.** 1986b. Successful control of the floating weed *Salvinia molesta* in Papua New Guinea: a useful biological invasion neutralizes a disastrous one. *Env. Conserv.* 13: 242-248.
- Thomas, K. J.** 1990. Development of a simple machine for *Salvinia* harvesting -a menacing aquatic weed. In: *Proceedings of the international agricultural engineering conference and exhibition*, Bangkok, Thailand, 3-6 December 1990. 147-151.
- Thomas, P. A. & Room, P. M.** 1986a. Taxonomy and control of *Salvinia molesta*. *Nature*, UK. 320(6063): 581-584.
- Tipping, P. W. & Center, T. D.** 2005. Influence of plant size and species on preference of *Cyrtobagous salviniae* adults from two populations. *Biological Control*. 32(2): 263-268.
- Tipping, P. W., Martin, M. R., Bauer, L., Pokorny, E. & Center, T. D.** 2010. Asymmetric impacts of two herbivore ecotypes on similar host plants. *Ecological Entomology*. 35(4): 469-476.
- Toth, J., Champion, J. G.** 1979. Hexazinone for aquatic weed control. In: *Proceedings of the 7th Asian-Pacific Weed Science Society Conference*. November 1979, Sydney, Australia. 245-248.
- Trevisan-Pistori, R. E., Henry-Silva, G. G., Vicente, B. J. F. & Monteiro C. A. F.** 2010. Influence of aquaculture effluents on the growth of *Salvinia molesta*. *Acta Limnológica Brasiliensia*. 22(2): 179-186.
- United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service (USDA).** 2011. *Salvinia molesta* D. S. Mitch., Draft Federal Noxious Weed List Fact Sheet.
- Van Oosterhout, E.** 2006. Management and control options for salvinia (*Salvinia molesta*) in Australia. *Weeds of National Significance*. Australia. 80 p.
- Vázquez, M. G.** 1991. Influencia de la estructura de la vegetación sobre las poblaciones larvarias de *Anopheles albimanus* Wiedmemann (Diptera: Culicidae) en el sur de Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas. México. pp. 31.
- Vermeulen, J. B., Dreyer, M., Grobler, H. & van Zyl, K.** 1996. A guide to the use of herbicides. 15th edition. National Development of Agriculture. Republic of South Africa.
- Waithaka, J. M.** 1980. Studies of herbicidal control of *Salvinia molesta*. In: *Proc. 7th East African Weed Science Conference*, Kenyatta Univ. Coll., Nairobi, Kenya, 100-113.
- Walstad, D.** 2007. Plantas acuáticas y filtración biológica. <http://www.elacuarista.com/plantas/TZ/walstad.htm>.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Wee, Y.** 1986. Aquatic weed problem in Singapore's freshwater reservoir. In: Pancho, J. V., Sastroutomo, S. S. & Tjitrosemito, S. (Eds.). *Biotrop. Special Publication Symposium Weed Science*, Singapore: National Univ. of Singapore, *Dept. Botany*. (24): 25-29.
- Wells, R., Coffey, B. & Lauren, D.** 1986. Evaluation of fluridone for weed control in New Zealand. *Journal of Aquatic Plant Management*. 24: 39-42.
- Werner, P.** 1988. Alien plants in Kakadu National Park. Southeast Asian Weed Information Center, Bogor, Indonesia. *Weedwatcher*. 8: 12.
- Westbrooks, R. G.** 2010. Oversight hearing on efforts to control and eradicate Giant *Salvinia*. Testimony before the House Committee on Natural Resources, Subcommittee on Fisheries, Wildlife, Oceans and Insular Affairs.
- Westbrooks, R. G.** 1984. Federal noxious weeds: Kariba weed. *Weeds Today*. 15(1): 8-9.
- Westbrooks, R.** 1989. Regulatory exclusion of Federal Noxious Weeds from the United States. Ph. D. Dissertation. Raleigh, North Carolina: Department of Botany, North Carolina State University.
- Westbrooks, R. & deKozlowski, S.** 1996. Eradication of a new infestation of giant *Salvinia* in South Carolina. *Weed Science Society of America Abstracts*. 36: 32.
- Westbrooks, R. & Eplee, R.** 1989. Federal Noxious Weeds in Florida. In: *Proceedings of the 42 Annual Meeting of the Southern Weed Science Society*. 42: 316-321.
- Whiteman, J. & Room, P.** 1991. Temperatures lethal to *Salvinia molesta* Mitchell. *Aquatic Botany*. 40(1): 27-35.
- Wibmer, G. J. & O'Brien, C. W.** 1986. Annotated checklist of the weevils (Curculionidae sensu lato) of South America (Coleoptera: Curculionoidea). In: *Memoirs of the American Entomological Institute*. 39.
- Yamoah, E., Gill, G. S. C. & Massey, E.** 2013. Eradication programme for four noxious weeds in New Zealand. New Zealand Plant Protection [New Zealand Plant Protection Society's Annual Conference, Napier War Memorial Conference Centre, Napier, New Zealand, 13-15 August 2013.], 66:40-44. [http://www.nzpps.org/journal/66/nzpp\\_660400.pdf](http://www.nzpps.org/journal/66/nzpp_660400.pdf).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

# MONOCOTILEDONEAE

## *Egeria densa* Planch.

Ann. Sci. Nat. Bot. III. 11: 80. 1849.



Figura 7. Foto de *Egeria densa*. Tomada de <http://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5349039>.

Bonilla-Barbosa, J. R. 2016. Análisis de riesgo de plantas acuáticas exóticas con potencial invasor en México: *Egeria densa*. Realizado dentro del proyecto GEF 0089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## CLASIFICACIÓN

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae Haeckel, 1866

División Magnoliophyta Cronquist, Takht. & Zimmerm., 1966

Clase: Lilipsida Cronquist, Takht. & Zimmerm., 1966

Orden Alismatales R. Br. ex Bercht. & J. Presl, 1820

Familia: Hydrocharitaceae Juss., 1789

Género: *Egeria* Planch., 1849

Especie: *Egeria densa* Planch., 1849

## SINONIMIAS

*Elodea densa* (Planch.) Casp., 1857

*Anacharis densa* (Planch.) Vict., 1931

*Elodea canadensis* var. *gigantea* Hort. ex L.H. Bailey, 1914

*Philotria densa* (Planch.) Small, 1933

## TAXONOMÍA Y NOMENCLATURA

El género *Egeria* posee dos especies que son *E. densa* y *E. naias*, ambas originarias de Sudamérica desde Minas Gerais en Brasil hasta el delta del río de la Plata en Argentina (Talavera y Gallego, 2010).

La clasificación de esta especie como *Egeria densa* fue establecida por Planchon en 1849 cuando creó el género. Más tarde, fue ubicada al género *Elodea* donde permaneció durante mucho tiempo, y aún hoy en día este binomio, *Elodea densa*, se puede encontrar en algunas publicaciones.

Es aceptado en la actualidad el mantener la clasificación original como parte del género *Egeria*.

## DESCRIPCIÓN

La descripción de la especie, de las flores femeninas y de los frutos y semillas fue compilada, debido a que en los ejemplares mexicanos solamente existen plantas con flores masculinas (Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2013).

Planta herbácea acuática, enraizada, sumergida excepto las flores, perenne; tallo de 2 a 3 mm de diámetro, ramificados, sin ramificaciones o escasamente con algunas divisiones dicotómicas, con raíces adventicias en la parte superior; hojas sésiles, las basales del tallo opuestas o en verticilos de 3, las de la parte media y superior del tallo en verticilos de 4 a 8, lineares a lanceoladas, de 0.7 a 3.0 cm

de longitud y de 1.1 a 5.0 mm de ancho, ápice agudo a redondeado, margen finamente serrado, superficie lisa, intensamente verde o verde pálido en acuarios; plantas dioicas; espata de las flores estaminadas en la axila superior de las hojas, elíptica, de 0.6 a 0.9 mm de longitud, con el ápice bífido, con 2 a 4 flores, estípites delgados, de 3.2 a 3.8 mm de longitud, sépalos elíptico-oblongos, de 2.6 a 3.6 mm de longitud por 1.4 a 1.5 mm de ancho, pétalos obovados a suborbiculares, de 5.8 a 6.2 mm de longitud por 3.1 a 4.8 mm de ancho, cuneados en la base, estambres 9, con filamentos de 1.1 a 2.2 mm de longitud, anteras de 0.5 a 0.7 mm de longitud por 0.3 a 0.6 mm de ancho, nectario de 0.4 a 0.6 mm de diámetro, verde, trilobado, pequeño, pedúnculos de 2 a 7 cm de longitud; espata de las flores pistiladas de 8.4 a 9.6 mm de longitud, estípites delgados, de 2.4 a 5.4 cm de longitud, sépalos elíptico-oblongos, de 2.5 a 3.5 mm de longitud por 1.3 a 1.5 mm de ancho, pétalos de 7.6 a 7.8 mm de longitud por 7.8 a 8.1 mm de ancho, lóbulos de los estigmas filiformes, papilosos, de 2.3 a 2.6 mm de longitud, ovario unilocular, óvulos 3 a 6, nectario pequeño, verde; fruto elipsoide u ovoide, de 6.8 a 8.0 mm de largo por 2.8 a 3.0 mm de diámetro, pericarpio transparente, membranoso, semillas numerosas, fusiformes, de 7.3 a 8.3 mm de longitud, sésiles, mucilaginosas, testa verrucosa.

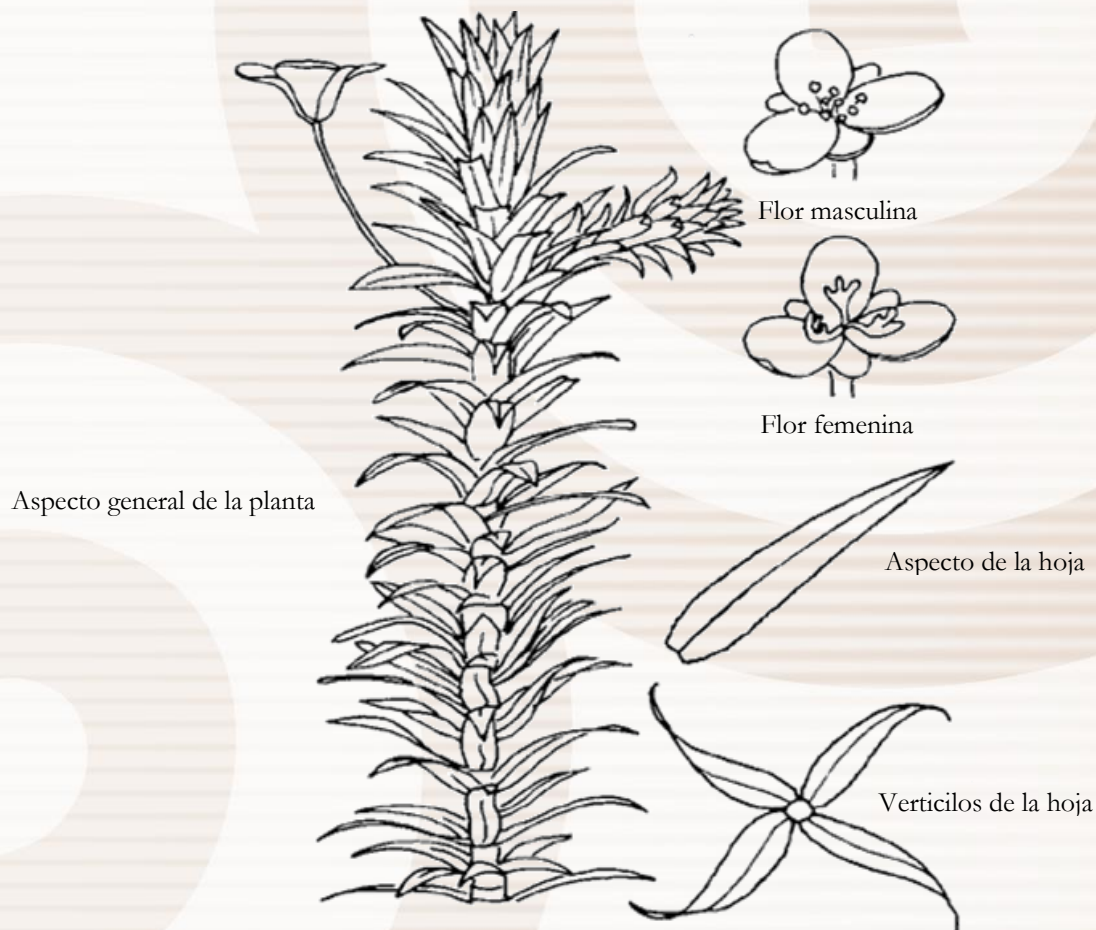


Figura 8. Morfología de *Egeria densa*. <https://plants.ifas.ufl.edu/plant-directory/egeria-densa/>.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones



Figura 9. Flores de *Egeria densa* en la superficie del agua. [http://flowers2.la.coocan.jp/Hydrocharitaceae/Egeria\\_densa.htm](http://flowers2.la.coocan.jp/Hydrocharitaceae/Egeria_densa.htm)



Figura 10. Flores masculinas de *Egeria densa*. [http://zipcodezoo.com/index.php/Egeria\\_densa](http://zipcodezoo.com/index.php/Egeria_densa),  
[http://flowers2.la.coocan.jp/Hydrocharitaceae/Egeria\\_densa.htm](http://flowers2.la.coocan.jp/Hydrocharitaceae/Egeria_densa.htm).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## NOMBRES COMUNES

“Dichtblättrige Wasserpest” (Alemania); “elodes”, “erva dágua” (Brasil); “Shui yun cao” (China); “egueria”, “elodea”, “elodea brasileña”, “elodea de Argentina” (Cuba); “elodea” (México); “brazilian elodea”, “brazilian waterweed”, “common waterweed”, “dense waterweed”, “egeria”, “south american waterweed” (Estados Unidos); “ookanadamo” (Japón).

## ORIGEN

Planta tropical originaria del Sur de Brasil, Norte de Argentina y Uruguay. Su distribución abarca desde el estado central de Minas Gerais, Brasil hasta la región costera de Uruguay, mientras que en Argentina es del centro-sur de la provincia de Entre Ríos, cerca de Buenos Aires y La Plata (Saint John, 1961).

Yarrow *et al.* (2009) menciona que su área de distribución natural comienza principalmente en Brasil, a lo largo de la región costera hasta el sur de Argentina y Perú en el rango neotropical (Talavera y Gallego, 2010).

## DISTRIBUCIÓN NATURAL

### En el mundo

Se estima que esta especie se ha naturalizado en al menos 27 países en todo el mundo principalmente en regiones tropicales y subtropicales (Yarrow *et al.*, 2009).

La distribución geográfica a nivel mundial en el siguiente apartado indica solamente las poblaciones nativas.

**Sudamérica:** Argentina, Brasil, Espíritu Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Río de Janeiro, Santa Catarina, Sao Paulo, Uruguay (Cabrera, 1968; Kissmann, 1997; Botanical Garden, 2003; USDA-ARS, 2003; EPPO, 2014)

## DISTRIBUCIÓN POR INTRODUCCIONES A NIVEL MUNDIAL Y MÉXICO

### Introducción no intencional

#### En el mundo

De acuerdo con Meacham (2001), la introducción no intencional se da principalmente por el arrastre de fragmentos de *Egeria densa* por transporte de embarcaciones. También los fragmentos se



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

dispersan a través de la acción del oleaje, la actividad de las aves acuáticas o la navegación recreativa y pesquera (Carrillo *et al.*, 2006), y podría introducirse como contaminante en envíos de otras especies de plantas y animales acuáticos (Coetzee *et al.*, 2011; CABI, 2014).

## Introducción intencional

### En el mundo

La principal vía de introducción de *Egeria densa* es el comercio en acuarios o acuarismo (Hanson *et al.*, 2006). A pesar de que en diferentes lugares del mundo no se halla ni se comercializa o se dejó de vender como planta de acuario en tiendas, es fácil conseguirla a través de internet (Darrin, 2009). El aumento por este medio electrónico ha exacerbado el problema de las ventas de esta especie invasora, dando a los minoristas la capacidad de hacer publicidad en línea y enviar las plantas por correo postal (Kay y Hoyle, 2001).

Una búsqueda de la empresa holandesa marktplaats.nl, en julio de 2014, usando el término 'aquarium planten' (plantas de acuario) produjo más de 700 resultados, mientras que una búsqueda usando 'vijver planten' (plantas acuáticas de jardines) resultó en más de 300 respuestas (Matthews *et al.*, 2014).

Como indica Yarrow *et al.* (2009) la planta es atractiva para los acuaristas debido a su belleza estética y estilo de vida resistente a las condiciones de los acuarios, sin embargo, es común que los propietarios de acuarios la terminen arrojando en cuerpos de agua cercanos cuando ya no la necesitan (Kay y Hoyle, 2001), provocando la infestación de dichos cuerpos de agua, debido a su capacidad de propagarse rápidamente.

*Egeria densa* ha sido introducida en países de los cinco continentes con excepción de la Antártida. De acuerdo con varios autores las introducciones de esta planta se han dado en países como Alemania, Argentina, Australia, Chile, Colombia, Cuba, Estados Unidos, Francia, Italia, Japón, México, Nueva Zelanda, Reino Unido y Sudáfrica (Cook y Urmi-König, 1984; Haramoto e Ikusima, 1998; Roberts *et al.*, 1999; Hauenstein, 2004).

Lansdown (2011) considera que las poblaciones que están distribuidas en todo el mundo se debieron a introducciones antropogénicas más que a dispersión natural, pero se carece de fecha exacta de introducción o de naturalización en el medio natural. Entre las características de *E. densa* que permiten su fácil dispersión es que tiene cierta tolerancia a la desecación, por lo que ayuda a la dispersión no intencional por medio de embarcaciones pesqueras o deportivas. Esto quedó comprobado en un estudio de Barnes *et al.* (2013), en el cual los fragmentos de la planta seguían viables después de una hora de haber sido secados al ambiente.

La distribución geográfica a nivel mundial en el siguiente apartado indica solamente las poblaciones que han sido consideradas introducidas.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

**África:** Argelia, Kenya, Sudáfrica, Swazilandia (Macdonald *et al.*, 2003; GISD, 2006; Swaziland's Alien Plants Database; Q-BIP, 2016).

**Asia:** Bangladesh, Indonesia, Japón, Nepal, República de Georgia, Sumatra, Turquía (Rai y Pradhan, 2000; Hamabata y Kobayashi, 2002; GISD, 2006; Veldkamp, 2008; Alfasane *et al.*, 2010; EPPO, 2014).

**Norteamérica:** Estados Unidos (Alabama, Arizona, Arkansas, California, Carolina del Norte, Carolina del Sur, Connecticut, Delaware, Florida, Georgia, Hawái, Illinois, Kansas, Kentucky, Luisiana, Maryland, Massachusetts, Mississippi, Missouri, Nebraska, Nueva Hampshire, Nueva Jersey, Nuevo México, Nueva York (1893), Oklahoma, Oregón, Pennsylvania, Tennessee, Texas, Utah, Vermont, Virginia, Washington) (USDA-NRSCS, 2002; Darrin, 2009; Yarrow *et al.*, 2009).

**Centroamérica y el Caribe:** Costa Rica, Cuba, Nicaragua, Puerto Rico (USDA-NRSCS, 2002; Botanical Garden, 2003; Oviedo-Prieto *et al.*, 2010).

**Sudamérica:** Bahía, Chile, Colombia, Paraguay (Botanical Garden, 2003; Bini y Thomaz, 2005; Oliveira *et al.*, 2005; Lagos *et al.*, 2008).

**México:** Aguascalientes, Ciudad de México, Guanajuato, Hidalgo, México, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán (Argüello *et al.*, 2000; Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003; Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2010; Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2013; Martínez, 2016). Los estados, sitios y localidades, se incluyen en la base de datos.

**Europa:** Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Grecia, Holanda, Hungría, Irlanda, Italia, Portugal (Azores), Rusia, Suiza, Reino Unido (incluido Irlanda del Sur y del Norte), (Dutartre *et al.*, 1999; Royal Botanic Garden Edinburgh, 2003; Pulgar e Izco, 2005; GISD, 2006; Kozhevnikova y Kozhevnikov, 2009; Bracamonte *et al.*, 2014; EPPO, 2014; Matthews *et al.*, 2014 Millane y Caffrey, 2014).

**Oceanía:** Australia del Oeste, Islas Cook, Nueva Gales del Sur, Nueva Zelanda, Polinesia Francesa, Tasmania, Victoria (Tanner *et al.*, 1986; Wells *et al.*, 1997; Champion y Tanner, 2000; Clunie *et al.*, 2002; Grown *et al.*, 2003; Royal Botanic Gardens Sydney, 2003).

## TRASLOCACIONES

La traslocación de *Egeria densa*, se ha documentado muy escasamente en otros países. *Egeria densa* es una especie que probablemente fue introducidas al río Erft en Alemania como planta desechada de los acuarios en ese mismo país (Hussner y Lösch, 2005).

Los principales métodos de dispersión de esta especie son por botes, lanchas o barcos, que distribuyen a grandes distancias por medio de anclas o redes de pesca partes de la planta; liberación de los acuarios caseros, públicos o de venta de organismos de acuario; con fines ornamentales y acuarios públicos y en el hogar; y por último, a causa de la hidrodinámica de las corrientes de agua,

en donde pequeños trozos de la planta pueden ser dispersadas a distancias cortas o largas (Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2013).

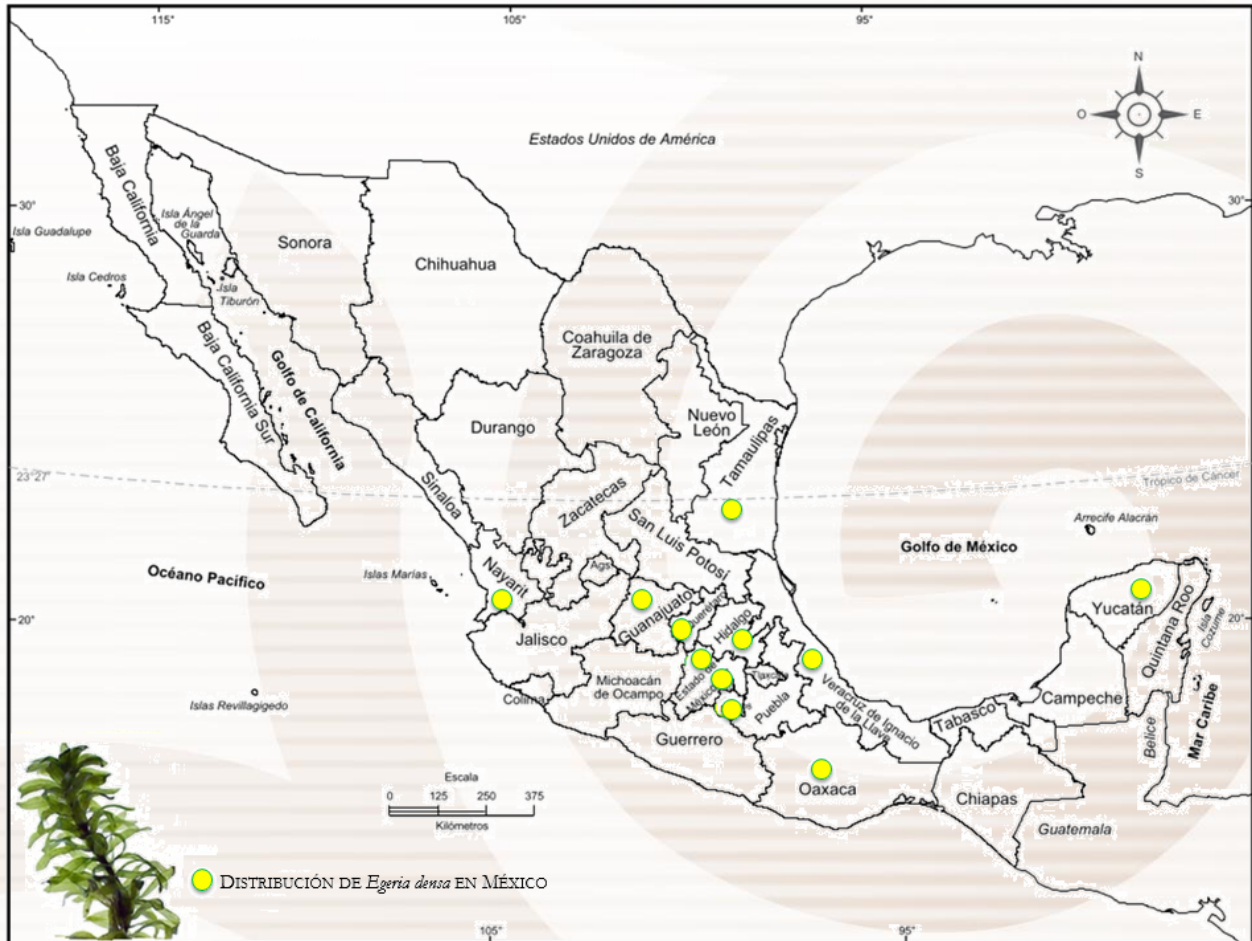


Figura 11. Distribución geográfica de *Egeria densa* en México.

## BIOLOGÍA, ECOLOGÍA E HISTORIA NATURAL

*Egeria densa* es considerada una hidrófita invasora (Darrin, 2009). Esta especie se dispersa prolíficamente por fragmentación y en todos los países que ha sido introducida solo se conocen plantas estaminadas, por lo que se reproducen vegetativamente (Novelo y Lot, 1990; Argüello *et al.*, 2000; Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2010).

### Información genética

De acuerdo con Cook y Urmi-König (1984) las especies del género *Egeria*, *E. najas* y *E. densa* manifiestan una distribución simpátrica en su área de distribución original. La diversidad genética de poblaciones de *E. densa* no se ha examinado ampliamente (Yarrow *et al.*, 2009), sin embargo, Carter y



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

Sytsma (2001) localizaron genotipos similares entre poblaciones de Valdivia, Chile y poblaciones del oeste de Oregón en los Estados Unidos, proponiendo que la diversidad genética de la especie es relativamente baja.

### **Biología reproductiva**

*Egeria densa* se reproduce tanto sexual como asexualmente. Esta especie es dioica, lo que significa que hay individuos masculinos y femeninos en plantas separadas, por lo que se necesita de los dos progenitores para llevarse a cabo la reproducción sexual. *Egeria densa* es entomófila, es decir las flores emergen por encima de la superficie del agua y son polinizadas por insectos (Yarrow *et al.*, 2009), principalmente del Orden Diptera o moscas verdaderas, que son los polinizadores en su hábitat natural (Darrin, 2009).

Sin embargo, este tipo de reproducción es la menos común, ya que, en partes de Europa, Australia o América del Norte y México, solo se han encontrado individuos masculinos, siendo la reproducción asexual la más común por medio de fragmentos de brotes y rizomas.

Los fragmentos pueden enraizarse en el sustrato o flotar libremente, creciendo más rápido durante el verano, debido al aumento de la temperatura y mayor tiempo de exposición de la luz (Anderson y Hoshovsky, 2000).

### **Fisiología y fenología**

Gran parte del éxito de *Egeria densa* como especie invasora ha sido debido a causa de rasgos fisiológicos relacionados con su metabolismo (Yarrow *et al.*, 2009). Se ha descubierto que *E. densa* muestra cambios en su metabolismo bajo condiciones de dióxido de carbono bajo, por lo que posee una estrategia de incorporación de carbono flexible que puede cambiar a una vía C4 como en condiciones de baja emisión de CO<sub>2</sub>, alta concentración de oxígeno y temperatura alta, favoreciendo con ello altas tasas de foto respiración (Bowes *et al.*, 2002).

Los efectos estacionales sobre el metabolismo y la producción de biomasa son en esencia la combinación de factores como el fotoperiodo y la temperatura (Yarrow *et al.*, 2009). En las regiones tropicales, *E. densa* suele presentar ligera variación estacional de la tasa de crecimiento (Camargo *et al.*, 2006), sin embargo, en regiones templadas sí muestra grandes diferencias.

En estudios de curvas de acumulación de biomasa se concluyó que la especie presenta crecimiento invernal, el cual es lento y se centra en el almacenamiento de almidón que ayuda a su desarrollo en la primavera (Yarrow *et al.*, 2009).

A pesar de esto, Haramoto e Ikusina (1988) indican que *Egeria densa* es altamente adaptable mostrando crecimiento continuo o estacional de acuerdo con las condiciones locales.



## Requerimientos ambientales

Darrin (2009) indica que uno de los factores determinantes para el crecimiento de *Egeria densa* es la luz, sobreviviendo a un amplio rango de intensidades.

Otro factor importante para su desarrollo tiene que ver con la profundidad, ya que Bini y Thomaz (2005) indican que las plantas tienen mayor oportunidad de crecer en áreas con niveles superiores a un metro, con poca turbidez y poco fitoplancton en el agua. Además de desarrollarse en sedimentos como grava, arena o arcilla (Bonilla-Barbosa y Novelo, 1995).

La temperatura influye en la tasa de crecimiento de la planta, siendo entre los 16 y 28 °C los valores idóneos (Feijoo *et al.*, 1996).

En cuanto a nutrimentos, *E. densa* tolera concentración, particularmente fósforo, además de que su biomasa aumenta con la presencia de amonio en el agua y nitrógeno en el sustrato (Feijoo *et al.*, 1996).

## MECANISMOS DE DISPERSIÓN

### Dispersión natural

*Egeria densa* se dispersa naturalmente mediante el movimiento de las aguas que llevan las plantas enteras o fragmentos del tallo a nuevos sitios.

### Dispersión artificial

La dispersión humana a través del comercio de acuarios es el medio más común para la expansión de *Egeria densa* (Meacham, 2001; Hanson *et al.*, 2006).

*Egeria densa* es una planta popular en el acuarismo debido a su forma de vida y color carismático (Yarrow *et al.*, 2009), además por su capacidad de oxigenar el agua y sobrevivir en la mayoría de las condiciones diversas de los acuarios. Es común que los propietarios de acuarios la arrojen en cuerpos de agua cercanos cuando ya no la necesitan (Kay y Hoyle, 2001). Una vez introducida en el sistema acuático, se propaga rápidamente compitiendo por el hábitat de especies nativas, así como de otras especies no autóctonas.

### Estatus (reportes como especie invasora en otros sitios)

El primer registro de *E. densa* fuera de su rango original de distribución fue en 1893 en Estados Unidos y en 1915 empieza ya a ser ofrecida como oxigenadora. En el caso de Europa el primer registro se obtiene en 1910 en un canal de Leipzig, Alemania.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

*Egeria densa* está incluida en la base de datos de especies invasoras de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (GISD, 2016), y figura en la lista de especies invasoras de organizaciones como el Compendio de Especies Invasoras del Centre for Agriculture Bioscience International (CABI Internacional) el cual tiene 45 países miembros (CABI, 2016). En Australia, Nueva Zelanda y diferentes estados de los Estados Unidos se ha ocupado tiempo no solo para encontrar métodos de erradicación, sino también hacer comprender el potencial invasivo de *E. densa* (Roberts *et al.*, 1999).

En California se ha clasificado en las categorías más altas de agresividad e impacto (Johnson *et al.* 2006), sin embargo, en otros lugares su presencia se ha aceptado o se ha hecho caso omiso.

## USOS Y COMERCIALIZACIÓN

### Historia de la comercialización

#### Ornamental

El uso más conocido de *E. densa* es dentro del acuarismo o en los jardines acuáticos debido al papel benéfico para los medios acuáticos (oxigenador) y por su alto valor estético (Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2013). Esta planta en Estados Unidos comenzó su venta en 1915 debido a que era considerado un buen oxigenador, por lo que se volvió una planta de acuario popular y se podía encontrar en la mayoría de las tiendas de mascotas bajo el nombre de “*anacharis*” (Hamel *et al.*, 2001). En México es conocida como “*elodea*” y es muy común su venta en acuarios de varios estados del país.

#### Forraje

Investigaciones han dado resultados promisorios para el uso de *E. densa* como fuente de alimento a animales domésticos. Molina y González (2012) evaluaron el potencial de esta planta como fuente proteica alternativa para la alimentación de gallinas ponedoras de traspatio, concluyendo que *E. densa* posee características aceptables para el desarrollo de las gallinas tales como un nivel medio de proteína cruda, un alto nivel de humedad e importantes cantidades de minerales como Mg, Fe, Zn, aunque resaltan que son necesarios más estudios.

Ensayos han demostrado también que la carpa herbívora, especie invasora, consume malezas acuáticas aunque no de una manera uniforme, pero han preferido el consumo de *Egeria densa*, logrando evidenciar que esta planta tiene altos contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio y micro elementos, motivo por el que también se recomienda utilizar para animales monogástricos como rumiantes menores y aves por su alto contenido de fibra y proteína (Coloma y Orellana, 1996).

## Tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales mediante el uso de plantas acuáticas es una opción que ha recibido atención en los últimos años ya que las hidrófitas como *E. densa* poseen habilidad para asimilar nutrientes, por lo que ha sido utilizada para remover contaminantes de afluentes donde han sido vertidas aguas residuales, sin embargo, no se indican costos por el uso de esta especie ni de la infraestructura empleada (Argüello *et al.*, 2000; Módenes *et al.*, 2009).

### Acuicultura

El detritus de *Egeria densa* se ha utilizado favorablemente para la producción de crías de “acocil” *Cambarellus montezumae* (Latournerie y Román, 2006).

Evaluaron el crecimiento y la supervivencia durante cinco semanas, al término del experimento se obtuvo que el peso de los organismos se incrementó 10.3 veces, la supervivencia alcanzó el 34.4% y la biomasa se incrementó 3.3 veces. Concluyen que el uso de detritus vegetal enriquecido presenta condiciones muy favorables para la producción de crías de acocil y sistemas de cultivo extensivo de esta especie.

### Origen de los individuos comercializados (poblaciones silvestres, viveros fuera o dentro de México)

Los individuos comercializados en México, son de poblaciones silvestres o naturalizadas en el país (Observación personal).

### Análisis económico (importaciones/mercado a nivel mundial, mercado en México, rentabilidad de su cultivo, etc.)

*Egeria densa* es una especie muy deseada para acuarios, estanques y jardines acuáticos pequeños, pero se ha convertido en una especie invasora en cuerpos de agua natural y artificial. En los principales mercados de acuarismo (Mixuca, Venustiano Carranza) en la Ciudad de México, un “ramito” de 5 plantas de esta especie se vende entre \$ 25.00 a \$ 30.00 pesos M. N. Mientras que en otros como en la Ciudad de Cuernavaca se vende a \$ 40.00.

## POTENCIAL DE ESTABLECIMIENTO Y COLONIZACIÓN

### Potencial de dispersión

Como *E. densa* se reproduce vegetativamente a través de la ramificación, la fragmentación y la producción de raíces, vectores naturales que transportan fragmentos de la planta son de suma



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

importancia. Las corrientes de agua y ciertos animales son en parte responsables de la propagación secundaria de la planta, por lo que es probable que naturalmente se extienda en varias direcciones como en los ecosistemas lóticos (aguas abajo) o por el viento en ecosistemas lénticos (Mazzeo *et al.*, 2003). En este sentido, los fragmentos de la planta son transportados a gran distancia, sin embargo, su rango de expansión suele ser limitado por el ambiente como sucede en Holanda o en parte de Europa (Lafontaine *et al.*, 2013).

## EVIDENCIAS DE IMPACTOS

Una vez liberada en el sistema acuático *Egeria densa* presenta una alta tasa de propagación, se reproduce preponderantemente por medio asexual mediante fragmentos, así también una gran tolerancia y adaptación a diferentes variaciones ambientales, condiciones que incluso la hacen competir con otras especies invasoras como *Hydrilla verticillata*. Tiene la capacidad de cubrir grandes extensiones de monocultivos con poca diversidad, eliminando especies por debajo de su dosel e incluso es capaz de frenar los cursos de los sistemas acuáticos que infesta (Darrin, 2009).

### Impactos/beneficios socioeconómicos

Aparte de ser una seria amenaza para la biodiversidad nativa de los sistemas acuáticos que infesta y la dinámica de los mismos, también afectan las actividades humanas que se desarrollan en ellos como proyectos de riego, suministros hidroeléctricos y suministros de agua para consumo urbano. Además interfiere en actividades recreativas y comerciales como paseos de bote, natación y pesca (Anderson, y Hoshovsky, 2000), aunque indican que son necesarios datos más precisos debido a que se considera que económicamente su infestación afecta los recursos hídricos.

Darrin (2009) indica que los fragmentos obstruyen fácilmente los cursos de agua y las presas hidroeléctricas y menciona el ejemplo de una planta de energía eléctrica en Nueva Zelanda que fue clausurada debido a la obstrucción de *Egeria densa* sobre las hélices. Johnson (2006) menciona que las densas matas de la especie impiden el tráfico de lanchas, incluso llegan a ser tan densas que se ha reportado el ahogamiento de un hombre al quedarse enganchado en *Egeria densa* (Johnson *et al.*, 2006; Bonilla-Barbosa, obs. pers.) en el lago Zempoala del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Morelos, México).

Johnson *et al.* (2006) comparan los beneficios y costos para el control de *Egeria densa*, indicando que entre los años 1994 a 2000, 530,300 dólares (420,100 euros) fueron gastados para la erradicación de *E. densa* en varios lagos de Washington abarcaron, consistiendo en el 15% del total de los fondos (\$ 3'000.000.00 de dólares) para combatir plantas acuáticas invasoras en los Estados Unidos.

## Impactos a la salud (humana, enfermedades, parásitos, etc.)

Las plantas acuáticas invasoras se caracterizan por tener una rápida propagación y reproducción por medios vegetativos colonizando grandes áreas, pero además propician las condiciones ecológicas para el desarrollo de vectores de enfermedades, como los culícidos (moscos) (Alarcon-Elbal, 2012).

En el caso de *Egeria densa*, esta afecta la calidad del agua, reduciendo la renovación natural y provocando aumentos de temperatura en la superficie de los sistemas acuáticos durante el verano, por lo que pueden generar poblaciones de mosquitos debido a esos cambios (Pennington y Sysma, 2009), principalmente mosquitos del género *Anopheles* (Furlow y Hays, 1972; Johnson *et al.*, 2006; Lansdown, 2011).

## Impactos ambientales y a la biodiversidad

*Egeria densa* tiene varias características que le permiten obtener alta invasividad y colonización de embalses tales como tasa de crecimiento alta, adaptación a diferentes regímenes de luz, gran absorción de nutrientes, alta plasticidad fenotípica, alta dispersión a través de fragmentos y potencial para colonizar sitios perturbados (Yarrow *et al.*, 2009). Al poseer estas características, tiene un impacto drástico en los ecosistemas acuáticos modificando sus funciones y servicios, desplazando vegetación nativa (Bonilla-Barbosa y Novelo, 1995) como *Elodea canadensis* en los Estados Unidos.

Los principales efectos adversos de *Egeria densa* sobre las especies nativas están relacionados con la competencia. Bajo condiciones favorables, *E. densa* crece hasta 0.4 cm por día y forma una superficie densa en el sistema acuático que infesta, lo que le permite impedir la penetración de la luz para aquellas especies que requieren de alta transparencia y competir con especies nativas eliminándolas (De Winton y Clayton 1996; Wells *et al.*, 1997; Hofstra *et al.*, 1999; Champion y Clayton, 2000; Carrillo, *et al.*, 2006; Yarrow *et al.*, 2009; Branquart, 2013; Lafontaine *et al.*, 2013; GB Non-native Species Secretariat, 2014; Mathews *et al.*, 2014; Washington State Department of Ecology, 2014). Lo anterior también, provoca el desarrollo de densas camas mono específicas de esta especie ocasionando grandes impactos desfavorables al disminuir la biodiversidad nativa a través de la competencia y por consecuencia su extirpación de ecosistemas acuáticos naturales (Wells *et al.*, 1997; Hofstra *et al.*, 1999; Roberts *et al.*, 1999; Branquart, 2013; Matthews *et al.*, 2014).

Sin embargo, la planta tiene efectos positivos sobre la biodiversidad de algunas especies, debido a que provoca cambios en la dinámica estructural tanto del fitoplancton, zooplancton, peces, macro invertebrados bentónicos o epifíticos como algas epibiontes, además de brindarles protección y alimentación (Mazzeo *et al.*, 2003, Johnson *et al.*, 2006; Pelicice y Agostinho, 2006; Darrin, 2009; Yarrow *et al.*, 2009).

Por último, es importante indicar que la introducción de esta especie puede promover la entrada de otras especies no nativas, ya que estudios han demostrado que plantas acuáticas que se



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

comercializan tienen en promedio tres especies no nativas que se transportan con ellas (Keller y Lodge, 2007). Sin embargo, no se registraron otros impactos aparte de los ya indicados.

## CONTROL Y MITIGACIÓN (TIPOS DE MEDIDAS O ESTRATEGIAS, COSTOS, ETC.)

Todas las medidas de mitigación y control deben ir enfocadas a prevenir la propagación de fragmentos para evitar nuevas poblaciones. Para el combate de *Egeria densa* se han utilizado medidas de control mecánico, químico y en los últimos años se han incluido métodos biológicos de control.

### Medidas preventivas

Ante la imposibilidad de erradicación, la mayoría de los planes y gestiones son para la prevención del establecimiento y propagación (Meacham, 2001; Johnson *et al.*, 2006). En los lagos de Washington se han realizado estudios para localizar invasiones tempranas para controlar el establecimiento y propagación de esta especie. Así mismo en California se ha utilizado hasta el 65% del presupuesto del Programa de Control de *Egeria densa*, del total de 6.2 millones de dólares, en el combate y la prevención de esta especie (Johnson *et al.*, 2006).

### Concientización pública

Es importante informar a las personas que practican el acuarismo y al público en general sobre los impactos que tiene *Egeria densa* en diferentes rubros. Además de que se tiene que educar a las personas para evitar que depositen plantas de los acuarios en cuerpos de agua. Por ejemplo, en los estados de California y Washington diseñaron campañas a través de internet con carteles informativos para dar a conocer los efectos negativos de esta especie, así como para detectar y alertar sobre posibles invasiones (Meacham, 2001).

### Control mecánico o físico

En algunos lugares se ha intentado retirar mecánicamente a *Egeria densa* a través de máquinas de tracción, sin embargo, este método no ha sido tan efectivo ya que provoca la formación de fragmentos y por lo tanto la creación de nuevos individuos (Yarrow, 2007).

### Control químico

Este tipo de método es el más utilizado para la erradicación y control de *Egeria densa* a través de herbicidas. Uno de los herbicidas más utilizados es el Diquat, producto altamente tóxico, sin embargo, en un estudio en un lago de Nevada en Estados Unidos, al aplicarse el herbicida disminuyeron poblaciones de otras hidrófitas y no *Egeria densa* (Tanner *et al.*, 1990). Otro herbicida



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



PN  
UD  
Al servicio  
de las personas  
y las naciones

usado para el combate de esta planta es la oxitetraciclina, siendo menos tóxico que Diquat pero también menos efectivo para el control de las poblaciones.

El herbicida que ha tenido un efecto eficaz en el control de *Egeria*, ha sido el Fluoridon siendo su ingrediente activo el 1-metil-3-fenil-5-3-(trifluorometil) fenil-41H-piridinona), el cual fue empleado en el lago Limerick en Washington, al aplicarse el herbicida durante un año, la biomasa de la población de la planta disminuyó el 95% (Johnson *et al.*, 2006).

Sin embargo, a pesar de que el uso de herbicidas para el control de *Egeria densa* es el método de control más utilizado, este ha sido objeto de controversia por los efectos contaminantes de estos en los sistemas acuáticos (Fourney y Davis, 1981) y su biodiversidad.

### Control biológico

*Egeria densa* tiene relativamente pocos depredadores nativos, por lo que el biocontrol es bastante limitado (Darrin, 2009). Sin embargo, hay algunos organismos que la pueden controlar.

**Peces**, varias especies de peces que son invasoras han sido objeto de estudio para el control biológico de *Egeria* tales como la “carpa herbívora” (*Ctenopharyngodon idella*), la “tilapia del Congo” (*Tilapia melanopleura*) o la “tilapia de panza roja” (*Oreochromis zillii*). Estas especies han sido introducidas en Estados Unidos, con ciertas restricciones en los cuerpos de agua para controlar a la planta, como por ejemplo en condados del sur de California (Darrin, 2009).

**Hongos**, organismo que ha demostrado cierto daño a la planta es el hongo *Fusarium* sp., aunque faltan estudios para comprobar su eficacia (Hamel *et al.*, 2001).

### NORMATIVIDAD (INTERNACIONAL O NACIONAL EN CASO DE HABERLAS)

En el ámbito de la Unión Europea, a partir de 1995 la introducción o liberación no autorizada de especies alóctonas como *Egeria densa* son perjudiciales para el equilibrio biológico, y figura como delito contra el medio ambiente en la Ley orgánica 10/1995, del 23 de noviembre del Código Penal. La Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medio Ambiental, ha identificado, a través del Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, el desarrollo parcial de dicha Ley, como agente causante de daño biológico, entre otras, las especies exóticas invasoras. La Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, estableció que las administraciones públicas competentes prohibirán la introducción de especies, subespecies o razas geográficas alóctonas, cuando éstas sean susceptibles de competir con las especies silvestres autóctonas, alterar su pureza genética o los equilibrios ecológicos, de acuerdo con su artículo 52.2 (BOE, 2016).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## ANÁLISIS DE RIESGO

Familia: Hydrocharitaceae Resultado: Especie de Alto Riesgo

Nombre científico: *Egeria densa* Planch.

Nombre común: “Dichtblättrige Wasserpest” (Alemania); “elodes”, “erva dágua” (Brasil); “Shui yun cao” (China); “egueria”, “elodea”, “elodea brasileña”, “elodea de Argentina” (Cuba); “elodea” (México); “brazilian elodea”, “brazilian waterweed”, “common waterweed”, “dense waterweed”, “egeria”, “south american waterweed” (Estados Unidos); “ookanadamo” (Japón). Nombre: Jaime Raúl Bonilla Barbosa

### Historia y Biogeografía

1. Domesticación/Cultivo	A	1.1 Especie altamente domesticable? si la respuesta es no ir a la pregunta 2.1	SI
		La especie no ha sido cultivada debido a que es muy abundante en los ecosistemas naturales, de donde se extrae, sin embargo, por las condiciones ambientales que requiere es una especie altamente domesticable.	
	C	1.2 Se ha convertido en una especie naturalizada donde crece?	SI
		Se estima que esta especie se ha naturalizado en al menos 27 países en todo el mundo principalmente en regiones tropicales y subtropicales (Yarrow <i>et al.</i> , 2009).	
	C	1.3 En una maleza con variedades	NO
		El género <i>Egeria</i> posee dos especies que son <i>E. densa</i> y <i>E. naias</i> (Talavera y Gallego, 2010). La clasificación de esta especie como <i>Egeria densa</i> fue establecida por Planchon en 1849 cuando creó el género. Más tarde, fue ubicada al género <i>Elodea</i> donde permaneció durante mucho tiempo, y aún hoy en día este binomio, <i>Elodea densa</i> , se puede encontrar en algunas publicaciones. Es aceptado en la actualidad el mantener la clasificación original como parte del género <i>Egeria</i> , sin variedades.	
2. Clima y distribución		2.1 Especie adaptada al clima de México (0- bajo, 1- medio, 2- alto)	2
		Se ha registrado en los estados de Aguascalientes, Ciudad de México, Guanajuato, Hidalgo, México, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán (Argüello <i>et al.</i> , 2000; Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003; Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2010; Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2013; Martínez, 2016).	
		2.2 Calidad del clima en fecha de colecta (0- bajo, 1- medio, 2- alto)	2



Planta propia de regiones tropicales y subtropicales subtropicales (Yarrow *et al.*, 2009).

C 2.3 Amplia adaptabilidad climática (versatilidad ambiental) SI

Los fragmentos pueden enraizarse en el sustrato o flotar libremente, creciendo más rápido durante el verano, debido al aumento de la temperatura y mayor tiempo de exposición de la luz (Anderson y Hoshovsky, 2000).

Haramoto e Ikusina (1988) indican que *Egeria densa* es altamente adaptable mostrando crecimiento continuo o estacional de acuerdo con las condiciones locales.

C 2.4 Nativa o naturalizada en regiones con periodos de sequias largos NO

No aplica

2.5 La especie tiene un historial de introducción repetido fuera de su área de distribución natural? SI

Debido a que la introducción de *Egeria densa* en el mundo sigue siendo a través del acuarismo (Hanson *et al.*, 2006).

C 3.1 Naturalizada más allá del rango nativo SI

Esta especie se considera naturalizada en el resto del Continente Americano y en el Viejo Mundo, las Antillas, África, Asia, Europa, Australia y Nueva Zelanda (Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2010).

Lansdown (2011) considera que las poblaciones que están distribuidas en todo el mundo carecen de fecha exacta de introducción o de naturalización en el medio natural.

E 3.2 Jardín/maleza de disturbio NO

3. Maleza de otro lugar

No aplica

A 3.3 Maleza de agricultura/hortalizas/forestal NO

No aplica

E 3.4 Maleza ambiental SI

Puede desarrollarse en ecosistemas acuáticos naturales

3.5 Maleza congénérica NO

No aplica



### Biología y Ecología

A 4.1 Produce espinas, aguijones o nudos NO

No aplica

C 4.2 Alelopática NO

No aplica

C 4.3 Parasita NO

No aplica

A 4.4 Desagradable para los animales de pastoreo NO

Investigaciones han dado resultados promisorios para el uso de *E. densa* como fuente de alimento a animales domésticos (Molina y González, 2012).

C 4.5 Tóxico para los animales NO

Molina y González (2012) evaluaron el potencial de esta planta como fuente proteica alternativa para la alimentación de gallinas ponedoras de traspatio, concluyendo que *E. densa* posee características aceptables para el desarrollo de las gallinas tales como un nivel medio de proteína cruda, un alto nivel de humedad e importantes cantidades de minerales como Mg, Fe, Zn, aunque resaltan que son necesarios más estudios.

Ensayos han demostrado también que la carpa herbívora, especie invasora, consume malezas acuáticas, aunque no de una manera uniforme, pero han preferido el consumo de *Egeria densa*, logrando evidenciar que esta planta tiene altos contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio y micro elementos, motivo por el que también se recomienda utilizar para animales monogástricos como rumiantes menores y aves por su alto contenido de fibra y proteína (Coloma y Orellana, 1996).

El detritus de *Egeria densa* se ha utilizado favorablemente para la producción de crías de “acocil” *Cambarellus montezumae* (Latournerie y Román, 2006).

Evaluaron el crecimiento y la supervivencia durante cinco semanas, al término del experimento se obtuvo que el peso de los organismos se incrementó 10.3 veces, la supervivencia alcanzó el 34.4% y la biomasa se incrementó 3.3 veces. Concluyen que el uso de detritus vegetal enriquecido presenta condiciones muy favorables para la producción de crías de acocil y sistemas de cultivo extensivo de esta especie.

#### 4. Rasgos indeseables



C 4.6 Huésped de plagas y patógenos reconocidos NO

Las plantas acuáticas invasoras se caracterizan por tener una rápida propagación y reproducción por medios vegetativos colonizando grandes áreas, pero además propician las condiciones ecológicas para el desarrollo de vectores de enfermedades, como los culícidos (moscos) (Alarcon-Elbal, 2012).

En el caso de *Egeria densa*, esta afecta la calidad del agua, reduciendo la renovación natural y provocando aumentos de temperatura en la superficie de los sistemas acuáticos durante el verano, por lo que pueden generar poblaciones de mosquitos debido a esos cambios (Pennington y Sysma, 2009), principalmente mosquitos del género *Anopheles* (Furlow y Hays, 1972; Johnson *et al.*, 2006; Lansdown, 2011).

C 4.7 Causa alergias o es tóxica para los humanos NO

No hay evidencias de ello.

E 4.8 Crea un riesgo de incendio en los ecosistemas naturales NO

No aplica

E 4.9 Es una planta tolerante a la sombra en alguna etapa de su ciclo de vida NO

No aplica

E 4.10 Crece en suelos infértiles NO

Se desarrolla en sedimentos como grava, arena o arcilla (Bonilla-Barbosa y Novelo, 1995).

E 4.11 Es trepadora o asfixiante en su hábito de crecimiento NO

No aplica

E 4.12 Forma densas matas NO

Johnson (2006) menciona que las densas matas de la especie impiden el tráfico de lanchas, incluso llegan a ser tan densas que se ha reportado el ahogamiento de un hombre al quedarse enganchado en *Egeria densa* (Johnson *et al.*, 2006; Bonilla-Barbosa, obs. pers.) en el lago Zempoala del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Morelos, México).

5. Tipo de planta E 5.1 Acuática SI



*Egeria densa* es considerada una hidrófita invasora (Darrin, 2009).

6. Reproducción	C	5.2 Césped	NO
		No aplica	
	E	5.3 Planta leñosa que fija nitrógeno	NO
		No aplica	
	C	5.4 Geófito	NO
		No aplica	
	C	6.1 Evidencia de fracaso reproductivo en el hábitat natural	NO
		<i>Egeria densa</i> se reproduce sexualmente con la producción de semillas, sin embargo, las flores requieren de la polinización de insectos. El principal medio de reproducción es vegetativo por fragmentación de tallos. En los casos de poblaciones de <i>Egeria densa</i> en Estados Unidos, Nueva Zelanda y México se han reportado solo individuos masculinos por lo que no se establecen por semilla, siendo la reproducción asexual la más común por medio de fragmentos de yemas vegetativas y rizomas (Bonilla-Barbosa y Novelo, 1995; CABI, 2016).	
	C	6.2 Produce semillas viables	NO
		No aplica	
C	6.3 Hibridiza naturalmente	NO	
	No aplica		
C	6.4 Auto-fecundación	NO	
	No aplica		
C	6.5 Requiere polinizadores específicos	NO	
	No aplica		
C	6.6 Reproducción por propagación vegetativa	SI	

Esta especie se dispersa prolíficamente por fragmentación y en todos los países que ha sido introducida solo se conocen plantas estaminadas, por lo que se reproducen vegetativamente (Novelo y Lot, 1990; Argüello *et al.*, 2000;



Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2010).

C 6.7 Tiempo de fecundación mínimo (años) SI

No aplica

A 7.1 Propágulos dispersados involuntariamente SI

De acuerdo con Meacham (2001), la introducción no intencional se da principalmente por el arrastre de fragmentos de *Egeria densa* por transporte de embarcaciones. También los fragmentos se dispersan a través de la acción del oleaje, la actividad de las aves acuáticas o la navegación recreativa y pesquera (Carrillo *et al.*, 2006; CABI, 2014).

C 7.2 Propágulos dispersados intencionalmente por el ser humano SI

La principal vía de introducción de *Egeria densa* es el comercio en acuarios o acuarismo (Hanson *et al.*, 2006).

Como indica Yarrow *et al.* (2009) la planta es atractiva para los acuaristas debido a su belleza estética y estilo de vida resistente a las condiciones de los acuarios, sin embargo, es común que los propietarios de acuarios la terminen arrojando en cuerpos de agua cercanos cuando ya no la necesitan (Kay y Hoyle, 2001), provocando la infestación de dichos cuerpos de agua, debido a su capacidad de propagarse rápidamente.

7. Mecanismos de dispersión

A 7.3 Propágulos dispersados como un producto de la contaminación SI

*Egeria densa* es capaz de crecer en cuerpos de agua contaminados por metales pesados y a su vez, multiplicarse rápidamente (Mori *et al.*, 2012), y con ello tiene la habilidad de propagarse rápidamente mediante fragmentación, por lo que compete por hábitats de muchas especies nativas como no nativas (Darrin, 2009). Es notoria por tener la tendencia de formar largas matas de vegetación que interfieren con la utilización de recursos acuáticos (Bini *et al.*, 1999).

C 7.4 Propágulos dispersados por el viento NO

No aplica

E 7.5 Propágulos dispersados por medios acuáticos SI

Los principales métodos de dispersión de esta especie son por botes, lanchas o barcos, que distribuyen a grandes distancias por medio de anclas o redes de pesca partes de la planta; liberación de los acuarios caseros, públicos o de venta

de organismos de acuario; con fines ornamentales y acuarios públicos y en el hogar; y por último, a causa de la hidrodinámica de las corrientes de agua, en donde pequeños trozos de la planta pueden ser dispersadas a distancias cortas o largas (Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2013).

E 7.6 Propágulos dispersados por las aves NO

No hay evidencia de su dispersión por aves

C 7.7 Propágulos dispersados por otros animales (externamente) NO

No hay evidencia de su dispersión por aves

C 7.8 Propágulos dispersados por otros animales (internamente) NO

No hay evidencia de su dispersión por aves

C 8.1 Producción prolífica de semillas NO

No aplica

A 8.2 Evidencia de que se forma un banco persistente de propágulos (> 1 año) NO

No hay evidencia, pero por observaciones personales en campo está especie produce constantemente los propágulos

A 8.3 Bien controlada por herbicidas NO

Este tipo de método es el más utilizado para la erradicación y control de *Egeria densa* a través de herbicidas. Un herbicida usado para el combate de esta planta es la oxitetraciclina, siendo menos tóxico que el Diquat pero también menos efectivo para el control de las poblaciones.

El herbicida que ha tenido un efecto eficaz en el control de *Egeria*, ha sido el Fluridon siendo su ingrediente activo el 1-metil-3-fenil-5-3-(trifluorometil) fenil-41H-piridinona, el cual fue empleado en el lago Limerick en Washington, al aplicarse el herbicida durante un año, la biomasa de la población de la planta disminuyó el 95% (Johnson *et al.*, 2006).

Sin embargo, a pesar de que el uso de herbicidas para el control de *Egeria densa* es el método de control más utilizado, este ha sido objeto de controversia por los efectos contaminantes de estos en los sistemas acuáticos (Fourney y Davis, 1981) y su biodiversidad.

C 8.4 Tolera o se beneficia por mutilación, cultivo o fuego NO

No aplica

## 8. Persistencia



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

E 8.5 Enemigos naturales eficaces presentes en México

SI

No se ha desarrollado este tema en *Egeria densa*, lo que si he observado es que existe un colémbolo que perfora las hojas de la planta cuando bajan niveles de agua en los lagos del Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Lo anterior debe ser tomado en cuenta para estudios posteriores y su control.

NOTA: A= Agricultura, E= Ambiental, C= Conjunto



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## LITERATURA CITADA

- Alfasane, M. A., Islam, M. S. & Khondker, M.** 2010. Some freshwater phytoplankton as new reports from Bangladesh. *Bangladesh Journal of Plant Taxonomy*. 17 (2): 209-213.
- Anderson, A. & Hoshovsky, M.** 2000. Invasive Plants of California's Wildland. <http://www.calipc.org/ip/management/ipcw/pages/detailreport.cfm@usernumber=43&surveynumber=182.php>.
- Argüello, D., Arias, D., Calderón, L., Cuevas, E., Pat, R., Pérez, J., Ramírez, E., Vázquez, B. & Zetina, C.** 2000. Uso de la macrófita sumergida *Egeria densa* para el tratamiento de aguas residuales. Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales; AIDIS. Ciencia y conciencia compromiso nacional con el medio ambiente. En: *Memorias técnicas*. México, D.F. 16-20 Octubre, 2000. 1-29 p.
- Barnes, M. A., Jerde, C. L., Keller, D., Chadderton, W. L., Howeth, J. G. & Lodge, D. M.** 2013. Viability of Aquatic Plant Fragments following Desiccation. *Invasive Plant Science and Management*. 6(2): 320-325.
- Bini, L. M., Sidinei, T. M., Murphy, K. J. & Camargo, A. F. M.** 1999. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. *Hydrobiología*. 415: 147-154.
- Bini, L. M. & Thomaz, S. M.** 2005. Prediction of *Egeria najas* and *Egeria densa* occurrence in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil-Paraguay). *Aquatic Botany*. 8(3): 227-238.
- Boletín Oficial del Estado (BOE).** 2016. Gobierno de España. Disponible en [http://www.BOE.es/diario\\_boe/txt.php?Id=BOE-A-2013-8565](http://www.BOE.es/diario_boe/txt.php?Id=BOE-A-2013-8565) (revisado 19 de mayo de 2016).
- Bonilla-Barbosa, J. R. & Novelo, R. A.** 1995. Manual de identificación de plantas acuáticas del Parque Nacional lagunas de Zempoala. Serie Cuadernos No. 26. Instituto de biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 167 p.
- Bonilla-Barbosa, J. R. & Villaseñor, J. L.** 2003. Catálogo de la flora del estado de Morelos. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. 129 p.
- Bonilla-Barbosa, J. R. & Santamaría, B.** 2010. Hydrocharitaceae. En: **Rzedowski, J. & Calderón de Rzedowski, G.** (Eds.). Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Instituto de Ecología, A.C. Fascículo 168: 11 p.
- Bonilla-Barbosa, J. R. & Santamaría, B.** 2013. Plantas acuáticas exóticas y trasladadas invasoras. En: **Mendoza, R. & Koleff, P.** (Coords.). Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. pp. 223-247.
- Bowes, G., Rao, S., Estavillo, G. & Reiskind, J.** 2002. Mechanisms in aquatic angiosperms: comparisons with terrestrial systems. *Functional Plant Biology*. 2(9): 379-392.
- Botanic Gardens.** 2008. *Egeria densa*. <http://www.botanicgardens.ie/gspc/targets/news/egeria.htm>. Día de modificación 1/08/2014.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Branquart, E., Stiers, I., Triest, L., Vanderhoeven, S., Van Landuyt, W., Van Rossum, F. & Verloove, F.** 2013. *Egeria densa*-Brazilian waterweed. <http://ias.biodiversity.be/species/show/54>.
- Cabrera, A. L.** 1968. Flora de la Provincia de Buenos Aires. II. Buenos Aires, Argentina: INTA, 309-404.
- Camargo, A., Pezzato, M., Henry-Silva, G. & Assumpção, A.** 2006. Primary production of *Utricularia foliosa* L., *Egeria densa* Planchon and *Cabomba furcata* Schult. & Schult. f. from rivers of the coastal plain of the state of Sao Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*. 570: 35-39.
- Carrillo, Y., Guarín, A. & Guillot, G.** 2006. Biomass distribution, growth and decay of *Egeria densa* in a tropical high-mountain reservoir (NEUSA, Colombia). *Aquatic Botany*. 8(5): 7-15.
- Carter, M. & Sytsma, M.** 2001. Comparison of the genetic structure of North and South American populations of a clonal aquatic plant. *Biological Invasions*. 3(2): 113-118.
- Champion, P. D. & Clayton, J. S.** 2000. Border control for potential aquatic weeds. Stage 1. Weed risk model. Science for Conservation 141. Department of Conservation, Wellington, New Zealand, 48 p.
- Champion, P. D. & Tanner, C. C.** 2000. Seasonality of macrophytes and interaction with flow in a New Zealand lowland stream. *Hydrobiologia*. 441: 1-12.
- Centre for Agricultural Bioscience International (CABI).** 2016. Consultado 24-11-2016, en <http://www.cabi.org/isc/datasheet/20491>.
- Clunie, P., Stuart, I., Jones, M., Crowther, D., Schreiber, S., McKay, S., O'Connor, J., McLaren, D., Weiss, J., Gunasekera, L. & Roberts, J.** 2002. A risk assessment of the impacts of pest species in the riverine environment in the Murray-Darling Basin. Arthur Rylah Institute for Environmental Research, Department of Natural Resources and Environment, Melbourne, Australia. 250 p.
- Coetzee, J. A., Hill, M. P., Byrne, M. J. & Bownes, A.** 2011. A review of the Biological Control Programmes on *Eichhornia crassipes* (C. Mart.) Solms (Pontederiaceae), *Salvinia molesta* D. S. Mitch. (Salviniaceae), *Pistia stratiotes* L. (Araceae), *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc., (Haloragaceae) and *Azolla filiculoides* Lam. (Azollaceae) in South Africa. *African Entomology*. 19: 461-468.
- Coloma, S. & Orellana, P.** 1996. Distribución espacial y composición general de *Egeria densa* en el Lago Amatitlán. Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro de Estudios Marítimos y Acuícolas.
- Compendio de Especies Acuáticas Invasoras (CABI).** 2014. Large flowered waterweed (*Egeria densa*). Wallingford, UK: CAB Internacional. [www.cabi.org/isc](http://www.cabi.org/isc).
- Cook, C. D. K. & Urmi-König, K.** 1984. A revision of the genus *Egeria densa* (Hydrocharitaceae). *Aquatic Botany* 20: 131-177.
- Darrin, H.** 2009. Invasive species of the Pacific Northwest: Brazilian Elodea, *Egeria densa*, *Anacharis*, *Philotria densa*, Giant Elodea, Brazilian waterweed. Washington Department of Ecology: Aquatic Weeds, United States of America.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



PN  
UD  
Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- de Winton, M. D. & Clayton, J. S. 1996. The impact of invasive submerged weed species on seed banks in lake sediments. *Aquatic Botany*. 53: 31-45.
- Dutartre, A., Haury, J. & Jigorel A. 1999. Succession of *Egeria densa* in a drinking water reservoir in Morbin (France). *Hydrobiologia*. 415: 243-247.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO)**. 2014. PQR database. Paris, France: European and Mediterranean Plant Protection Organization. <http://www.eppo.int/DATABASES/pqr/pqr.htm>
- Feijoo, C., Momo F., Bonetto, C. & Tur, N. 1996. Factors influencing the biomass and nutrient content of the submersed macrophyte *Egeria densa* Planch. In a pampasic stream. *Hydrobiologia*. 341: 21-26.
- Florence, J., Chevillotte, H., Ollier C. & Meyer, J. Y. 2007. *Egeria densa* Base de données botaniques Nadeaud de l'Herbier de la Polynésie Française (PAP).
- Fourney, D. R. & Davis, D. E. 1981. Effects of low concentrations of herbicides on submersed aquatic plants. *Weed Science*. 29: 677-685.
- Furlow, B. M. & Hays, K. L. 1972. Some influence of aquatic vegetation on the species and number of Culicidae (Diptera) in small pools of water. *Mosquito News*. 32: 595-60.
- GB non-native Species Secretariat**. 2015. Large-flowered Waterweed, *Egeria densa*. <http://www.nonnativespecies.org/factsheet/factsheet.cfm?speciesId=1290>.
- Global Invasive Species Database (GISD)**. 2006. *Egeria densa*. National Biological Information Infrastructure and IUCN/SSC, Invasive Species Specialist Group. <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=289>.
- Growns, I., Gehrke, P. C., Astles, K. L. & Pollard, D. A. 2003. A comparison of fish assemblages associated with different riparian vegetation types in the Hawkesbury–Nepean River system. *Fisheries Management and Ecology*. 10: 209-220.
- Hamabata, E. & Kobayashi, Y. 2002. Life cycle of *Egeria densa* Planch. an aquatic plant naturalized in Japan. *Aquatic Botany*. 30(4): 389–403.
- Hamel, K., Parsons, J., Boule, M., Feldman, S., Wertz, I. & Zempke, L. 2001. An aquatic plant identification manual for Washington as Freshwater Plants. Washington State Department of Ecology. Department of Printing Publication. Ecology Publication No. 01-10-032. Washington, USA.
- Hanson, M. L., Knapp, C. W. & Graham, D. W. 2006. Field assessment of oxytetracycline exposure to the freshwater macrophytes *Egeria densa* Planch. and *Ceratophyllum demersum* L. *Environmental Pollution*. 141: 434-442.
- Haramoto, T. & Ikusima, I. 1988. Life cycle of *Egeria densa* Planch. an aquatic plant naturalized in Japan. *Aquatic Botany*. 30: 389-403.
- Hauenstein, E. 2004. Antecedentes sobre *Egeria densa* (luchecillo), hidrófita importante en la alimentación del cisne de cuello negro. *Gestión Ambiental*. 10: 89-95.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Hofstra, D. E., Clayton, J., Green, J. D. & Auger, M. 1999. Competitive performance of *Hydrilla verticillata* in New Zealand. *Aquatic Botany*. 63: 305-324.
- Johnson, D., Carlock, M. & Artz, T. 2006. *Egeria densa* control program second addendum to 2001 environmental impact report with five years program review and future operations plan. The State of California Department of Boating and Waterways. California, USA. 295 p.
- Kay, S. H. & Hoyle, S. T. 2001. Mail Order, the Internet, and Invasive Aquatic Weeds. *Journal of Aquatic Plant Management*. 39:88-91.
- Keller, R. P. & Lodge, D. M. 2007. Species invasions from commerce in live aquatic organisms: problems and solutions. *BioScience*. 57: 428-436.
- Kissmann, K. G. 1997. Plantas Infestantes e Nocivas. Tomo 1, edition 2. São Paulo Brazil: BASF, 256-258.
- Kozhevnikova, Z. V. & Kozhevnikov A. E. 2009. *Elodea densa* (Hydrocharitaceae), a new adventive species for the flora of Asian Russia. *Botanicheskii Zhurnal*. 94(11): 1705-1710.
- Lafontaine, R. M., Beudels-Jamar, R. C., Robert, R. & Delsinne, T. 2013. Risk analysis of the Brazilian Waterweed, *Egeria densa* Planch. Sciences for the Federal Public Service Health, Food chain safety and Environment, Belgium. 36 p.
- Lagos, N. A., Paolini, P., Jaramillo, E., Lovengreen, C., Duarte, C. & Contreras, H. 2008. Environmental processes, water quality degradation, and decline of water bird populations in the Rio Cruces wetland, Chile. *Wetlands*. 28(4): 938-950.
- Lansdown, R. 2011. *Egeria densa*. GB Non-natives Factsheet Editor. Biological Records Centre, Centre for Ecology and Hydrology. Day of modification. 18-07-2014.
- Latournerié, C. J. & Román, J. 2006. Crecimiento, producción y eficiencias de energía de crías de acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) alimentados con detritus de *Egeria densa*. *Revista Electrónica de Veterinaria RDVET*. 7: 1-11.
- Macdonald, I. A. W., Reaser, J. K., Bright, C., Neville, L. E., Howard, G. W., Murphy, S. J. & Preston, G. 2003. Invasive alien species in southern Africa: national reports & directory of resources. Global Invasive Species Programme, Cape Town, South Africa.
- Martínez, M. 2016. Monitoreo de las plantas acuáticas exóticas invasoras en cuerpos de aguas seleccionados en México. Primer Reporte trimestral 2016 de las actividades presentado a la CONABIO y a PNUD en el marco d del proyecto GEF". Aumentar las Capacidades de México para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI", IMTA, Morelos, México.
- Matthews, J., Koopman, K. R., Beringen, R., Odé, B., Pot, R., van der Velde, G., van Valkenburg, J. L C. H. & Leuven, R. S. E. W. 2014. Knowledge document for risk analysis of the non-native Brazilian waterweed (*Egeria densa*) in the Netherlands. Radboud University Nijmegen. Reports Environmental Science 468. 61 p.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Mazzeo, N., Rodríguez-Gallego, L., Kruk, C., Meerhoff, M., Gorga, J., Lacerot, G. & García-Rodríguez, F.** 2003. Effects of *Egeria densa* Planch. beds on a shallow lake without piscivorous fish. *Hydrobiologia*. 506: 591-602.
- Meacham, P.** 2001. Washington State aquatic nuisance species management plan. The Washington aquatic nuisance species coordinating committee. Washington State Department of Fish and Wildlife, Washington, USA.
- Millane, M. & Caffrey, J.** 2014. Risk Assessment of *Egeria densa*. Inland Fisheries Ireland and the National Biodiversity Data Centre, Ireland.
- Módenes, A. N., Pietrobelli, J. M. T. A. & Espinoza-Quiñones, F. R.** 2009. Cadmium biosorption by non-living aquatic macrophytes *Egeria densa*. *Water Science and Technology*. 293-300.
- Molina, S. & González, A.** 2012. Uso de elodea (*Egeria densa*) en la alimentación de pollitas de estirpes. *Revista Científica*. 22: 32-36.
- Mori, E.S., Martins, D., Velini, E. D., Marino, C. L., Gouvea, C. F., Leite, S. M. M., Camacho, E. & Guries, R. P.** 2012. Genetic diversity in *Egeria densa* and *E. najas* in Jupia Reservoir, Brazil. *Cien. Inv. Agr.* 39(2): 321-330.
- Novelo, R. A. & Lot, A. H.** 1990. Hydrocharitaceae. In: Rzedowski, J. y G. C. Rzedowski (Eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México, Vol. III. Instituto de Ecología A.C., Pátzcuaro, Michoacán. pp. 30-34.
- Oliveira, N., Sampaio, E., Pereira, S. & Moura Junior, A.** 2005. Regeneration capacity of *Egeria densa* in reservoirs in Paulo Afonso, Bahia. *Planta Daninha*. 23: 263-369.
- Oviedo-Prieto, R., Herrera-Oliver, P., Caluff, M. G., Regalado, L. L., Ventosa-Rodríguez I., Plasencia-Fraga, J. M., Oviedo, I. B., González-Gutiérrez, P. A., Pérez-Camacho, J., Hechavarría-Schwesinger, L., González-Oliva, L., Catasús-Guerra, L., Padrón-Soroa, J., Suárez-Terán, S. I., Echevarría-Cruz, R., Fuentes-Marrero, I. M., Angulo, R. R., Oriol-Rodríguez, P., Bonet-Mayedo, W. Villate-Gómez, M., Sánchez-Abad, N., Begué-Quiala, G., Villaverde-López, R., Chatelo-Torres, T. Matos-Mederos, Gómez-Fernández, J., Gómez-Fernández, R., Acevedo, C., Lóriga-Piñeiro, J., Romero-Jiménez, M. Mesa-Muñoz, I., Vale-González Á., Leiva, A. T., Hernández-Valdés, J. A., Gómez-Campo, N.E. Toscano-Silva, B. L. González-Echevarría, M. T., Menéndez-García A., Chávez-Zorrilla, M. I. & Torres-Cruz. M.** 2012. National list of invasive and potentially invasive plants in the Republic of Cuba 2011. (Lista nacional de especies de plantas invasoras y potencialmente invasoras en la República de Cuba - 2011). *En: Bissea: Boletín sobre Conservación de Plantas del Jardín Botánico Nacional de Cuba*. 6(1): 22-96.
- Pelicice, F. & Agostinho, A. A.** 2006. Feeding ecology of fishes associated with *Egeria* spp. Patches in a tropical reservoir, Brazil. *Ecology of Freshwater Fishes*. 15: 10-19.
- Pennington, T. G. & Sytsma, M. D.** 2009. Seasonal changes in carbohydrate and nitrogen concentrations in Oregon and California populations of Brazilian *Egeria* (*Egeria densa*). *Invasive Plant Science and Management*. 2: 120-129.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Pulgar, Í. & Izco, J.** 2005. *Egeria densa* Planchon (Hydrocharitaceae) in Pontevedra province (Spain). *Acta Botanica Malacitana*. 30: 173-175.
- Q-Bank Invasive Plants (Q-BIP).** 2016. <http://www.q-bank.eu/Plants/BioloMICS.aspx?Table=Plants%20-%20Species&Rec=28&Fields=All>. [Consultado: 25 de agosto de 2016].
- Rai, A. K. & Pradhan, B. R.** 2000. Aquatic weeds in the Lakes Phewa, Begnas and Rupa in Pokhara Valley, Nepal. *Veterinary Review (Kathmandu)*. 15: 10-12.
- Roberts, D., Church, A. & Cummins, S.** 1999. Invasion of *Egeria* into the Hawkesbury-Nepean River, Australia. *Aquatic Plant Management*. 37: 31-34.
- Royal New Zealand Institute of Horticulture (RNZIH).** 2005. *Egeria densa*. [http://www.rnzih.org.nz/pages/nppa\\_035.pdf](http://www.rnzih.org.nz/pages/nppa_035.pdf).
- Saint-John, H.** 1961. Monograph of genus *Egeria* Planchon. *Darwiniana*. 12(2): 293-307.
- Talavera, S. & Gallego, M. J.** 2010. *Egeria* Planch. In: **Talavera, S., Gallego, M. J., Romero-Zarco, M. & Herrero, A.** (Eds.). Flora Ibérica. Butomaceae, Juncaceae. Real Jardín Botánico-CSIC. Madrid. 17: 34-36.
- Tanner, C., Clayton, J. & Coffey, B.** 1990. Submerged-vegetation changes in lake Rotorua (Hamilton, New Zealand) related to herbicide treatment and invasion by *Egeria densa*. New Zealand. *Marine and Freshwater Research*. 24: 45-57.
- Tanner, C. C., Clayton, J. S. & Harper, L. M.** 1986. Observations on aquatic macrophytes in 26 northern New Zealand lakes. *Botany*. 24: 539-551.
- USDA-ARS,** 2003. Germplasm Resources Information Network (GRIN). Online Database. Beltsville, Maryland, USA: National Germplasm Resources Laboratory. <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomysearch.aspx>.
- USDA-NRCS,** 2002. The Plants Database, Version 3.5. National Plant Data Center, Baton Rouge, USA. <http://plants.usda.gov>.
- Veldkamp, J. F.** 2008. *Egeria densa* (Hydrocharitaceae), a new genus and species for Malesia. *Flora Malesiana Bulletin*. 14(3):156-159.
- Washington State Department of Ecology.** 2014. Technical information about Brazilian elodea (*Egeria densa*). <http://www.ecy.wa.gov/Programs/wq/plants/weeds/aqua002.html>. Last accessed 24-07-2014.
- Wells, R. D. S., de Winton, M. D. & Clayton, J. S.** 1997. Successive macrophyte invasions within the submerged flora of Lake Tarawera, central North Island, New Zealand. *Marine and Freshwater Research*. 31: 449-459.
- Yarrow, M., Marin, V. H., Finlayson, M., Tironi, A., Delgado, L. E. & Fischer, F.** 2009. The ecology of *Egeria densa* Planchon (Liliopsida: Alismatales): A wetland ecosystem engineer. *Revista Chilena de Historia Natural*. 82: 299-313.

## *Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle

Ill. Bot. Himal. Mts. 1: pl 376



Figura 12. Foto de *Hydrilla verticillata*. Tomada de [http://wildplantsshimane.jp/Plates/Hydrilla\\_verticillata.htm](http://wildplantsshimane.jp/Plates/Hydrilla_verticillata.htm)

Bonilla-Barbosa, J. R. 2016. Análisis de riesgo de plantas acuáticas exóticas con potencial invasor en México: *Hydrilla verticillata*. Realizado dentro del proyecto GEF 0089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## CLASIFICACIÓN

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae Haeckel, 1866

División Magnoliophyta Cronquist, Takht. & Zimmerm., 1966

Clase: Lilipsida Cronquist, Takht. & Zimmerm., 1966

Orden Alismatales R. Br. ex Bercht. & J. Presl, 1820

Familia: Hydrocharitaceae Juss., 1789

Género: *Hydrilla* Rich., 1814

Especie: *Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle, 1839

## SINONIMIAS

*Elodea verticillata* F. Müell., 1888

*Hydrilla alternifolia* Miq., 1870

*Hydrilla angustifolia* Hassk., 1840

*Hydrilla dregeana* Presl, 1844

*Hydrilla japonica* Miq., 1866

*Hydrilla lithuanica* (Besser) Dandy, 1952

*Hydrilla muscoides* Planch., 1849

*Hydrilla najadifolia* Zoller & Mortizi, 1846

*Hydrilla polysperma* Blatt., 1931

*Hydrilla subulata* Royle, 1839

*Hydrilla wightii* Planch., 1849

*Serpicula verticillata* L. f., 1782

*Udora verticillata* Spreng., 1824

*Vallisneria verticillata* Roxb., 1814

## TAXONOMÍA Y NOMENCLATURA

*Hydrilla* es un género monotípico, su especie, *H. verticillata* es variable tanto genética como fenotípicamente, sin embargo, no se reconocen taxa intraespecíficas (Cook y Lüönd, 1982; Preston y Croft, 1997).

## DESCRIPCIÓN

La siguiente descripción se basa en varios autores (Cook *et al.*, 1974; Aston, 1977; Swarbrick *et al.*, 1981; Cook y Lüönd, 1982; Pieterse, 1981; Yeo *et al.*, 1984). Varían en longitud cuando están en condiciones de acuario o en condiciones naturales.

Hidrófita enraizada sumergida, perenne, monoica o dioica. Tallos ramificados, de 1 mm de diámetro y hasta 3 m de largo; los entrenudos son de 3 a 50 mm de largo. Hojas sésiles, dispuestas en verticilos en los nodos; 3 a 8 o a veces hasta 12 hojas por verticilo; de 7 a 40 mm de largo, lineares a lanceoladas, con nervadura central conspicua; margen agudamente dentado, con muy pequeñas espinas y dientes en la nervadura central del envés. Inflorescencias unisexuales, derivadas de espatas situadas en las axilas de la hoja; flores con tres sépalos y tres pétalos. Perianto verde claro o translúcido (los sépalos generalmente ligeramente rojizos). Espata masculina cerca de 1.5 mm de largo, solitarias en las axilas de las hojas, ligeramente espinosas. Espata femenina cerca de 5 mm de largo, solitarias en las axilas de las hojas. Estilos tres, estambres tres y pétalos tres. Ovario cilíndrico a estrechamente cónico, inserto en la base del periginio; estilo tan largo como el periginio, estigmas tres. Fruto cilíndrico, de 7 mm de largo y 1.5 mm de ancho; semillas 2 a 7, oblongo-elipsoides.

Para sobrevivir condiciones desfavorables para el crecimiento, la planta produce dos tipos de órganos especiales de hibernación. Estas estructuras se forman respectivamente en la axila de la hoja (generalmente descritas como turiones, turiones axilares o turiones verdes), y en la punta de las ramas (generalmente descrito como turiones subterráneos, turiones marrón o tubérculos). Ambas estructuras, que son anatómica y morfológicamente similares, pueden considerarse como brotes especializados de plantas acuáticas en los cuales los nutrimentos son almacenados, y que finalmente se desprenden de la planta madre.

Los turiones axilares son pedunculados, cilíndricos o ligeramente cónicos, de 3 a 12 mm de largo y de 2 a 3.5 mm de diámetro; se forman frecuentemente en los fragmentos que flotan libremente.

Los turiones subterráneos tienen forma fusiforme, de 4 a 15 mm de largo y de 2.5 a 6 mm de diámetro, cubierto por 16 a 17 verticilos de hojas.



Figura 13. Plantas de *Hydrilla verticillata* sumergidas. <http://www.consciouslifestylemag.com/hydrilla-verticillata-superfood/>.



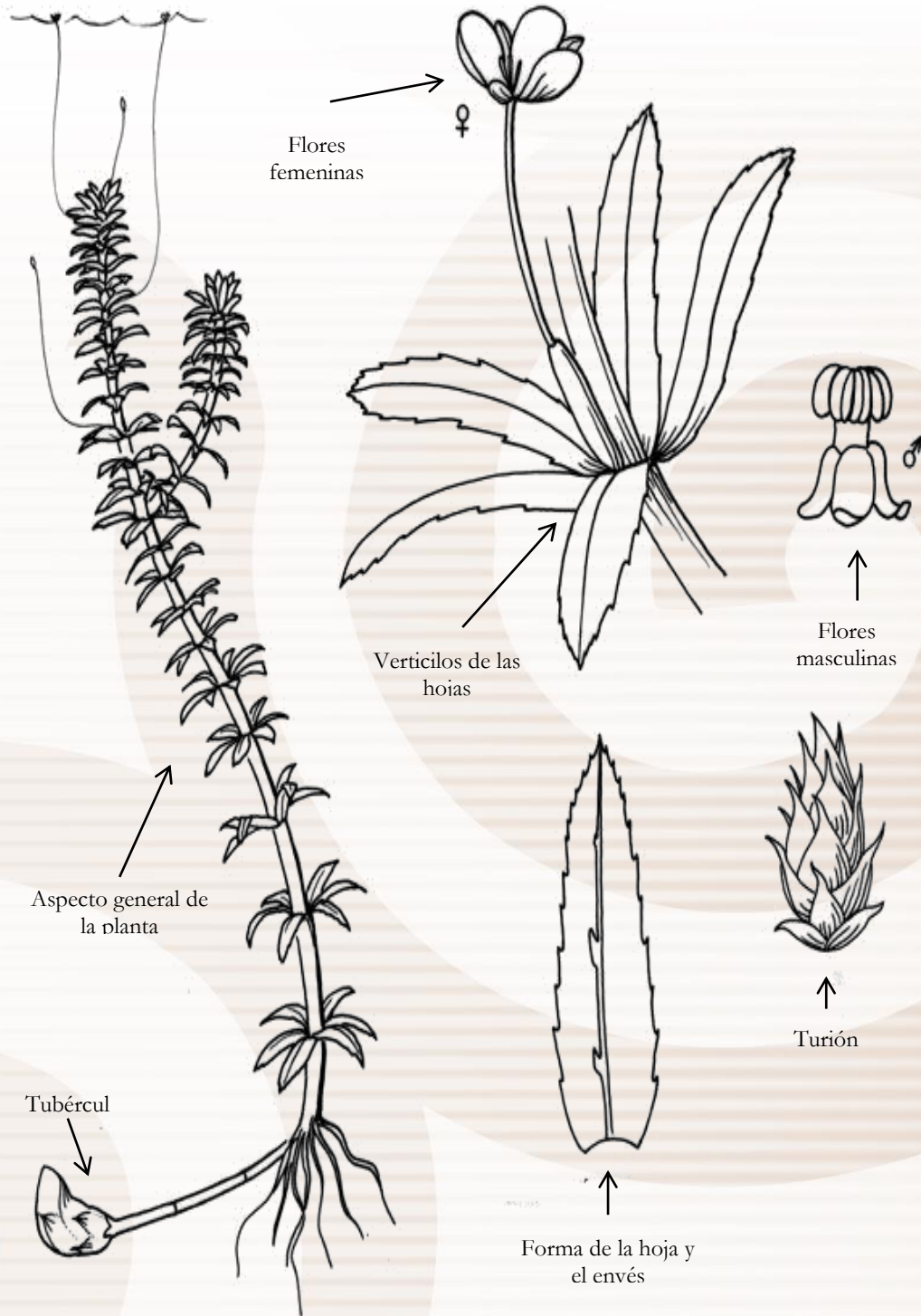


Figura 14. Morfología de *Hydrilla verticillata*.

[https://www.dep.state.fl.us/coastal/news/articles/2008/0807\\_WaterWeeds.htm](https://www.dep.state.fl.us/coastal/news/articles/2008/0807_WaterWeeds.htm).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## NOMBRES COMUNES

“Quirlblättrige Grundnessel”, “Wasserquirl” (Alemania); “hidrila” (Cuba); “maleza acuática” (España); “hydrilla” (Estados Unidos); “kinomo” (Japón); “hidrila” (México).

## ORIGEN

*Hydrilla verticillata* es considerada una especie que tiene un amplio y disyunto rango geográfico (Pieterse, 1981; Cook y Lüönd, 1982; Preston y Croft, 1997). Debido a que no se conoce con exactitud su origen, algunos autores consideran que es nativa en Indonesia, Papua Nueva Guinea; en el Océano Índico ocurre en la Isla Mauricio, Reunión y Madagascar; en el Océano Pacífico se ha localizado en Fiji y Guam; es muy común en el norte y occidente de Australia, y también se conoce en Nueva Zelanda (Madeira *et al.*, 1997); se cree que es nativa, pero es relativamente rara en Europa como en Polonia, Bielorrusia e Irlanda (Preston y Croft, 1997), y ha sido protegida en Lituania (Balevicius, 1998).

El tipo dioico que es el más común de *H. verticillata* se considera que fue originado en el subcontinente de la India, mientras que el origen del tipo monoico es probable sea de Corea (Madeira *et al.*, 1997).

Su rango de natividad incluye el sudeste de Asia como en Afganistán, China, Corea, India, Irán, Japón, Manchuria y Pakistán; mientras que en África, en el centro, oriente y sur (Gutiérrez *et al.*, 1994; Madeira *et al.*, 1997; Roble y Madsen, 2009).

## DISTRIBUCIÓN NATURAL

### En el mundo

La distribución geográfica a nivel mundial en el siguiente apartado indica solamente las poblaciones nativas.

**Asia:** Afganistán, Andhra Pradesh, Arunachal Pradesh, Assam, Bangladesh, Bengala del Oeste, Bihar, Brunei, Camboya, China, Corea, Delhi, Filipinas, Goa, Gujarat, Haryana, Himachal Pradesh, Honshu, Hubei, India, Indonesia, Irán, Jammu y Cachemira, Japón, Jiangsu, Karnataka, Kerala, Laos, Libano, Madhya Pradesh, Maharashtra, Malasia, Maniour, Meghalaya, Molucas, Myanmar, Nepal, Odisha, Pakistán, Punjab, Rajasthan, Singapur, Sri Lanka, Tailandia, Tamil Nadu, Uttar Pradesh, Vietnam, Yunnan (Holm *et al.*, 1979; Pieterse, 1981; Cook y Luönd, 1982; Verkleij *et al.*, 1983; Soerjani *et al.*, 1987; Waterhouse, 1993; Zhu *et al.*, 1993; Haider *et al.*, 1995; Cook, 1996; Solongarachchi y Perera, 1996; Zhou *et al.*, 1996; Ni,

1997; Siriworakul *et al.*, 1997; Buckingham y Bennet, 1998; Zhang *et al.*, 1999; Rai y Pradhan, 2000; Wijeyaratne y Perera, 2000; Lee *et al.*, 2001; Usha y Alka, 2002; EPPO, 2014).

**África:** Burundi, Costa de Marfil, España, Islas Canarias, Kenia, Mauricio, Mozambique, República Democrática del Congo, Reunión, Tanzania, Uganda, Zambia (Holm *et al.*, 1979; Pieterse, 1981; Cook y Lüönd, 1982; USDA-NRCS, 2011b; EPPO, 2014).

**Europa:** Alemania, Bielorrusia, Escocia, España, Gales, Inglaterra, Irlanda, Latvia, Lituania, Polonia, Reino Unido, Rusia, (Tutin *et al.*, 1972; Holm *et al.*, 1979; Pieterse, 1981; Provatova y Buch, 1981; Cook y Lüönd, 1982; Klosowski y Tomaszewicz, 1997; Preston y Croft, 1997; Balevicius, 1998; EPPO, 2014).

**Oceanía:** Australia, Australia del Norte, Australia del Oeste, Australia del Sur, Fiji, Guam, Nueva Gales del Sur, Nueva Zelanda, Papua Nueva Guinea, Queensland, Victoria (Sainty y Jacobs, 1981; Cook y Lüönd, 1982; Balcuinas y Burrows, 1996; Winton *et al.*, 1996; Hearnden y Kay, 1997; Preston y Croft, 1997; Hofstra *et al.*, 1999; Hofstra *et al.*, 2001; Roberts *et al.*, 2001; EPPO, 2014).

## DISTRIBUCIÓN POR INTRODUCCIONES A NIVEL MUNDIAL Y MÉXICO

### Introducción intencional

#### En el mundo

En Norteamérica y otros países, *H. verticillata* se ha introducido en ríos, estanques y canales a través de fragmentos eliminados de acuarios o de jardines acuáticos. Se dispersa también por medio de embarcaciones de recreo, en sus motores y remolques (Jacono *et al.*, 2011).

De lo anterior se considera que *Hydrilla verticillata* es introducida por medio de fragmentos de la planta por animales, agua, embarcaciones, desechos de acuarios y jardines acuáticos (Jacono *et al.*, 2011).

Al menos tres diferentes cepas de *H. verticillata* se han extendido a los Estados Unidos y la zona del Canal de Panamá. El primer registro es del tipo dioico que a principios de la década de 1950 fue importado para el uso en acuarios; las otras dos cepas fueron introducciones separadas (Jacono, 2011). En la actualidad está presente a lo largo de los estados del Golfo de México, en el sur de California y en ciertas localidades del centro y oriente del país (Jacono *et al.*, 2011).

Fue introducida a Estados Unidos por distribuidores de plantas y peces tropicales, siendo su primer registro en Florida en el año de 1960 (Robles y Madsen, 2009).

*Hydrilla verticillata* fue introducida en México por la belleza de su flor, además del inadecuado manejo en el comercio de acuarios donde se utiliza como planta de ornato (Martínez *et al.*, 2003).

*Hydrilla verticillata* en el año 2005 se registró por primera vez, invadiendo rápidamente el río principal y los canales laterales del Alto Paraná en Brasil (Sousa, 2011).

La distribución geográfica a nivel mundial en el siguiente apartado indica solamente las poblaciones que han sido consideradas introducidas.

**Asia:** Irak (Al-Mandeel, 2013).

**África:** Madagascar, Sudáfrica (Madeira *et al.*, 2007; USDA-NRCS, 2011b).

**Norteamérica:** Estados Unidos: Alabama, Arizona, Arkansas, California, Carolina del Norte, Carolina del Sur, Connecticut, Delaware, Distrito de Columbia, Florida, Georgia, Guam, Idaho, Indiana, Iowa, Kansas, Kentucky, Louisiana, Maine, Maryland, Massachusetts, Mississippi, Missouri, Nueva Jersey, Nueva York, Oklahoma, Pensilvania, Puerto Rico, Tennessee, Texas, Virginia, Washington, Wisconsin (Pieterse, 1981; Cook y Lüönd, 1982; Steward *et al.*, 1984; Harlan *et al.*, 1985; Ryan *et al.*, 1995; Sutton y Portier, 1995; Fox *et al.*, 1996; Langeland, 1996; Sutton, 1996; Les *et al.*, 1997; Killgore *et al.*, 1998; Everitt *et al.*, 1999; Mataraza *et al.*, 1999; Smither-Kopperl, 1999a; Spencer y Ksander, 1999; Battle y Mihuc, 2000; Hanlon *et al.*, 2000; Kirk *et al.*, 2000; Doyle y Smart, 2001; Jacono *et al.*, 2001; Kirk *et al.*, 2001; Owens *et al.*, 2001; Wheeler y Center, 2001; Brown y Maceina, 2002; Cuda *et al.*, 2002; Alix *et al.*, 2009; Robles y Madsen, 2009; Jacono *et al.*, 2011; USDA-NRCS, 2011c; EPPO, 2014).

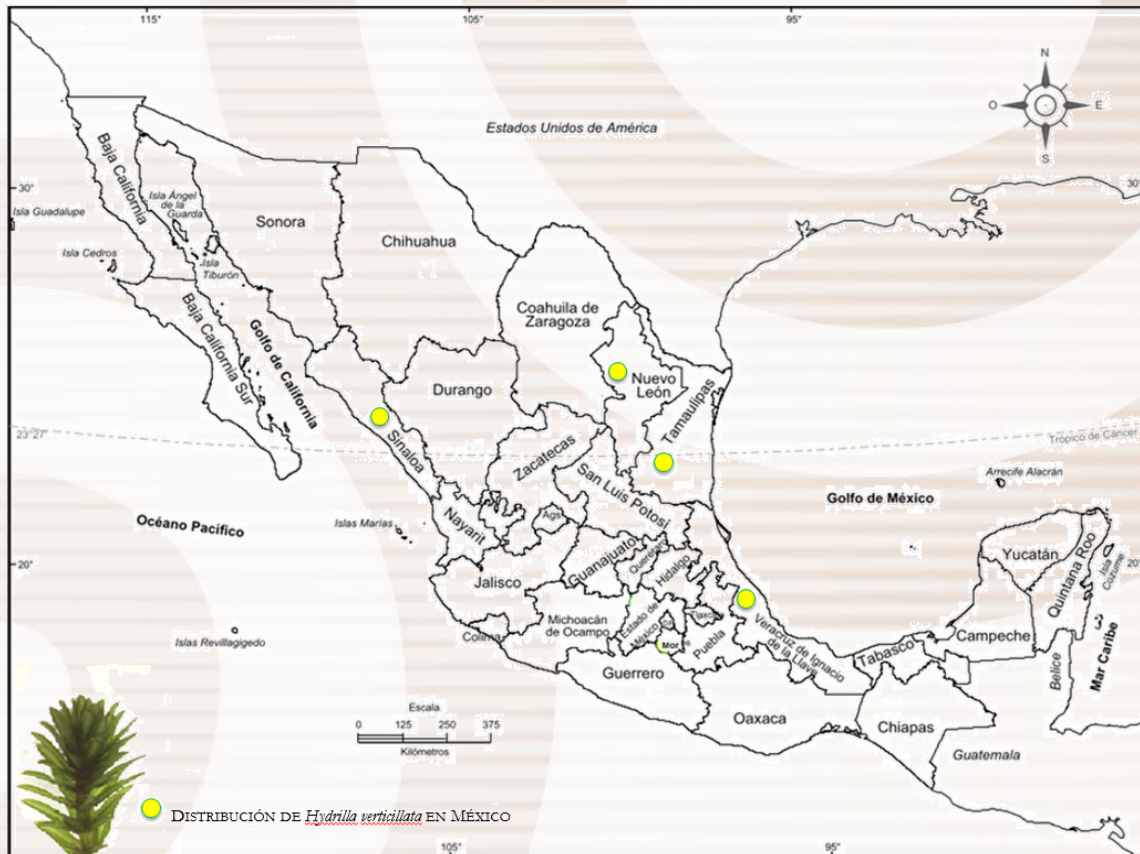


Figura 15. Distribución geográfica de *Hydrilla verticillata* en México.

**Centroamérica y el Caribe:** Barbados, Costa Rica, Cuba, Guatemala, Panamá, Puerto Rico (Croft, 1978; Pieterse, 1981; Cook y Lüönd, 1982; Rojas y Agüero, 1996; Abreu-Rodríguez y Bernier-Castello, 2001; Binimelis *et al.*, 2007; Brome *et al.*, 2007; Oviedo-Prieto *et al.*, 2012).

**Sudamérica:** Brasil, Venezuela (Schotman, 1989; Sousa *et al.*, 2009).

**Europa:** Austria (Preston y Croft, 1997).

**México:** Nuevo León, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz (Novelo y Martínez, 1989; Rendón-Pimentel *et al.*, 1996; Camarena y Aguilar, 1999; Mora-Olivo *et al.*, 2013).

## BIOLOGÍA, ECOLOGÍA E HISTORIA NATURAL

### Información genética

Aunque *Hydrilla* se considera en la actualidad como un género monotípico, la especie *H. verticillata* es muy polimórfica, especialmente con relación a la morfología y tamaño de las hojas y al grosor de los tallos, por lo que es difícil distinguirla de *Egeria densa* y *Elodea canadensis* (Verkleij y Pieterse, 1991).

Hay marcadas diferencias en los patrones de isoenzimas entre cepas de diferentes regiones (Verkleij y Pieterse, 1991); plantas dioicas mostraron variación en fenotipos diploides ( $2n = 16$ ) y triploides ( $2n = 24$ ); sin embargo, plantas monoicas no mostraron variación alguna y se supone que los ramets son del mismo clon (Nakamura *et al.*, 1998).

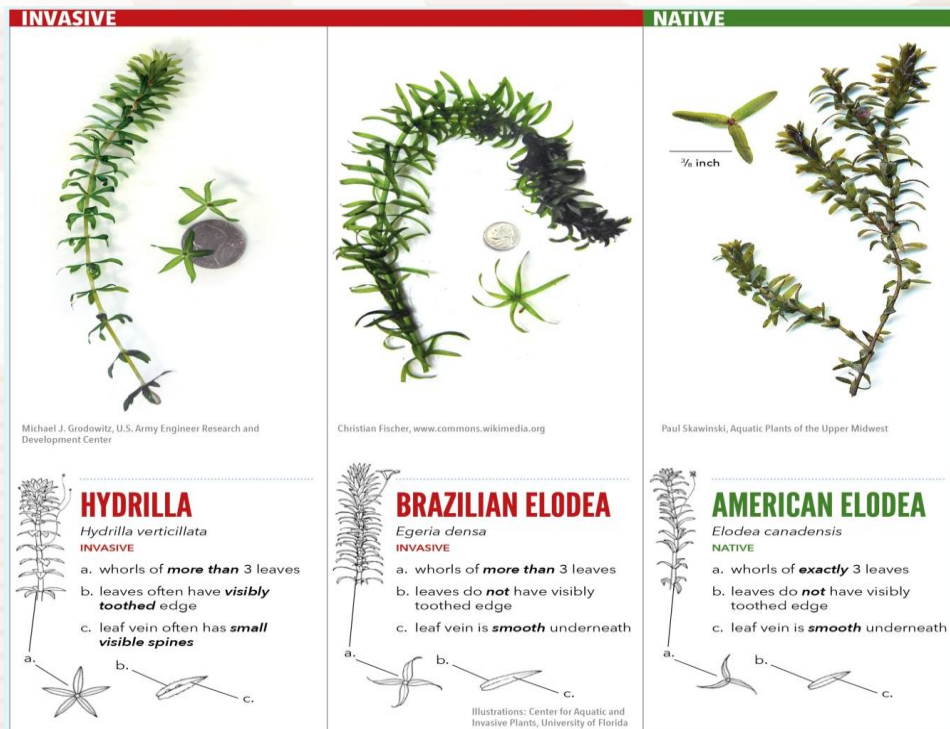


Figura 16. Comparación morfológica entre *Egeria densa*, *Elodea canadensis* e *Hydrilla verticillata*.  
<http://idtools.org/id/appw/factsheet.php?name=13087>.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO

COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

En ciertos casos algunos fenotipos de isoenzimas específica pueden ser señalados como diagnósticos de cepas de una región en particular. Material de Connecticut en el noreste de los Estados Unidos, es triploide y dioico (Les *et al.*, 1997) lo que sugiere que los diploides y triploides se originaron de una única introducción; mientras que las monoicas y dioicas sugieren haber sido variantes de introducciones repetidas (Madeira *et al.*, 2000).

## Biología reproductiva

*Hydrilla verticillata* es una hidrófita enraizada sumergida, que se arraiga por medio de raíces adventicias filiformes, sus tallos se ramifican y produce tubérculos y turiones como estrategias aptas en su propagación (Sutton y Portier, 1985). Las flores son unisexuales, originadas de espaldas situadas en las axilas de las hojas, cada flor tiene tres sépalos y tres pétalos, la flor femenina, debido a la elongación del perianto, asciende a la superficie del agua y sus segmentos permanecen cerrados sobre los estigmas durante este movimiento, y retienen una burbuja de aire por encima de ellos. Los segmentos del perianto abren formando un gran embudo que flota en la superficie del agua. La flor masculina se separa de la planta y se sostiene en la superficie del agua donde los segmentos del perianto maduran, las anteras abren explosivamente y expulsan el polen hasta 20 cm de distancia polinizando a la flor femenina a través del viento.

*Hydrilla verticillata* se propaga vegetativamente de forma horizontal por medio de ramificaciones del tallo sobre el fondo de los ecosistemas acuáticos donde crece, sus estructuras vegetativas (hojas y raíces) se originan en los nodos, además, también lo hace por turiones, en donde fragmentos de la planta madre se desprenden formando nuevos individuos con raíces que al tener contacto con un sustrato favorable se fija y se desarrolla. Estos propágulos se originan en las axilas de las hojas (generalmente conocidos como turiones, turiones axilares o turiones verdes) que son brotes cortos y especializados de plantas acuáticas en donde se almacenan nutrimentos que cuando maduran se desprenden de la planta progenitora. Los turiones axilares son pedunculados, cilíndricos o ligeramente cónicos en forma, que se pueden producir entre 1000 a 6000 por metro cuadrado en temporadas de cultivo y permanecen viables por cerca de cuatro años (Pieterse, 1981; USDA-NRCS, 2011c).

En Florida, Estados Unidos, el número promedio de turiones subterráneos varió de 36 a 207/m<sup>2</sup> y el número promedio de turiones axilares de 5 a 90/m<sup>2</sup> (Sutton y Portier, 1985; Steward y Van, 1987). En áreas donde *H. verticillata* muere durante el invierno, la formación de los turiones se produce principalmente en el otoño, pero los turiones axilares se forman de fragmentos que flotan libremente.

Se han llevado a cabo estudios sobre la biología de la producción de turiones; el más útil de estos es la revisión exhaustiva de Netherland (1997), otros han sido sobre el efecto del fotoperiodo sobre el desarrollo de los turiones (Steward, 1997; Steward, 2000); los factores que afectan la formación de



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

turiones (Langeland *et al.*, 1996); el tamaño de los turiones (Spencer y Ksander, 1995); y el tiempo de desarrollo de los turiones en la planta (Spencer y Ksander, 1995; Spencer y Ksander, 1997).

Desde el punto de vista reproductivo, *Hydrilla verticillata* manifiesta los dos tipos de mecanismos: el asexual en el que la especie produce plantas con flores monoicas o dioicas; y el asexual o vegetativo, el cual es el más importante y común que le permite a la planta la formación de clones, tanto de plantas masculinas como femeninas. En California y los Estados del Golfo de los Estados Unidos y en Europa, no hay ninguna formación de semillas debido a que el clon introducido es el femenino (Swarbrick *et al.*, 1981; Cook y Lüönd, 1982; Yeo *et al.*, 1984).

### Requerimientos ambientales

En los Estados Unidos, *Hydrilla verticillata* crece óptimamente a temperaturas de 20 a 27 °C, es capaz de crecer en cualquier cuerpo de agua, a profundidades variables, a altas y bajas concentraciones de nutrientes, en condiciones de turbidez y bajos niveles de CO<sub>2</sub>, en condiciones ideales es capaz de crecer entre 2 y 4 pulgadas / día (Tribunal Centroamericano del Agua, 2004).

### MECANISMOS DE DISPERSIÓN

#### Dispersión natural

Los primeros informes relacionados con las introducciones en Europa indican que los ejemplares fueron transportados a través de las plumas o las patas de aves acuáticas (EPPO, 2011), que puede ser tanto local como a gran distancia. Pero es también importante indicar que los tubérculos y turiones de *Hydrilla* pueden sobrevivir a la ingestión en las aves acuáticas y posteriormente pueden ser regurgitados (ISSG, 2011).

Los fragmentos enraízan en el sustrato y con ello forman nuevas poblaciones en todo el cuerpo de agua (Jacono *et al.*, 2011).

#### Estatus (reportes como especie invasora en otros sitios)

Esta especie está incluida dentro de las 100 especies más invasoras y agresivas del mundo (Lowe *et al.* 2004). Se ha establecido en 16 estados de los Estados Unidos (Alabama, Arizona, Arkansas, California, Carolina del Norte, Carolina del Sur, Florida, Georgia, Idaho, Los Ángeles, Minesota, Missouri, Oklahoma, Tennessee, Texas, Virginia), también en Guam y Puerto Rico; fue removida y controlada en estanques aislados en Iowa y Kansas (Sample, 1972; Kansas Department of Wildlife, 2009).

En México se considera en los estados de Nuevo León, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz (Novelo y Martínez, 1989; Rendón-Pimentel *et al.*, 1996; Camarena y Aguilar, 1999; Mora-Olivo *et al.*, 2013).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## USOS Y COMERCIALIZACIÓN

### Historia de la comercialización

#### Ornamental

Introducciones de *Hydrilla verticillata*, derivan del comercio del acuarismo (Madeira *et al.*, 2000). Al menos tres diferentes cepas de *H. verticillata* se han extendido a los Estados Unidos y la zona del Canal de Panamá (lago Gatún) desde el año de 1970. El primer registro para los Estados Unidos es del tipo dioico que a principios de la década de los 1950s fue importado desde la India para el uso en acuarios, mientras que la monoica fue importada de Corea que apareció décadas más tarde (Jacono, 2011).

#### Tratamiento de aguas residuales

Mariappan *et al.* (2002) emplearon plantas acuáticas incluyendo a *Hydrilla verticillata* para el reciclamiento de nutrimentos en efluentes tratados, indicando que es una excelente planta en la depuración del agua.

#### Medicinal

*Hydrilla verticillata* se ha usado tradicionalmente ya que de ella se obtienen productos farmacéuticos (Jacono *et al.*, 2011). En la India, con su excelente conocimiento tradicional en la medicina herbolaria ha utilizado especies de plantas acuáticas para diversos fines curativos, entre ellas, para curar heridas con *Hydrilla verticillata* (Dangwal *et al.*, 2010).

## POTENCIAL DE ESTABLECIMIENTO Y COLONIZACIÓN

### Potencial de colonización

En cuanto a su potencial invasor se refleja en lo siguiente: abundancia en su rango geográfico donde es nativa, rápido desarrollo, se reproduce sexual y asexualmente, alto potencial reproductivo, sus propágulos permanecen viables hasta por seis meses con base en la variación de las condiciones ambientales, gran adaptación y tolerancia a diferentes ambientes, habita fácilmente diversos ecosistemas y hábitats, son invasoras fuera de sus rangos originales.

Un estudio realizado en Florida indica que tras la invasión de *Hydrilla verticillata* sus tubérculos sobrevivieron en reposo durante un período de más de cuatro años después de haber sido





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

producidos, mientras que los turiones germinaron fácilmente hasta un periodo de un año (Van y Steward, 1990).

### Potencial de dispersión

En Norteamérica y otros países, *H. verticillata* se ha introducido en ríos, estanques y canales a través de fragmentos eliminados de acuarios o de jardines acuáticos. Se dispersa también por medio de embarcaciones de recreo, en sus motores y remolques. Los fragmentos enraízan en el sustrato y con ello forman nuevas poblaciones en todo el cuerpo de agua (Jacono *et al.*, 2011).

### EVIDENCIAS DE IMPACTOS

En general, los impactos principales que causa *Hydrilla verticillata* en los sitios donde infesta son los siguientes: ocasiona cambios en el ecosistema, modifica la hidrología del ecosistema, altera el hábitat, compete fácilmente con otras especies, modifica las comunidades bénticas, forma monocultivos, reduce la biodiversidad nativa, afecta negativamente la acuicultura, afecta el transporte de botes y lanchas, afectan negativamente la salud humana y la fauna de los ecosistemas acuáticos (Colle y Shireman, 1980; Schardt, 1995; Jacono *et al.*, 2011).

### Impactos/beneficios socioeconómicos

Con base en su rápido crecimiento y la alta eficiencia en sus estrategias de supervivencia, *H. verticillata* es una de las plantas acuáticas más problemáticas en el mundo. Compete rápidamente con otras especies de plantas y forma masas densas, que pueden cubrir completamente los ecosistemas acuáticos que infesta.

Efectos nocivos de *H. verticillata* incluyen los siguientes: impide el movimiento del agua para riego; dificulta la navegación y el uso recreativo del agua como la natación o la pesca deportiva; interfiere sistemas hidroeléctricos; compete con plantas nativas; impacta en el desarrollo de la flora y fauna nativas (Colle y Shireman, 1980; Jacono *et al.*, 2011).

Aunque es cada vez más problemática en su hábitat original en el sudeste de Asia y Australia, particularmente en lagos artificiales y canales de riego, su impacto es más significativo donde se introduce. Esto se aplica, en particular, a los Estados Unidos, donde fue introducida en Florida al principio de la década del año 1950 con fines de acuarismo (Schardt, 1995).

Un estudio de caso sobre el impacto social de la invasión de “hydrilla” en el lago Izabal en Guatemala, ha sido presentado por Binimelis *et al.* (2007). Haller (2002) data la primera aparición de *H. verticillata* en Guatemala en 1990, en estanques aislados. Se argumentó que su introducción en el lago Izabal de más de 700 km<sup>2</sup>, fue el resultado del huracán Mitch en 1998 (Haller, 2002). Otra hipótesis apunta a una introducción accidental a través de las actividades de barcos turísticos, ya que



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

el lago Izabal era una ruta de navegación importante de productos de exportación, principalmente café, hasta que los caminos fueron construidos en el año 2001. Aunque el transporte comercial ya no es una actividad relevante, hay comunidades a las que sólo se pueden llegar en barco.

Algunos informes relacionados en este tema indican que *Hydrilla* bloqueó las entradas de la planta hidroeléctrica de St. Stephen en el lago Moultrie, Carolina del Sur, en 1991, forzando el cierre de la presa y ocasionando la pérdida de cuatro millones de dólares en generación de energía. Además, la infestación costó \$ 1.2 millones para su extracción solamente. *Hydrilla* también interfirió la navegación y la pesca y aumentó el riesgo de eutrofización. Infestaciones de *Hydrilla* disminuyen los recursos pesqueros y, junto con el impacto en la navegación, reducen oportunidades de recreación y las economías que se apoyan. En un análisis sobre la cobertura de esta especie aumentó 400 por ciento entre 1983 y 1992 en el lago Seminole, Georgia, reduciendo el turismo y causando una pérdida estimada de aproximadamente \$ 13 millones al año para la economía local.

### **Impactos a la salud (humana, enfermedades, parásitos, etc.)**

Crea hábitats favorables para organismos como los mosquitos que causan o transmiten enfermedades como la malaria (Colle y Shireman, 1980; Binemelis *et al.*, 2007; Jacono *et al.*, 2011), ocasionando con ello se mejor acelerada reproducción (Rajni *et al.*, 1999).

### **Impactos ambientales y a la biodiversidad**

Como se ha indicado, *Hydrilla verticillata* forma masas densas que cubren por completo los cuerpos de agua que infesta, está invasión ocasiona modificaciones en el grado de penetración de la luz del sol hacia el fondo de los ecosistemas (Jacono *et al.*, 2011), afectando la diversidad de flora y por ende de fauna.

Altera las características físicas y químicas de los cuerpos de agua, afectando la estratificación de la columna de agua, disminuyendo los niveles de oxígeno (Pesacreta, 1988; Schmitz *et al.*, 1993; Rizzo *et al.*, 1996; Miranda y Hodges, 2000; Jacono *et al.*, 2011).

En el suroeste de los Estados Unidos, *H. verticillata*, desplaza la vegetación nativa como *Vallisneria americana* y *Ceratophyllum demersum* (Van Dijk, 1985; Rizzo *et al.*, 1996; Jacono *et al.*, 2011).

Afecta la disminución de densidades de zooplancton y fitoplancton (Schmitz y Osbourne, 1984; Schmitz *et al.*, 1993; Jacono *et al.*, 2011), reduce la biodiversidad de invertebrados (Thorp *et al.*, 1997) y en particular de los que se desarrollan en el bentos (Posey *et al.*, 1993); ocasiona la muerte de peces (Rizzo *et al.*, 1996; Jacono *et al.*, 2011).

En infestaciones de *Hydrilla verticillata*, el follaje de las plantas reduce la eficiencia de caza de los peces depredadores (ISSG, 2011).

El dosel denso que produce *Hydrilla verticillata* limita la penetración de luz, lo que ocasiona que las especies de plantas sumergidas nativas se desarrollen más lentamente, además de que también



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

cambia las relaciones fitoplancton-zooplancton al provocar un agotamiento del oxígeno disuelto y la mortandad de peces (Tribunal Centroamericano del Agua, 2004).

Al igual que *Vallisneria spiralis*, *Hydrilla verticillata* acumula en sus láminas toxinas como el plomo que pueden afectar a algunos de los organismos herbívoros que las consumen (Gupta y Chandra, 1994).

Se considera que cianobacterias epífitas del Orden Stigonematales, presentes en *Hydrilla* son los agentes que producen una neurotoxina que causa la Mielinopatía Vacuolar Aviar (AVM) enfermedad neurológica aviar que ha ocasionado la muerte por la ingestión de esta planta a, por lo menos, 100 águilas calvas (*Haliaeetus leucocephalus*) y miles de gallaretas americanas (*Fulica americana*) desde 1994 en estados desde Texas hasta Carolina del Norte en los Estados Unidos (Wilde *et al.*, 2005). Desafortunadamente no se han tenido costos sobre estos impactos.

### CONTROL Y MITIGACIÓN (TIPOS DE MEDIDAS O ESTRATEGIAS, COSTOS, ETC.)

*Hydrilla* puede ser controlada por métodos físicos, químicos y biológicos, o por una combinación de estos métodos.

Los costos para el estado de Maine para el control de *Hydrilla* en Pickerel Pond fueron de \$ 20,000-25,000 dólares por año, entre 2003 a 2006 (MDEP, 2007). Desde el año 2002, Massachusetts ha invertido para controlar *Hydrilla* en un solo estanque en el Condado de Barnstable, de aproximadamente \$40,000 dólares por año (una combinación de fondos municipales, estatales y privados) (MDCR, 2007).

Por otro lado, la cobertura de *Hydrilla* del 80% en el lago Orange (Florida) triplicó el costo de su control en la década de 1970 (Brown y Maccina, 2002). Otros costos más han sido de \$ 50 a 55 millones de dólares que fueron usados para controlar a *Hydrilla* en la Florida durante 1980 a 1991 (EPM, 2002; WAPMS, 2004), mientras que para el año de 1996 se estimó el costo de aproximadamente \$ 10 millones de dólares (Langeland, 1996); \$ 2.5 millones al año se gastaron para la gestión de *Hydrilla* en Carolina del Sur; \$ 0.5 millones al año se gastaron para el control de la misma especie en Carolina del Norte, mientras que en el río Potomac, el costo por hectárea de planta cosechada de *Hydrilla* fue de aproximadamente \$ 1200 dólares (WAPMS, 2004).

En Estados Unidos, los costos de equipo fueron de \$ 100,000 a \$ 300,000 dólares, cosechando de 4 a 12 hectáreas por día dependiendo de las condiciones de la zona de extracción (Haller, 2002).

De acuerdo con Vandivier y Tredaway (2002), la cosecha mecánica de *H. verticillata* en Florida tuvo un costo menor (US \$ 500/hectárea). Los costos se pueden elevar hasta 1360 US \$ ha en Florida y hasta US \$ 2800/ha en Washington. Este método proporciona la solución del problema de tres hasta cinco meses.

Por último, la erradicación de *Hydrilla* en dos lagos en King County, Washington fue de un costo estimado de \$ 100,000 dólares/año a partir de 2003 (Pip y Lucerne, 2004).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



PN  
UD  
Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## Control mecánico o físico

La eliminación de las plantas ya sea manualmente, usando herramientas de mano, o mecánicamente, con máquinas, es relativamente costosa y algunos datos de ello se indican enseguida. Varias máquinas, creadas para el control de malezas acuáticas, pueden utilizarse para eliminar plantas de *H. verticillata* particularmente en canales de irrigación y desagües, los cuales incluyen cubos para cortar que están conectados a un excavador hidráulico (USDA, 2011a).

Otras son las cosechadoras se han utilizado para extraer *H. verticillata* en lagos, los cuales segan el material vegetal, lo cosechan y lo colocan en la orilla del ecosistema. Sin embargo, un problema en el uso de estas máquinas es que solamente se hacen cortes de la planta, pero no la eliminan del fondo, que debe hacerse extrayendo los tallos que son subterráneos (USDA, 2011a).

La finca El Cerrito, ubicada en Guanacaste, Costa Rica, se ha dedicado al cultivo del arroz. Tiene 93 km de canales de riego sin revestir, de los cuales un 80% están infestados con *Hydrilla*. Durante 1991, se gastaron US \$ 24,000 en el combate de *Hydrilla* con métodos físicos, sin lograr su control (Rojas y Agüero, 1996).

De acuerdo con Greenfield *et al.* (2004), la eliminación es un problema difícil cuando hay cosechas a gran escala, debido a que se requieren de espacios adyacentes para la disposición de las plantas, de lo contrario se colocarán en el mismo cuerpo de agua. La extracción manual requiere rastrillos que se utilizan para extraer a *H. verticillata* fuera del agua. Los buzos pueden participar en la extracción manual a profundidades mayores, sin embargo en Guatemala la remoción de la planta se realizó con manos y rastrillos a niveles de profundidad máxima de 1.3 metros (FIPA-AID, 2003).

## Control químico

La aplicación de herbicidas en o cerca de cuerpos de agua puede tener graves consecuencias para el medio ambiente y puede poner en peligro la salud de la población local si se utiliza el agua para beber, bañarse o lavarse. En consecuencia, existen regulaciones estrictas para el uso de productos químicos para el control de malezas acuáticas en muchos países. El riesgo es mayor cuando el herbicida se introduce directamente en el agua, que es necesario para el control de malezas sumergidas (Haller, 1995; Langeland *et al.*, 2012).

Existen numerosas sustancias químicas que son eficaces contra *H. verticillata* pero sólo unos pocos de estos compuestos son razonablemente seguros para el medio ambiente y la salud. Un problema adicional es que el uso de herbicidas puede llevar a la acumulación de masas de material vegetal en descomposición y, en consecuencia, una súbita disminución en el contenido en oxígeno del agua. En los años 50's, opciones principales de herbicidas para el control de *H. verticillata* fueron endothal, diquat y cobre, sin embargo, los costos de la aplicación de estos herbicidas de contacto dos veces al año en la Florida (USA) ascendieron a aproximadamente \$ 200 dólares por ha (Haller, 1995). Por su parte Hofstra y Clayton (2001) y Hofstra y Champion (2006), emplearon el endothal,



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

el tricopyr y el diclobenzil con el objeto de seleccionar uno de ellos para el control eficaz de esta maleza sumergida en el norte de Estados Unidos y Nueva Zelanda, concluyen que el endothal si es un químico que eliminó a la especie.

Por otro lado, en Florida, se desarrolló un herbicida sistémico, el fluridone, que controla efectivamente por el periodo de un año a *Hydrilla*, siendo sus costos de aplicación por hectárea por año de \$ 200 dólares (Haller, 1995). También, el herbicida, metil-bisulfurón, fue probado contra *H. verticillata* (Feller y Bodle, 1995), en donde después de un mes de su aplicación, las concentraciones aplicadas fueron eficaces y causaron severos daños, pero el rebrote ocurrió rápido donde la exposición del herbicida fue limitado en periodos de menos de 14 días con costos de aproximadamente \$ 400 dólares por hectárea; por último se estimó que los costos para el control de *Hydrilla* con fluridone en el Lago Tohopekaliga en Florida, ascendieron de \$ 2 a \$ 3 millones en el año 2004, indicando que esto dependería del nivel del agua, esto es, entre más bajos los niveles, más costoso es (Hoyer *et al.*, 2005).

### Control biológico

El control biológico es teóricamente el mejor método para eliminar problemas de especies invasoras debido a que su efecto es duradero y relativamente barato.

Existen diversas especies de organismos que pueden afectar el desarrollo de *Hydrilla verticillata*, incluyendo insectos, peces, hongos, aves, entre otros (herbívoros, patógenos, parásitos) y que tienen potencial como agentes de control biológico. Con base en amplios estudios en Asia tropical y Australia se ha generado una lista importante de organismos que pueden controlar a esta especie de planta acuática, entre ellos están los siguientes (Gopal, 1990):

**Insectos**, que han sido introducidos a los Estados Unidos (Center, 1992) por entomólogos para eliminar las infestaciones de *Hydrilla*, son especialmente del género *Bagous* (Balciunas, 1985; O'Brien y Pajni, 1985; O'Brien y Askevold, 1992; Godfrey *et al.*, 1994; O'Brien, 1995), como *B. affinis* (Godfrey y Anderson, 1994; Buckingham y Bennet, 1998) y *B. hydrillae* (Balciunas *et al.*, 1996; Wheeler y Center, 1997; Van *et al.*, 1998); *Cricotopus lebetis* [*Cricotopus tricinctus*] de origen desconocido (Epler *et al.*, 2000; Cuda *et al.*, 2002), que se alimentan de los turiones subterráneos; otros son los que barrenan o perforan las hojas y tallos principalmente del género *Hydrellia* (Balciunas, 1985; O'Brien y Askevold, 1992; Godfrey *et al.*, 1994), que incluyen a *H. pakistanae* (Dray y Center, 1996; Wheeler y Center, 1996; Center *et al.*, 1997; Van *et al.*, 1998; Wheeler y Center, 2001; Doyle *et al.*, 2002) y a *H. balcinasi* (Buckingham *et al.*, 1991; Balciunas y Burrows, 1996; Grodowitz *et al.*, 1997); por último son aquellos que también se alimentan de hojas principalmente del género *Paraponyx* (Balciunas, 1985; O'Brien y Askevold, 1992), como *P. seminealis* (Buckingham y Bennet, 2001) y *P. diminutalis* (Buckingham y Bennet, 1996; Siriworakul *et al.*, 1997).

**Peces**, como la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*), pez fitófago originaria de China y Siberia, es una especie que ha sido evaluada con éxito en otras partes del mundo para el control de malezas acuáticas en especial de especies sumergidas, ya que se alimenta de ellas. En la actualidad, la carpa es el agente de control biológico más promisorio para *H. verticillata* (Kracko y Noble, 1993; Zhu *et al.*, 1993; Rendón-Pimental *et al.*, 1996; Rojas y Agüero, 1996; Sutton, 1996; Killgore *et al.*, 1998; Camarena y Aguilar, 1999; Osborne y Riddle, 1999; Maceina *et al.*, 1999; Hanlon *et al.*, 2000; Kirk *et al.*, 2000). En los Estados Unidos se requieren de 180 a 320 kg/ha de carpa herbívora para el control eficaz de *H. verticillata*, mientras que de 70 a 80 kg/ha es suficiente en la India (Pieterse, 1981). En los Estados Unidos, el control de esta planta fue de aproximadamente \$ 12 dólares por hectárea por año (Haller, 1995).

En Holanda, se utilizó carpa (25 a 100 kg/ha) para el combate de malezas en estanques de menos de 1 m de profundidad sin ningún éxito, pero al aumentar la densidad entre 180 y 360 kg/ha se logró la eliminación de la maleza. Bajo esta condición, se recomendó introducir 250 kg/ha de carpa con el fin de no eliminar totalmente la maleza de los canales y con ello no provocar un desbalance ecológico dado que muchos otros organismos dependen de estas plantas para su alimentación, refugio y reproducción. El uso de densidades altas de la carpa para el combate de malezas acuáticas obliga a que durante el primer año se deba remover parte de la población de carpas con el fin de prevenir la completa eliminación de la vegetación (Zweerde, 1990).

**Hongos**: como *Mycoleptodiscus terrestris* (Shearer, 1996; Nelson *et al.*, 1998; Shearer, 1998; Shearer y Nelson, 2002); *Plectosporium tabacinum* [*Monographella cucumerina*] (Smither-Kopperl *et al.*, 1999b); y *Fusarium culmorum* (Smither-Kopperl *et al.*, 1998; Smither-Kopperl *et al.*, 1999b).

**Aves**: En un estudio realizado sobre la distribución y densidad de *Hydrilla verticillata* en los lagos Waikapiro y Tutira de Nueva Zelanda, se encontró un número relativamente bajo de turiones y túberculos en comparación con otros informes. Esto fue debido al pastoreo del cisne negro (*Cygnus atratus*), además de que mantienen un dosel de *Hydrilla* consistentemente a 1 m por debajo de la superficie del agua, lo que contribuye a reducir la maleza a lo largo de la costa de Nueva Zelanda (Hofstra *et al.*, 1999).

## NORMATIVIDAD (INTERNACIONAL O NACIONAL EN CASO DE HABERLAS)

En la legislación ambiental estadounidense, las especies introducidas han sido consideradas mañezas e invasoras desde los años 70 con la creación de la Ley Federal de Malezas Nocivas, promulgada en 1975, la cual estableció un programa federal para controlar la propagación de malezas. Principalmente aquellas que afectaran las actividades agrícolas. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos estuvo a cargo de su administración y ejecución en cooperación con diferentes agencias federales, estatales y locales del país (USDA, 2016).

En el año 2000, la Ley Federal de Malezas Nocivas fue sustituida por la Ley de Protección a las Plantas, la cual está bajo la administración y ejecución del Departamento de Agricultura de Estados Unidos y emite las regulaciones para prevenir la introducción de plantas plagas o su diseminación dentro de los Estados Unidos. Dentro de sus consideraciones generales establece que: La detección, el control, la erradicación, la supresión, la prevención o el rastreo de la propagación de plagas de plantas o malas hierbas nocivas son necesarios para la protección de la agricultura, el medio ambiente y la economía de los Estados Unidos (USDA, 2016).

El Departamento de Agricultura tiene responsabilidad de facilitar las exportaciones, las importaciones y el comercio interestatal en productos agrícolas y otros productos que plantean el riesgo de albergar plagas de plantas o malas hierbas nocivas de manera que reduzcan, en la medida posible, el riesgo de diseminación de plagas de plantas o malas hierbas nocivas (USDA, 2016).

A partir de lo establecido por la vigente ley, el Departamento de Agricultura estadounidense para facilitar el control de malezas nocivas ha establecido un sistema de clasificación para describir el estado y los niveles de acción de las malezas nocivas. Dicho sistema de clasificación incluye la distribución geográfica actual, la amenaza relativa y las acciones para evitar su introducción o distribución. A pesar que el Departamento de Agricultura es el encargado de vigilar, administrar y aplicar la Ley de Protección a las Plantas, a partir de una modificación a la Ley Federal de las Malezas Nocivas en 1990 y que se mantuvo en la ley actual, la enmienda establece que la Oficina de Administración de las Tierras (BLM), Servicio Nacional de Parques Nacionales (NPS), Servicio de Pesca y Vida Silvestre (USFWS) y el Servicio Forestal (USFS), establecieron los siguientes lineamientos en torno a las maleza nocivas. Establecer sistemas integrados de gestión (tal como se definen en la Ley) para controlar o contener plantas indeseables objeto de los acuerdos de cooperación (USDA, 2016).

En México no se tiene ninguna Normatividad relacionada con especies acuáticas invasoras y que incluyan a esta especie.

## ANÁLISIS DE RIESGO

Familia: Hydrocharitaceae Resultado: Especie de Alto Impacto

Nombre científico: *Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle

Nombre común: “Quirlblättrige Grundnessel”, “Wasserquirl” Nombre: Jaime Raúl Bonilla Barbosa (Alemania); “hidrila” (Cuba); “maleza acuática” (España); “hydrilla” (Estados Unidos); “kinomo” (Japón); “hidrila” (México).

### Historia y Biogeografía

1. Domesticación/Cultivo	A	1.1 Especie altamente domesticable? si la respuesta es no ir a la pregunta 2.1	SI
		Los turiones axilares son pedunculados, cilíndricos o ligeramente cónicos en forma, que se pueden producir entre 1000 a 6000 por metro cuadrado en temporadas de cultivo y permanecen viables por cerca de cuatro años (Pieterse, 1981; USDA, 2011a).	
	C	1.2 Se ha convertido en una especie naturalizada donde crece?	SI
		Su rango de natividad incluye el sudeste de Asia como en Afganistán, China, Corea, India, Irán, Japón, Manchuria y Pakistán; mientras que en África, en el centro, oriente y sur (Gutiérrez <i>et al.</i> , 1994; Madeira <i>et al.</i> , 1997; Roble y Madsen, 2009). Realmente se ha naturalizado. Pero debido a sus estrategias reproductivas y dispersión le han permitido establecerse en distintos países y ecosistemas acuáticos.	
	C	1.3 En una maleza con variedades	NO
		<i>Hydrilla</i> es un género monotípico, su especie, <i>H. verticillata</i> es variable tanto genética como fenotípicamente, sin embargo, no se reconocen taxa intraespecíficas (Cook y Lüönd, 1982; Preston y Croft, 1997).	
2. Clima y distribución		2.1 Especie adaptada al clima de México (0- bajo, 1- medio, 2- alto)	2
		Se adaptó a condiciones ambientales del agua (Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2014).	
		2.2 Calidad del clima en fecha de colecta (0- bajo, 1- medio, 2- alto)	2
		Tropical y templado (Bonilla-Barbosa y Novelo, 1995).	
	C	2.3 Amplia adaptabilidad climática (versatilidad ambiental)	2



Se adaptó a condiciones ambientales del agua (Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2014).

- C 2.4 Nativa o naturalizada en regiones con periodos de sequias largos NO

No aplica

- 2.5 La especie tiene un historial de introducción repetido fuera de su área de distribución natural? SI

En Norteamérica y otros países, *H. verticillata* se ha introducido en ríos, estanques y canales a través de fragmentos eliminados de acuarios o de jardines acuáticos. Se dispersa también por medio de embarcaciones de recreo, en sus motores y remolques (Jacono *et al.*, 2011).

De lo anterior se considera que *Hydrilla verticillata* es introducida por medio de fragmentos de la planta por animales, agua, embarcaciones, desechos de acuarios y jardines acuáticos (Jacono *et al.*, 2011).

Al menos tres diferentes cepas de *H. verticillata* se han extendido a los Estados Unidos y la zona del Canal de Panamá. El primer registro es del tipo dioico que a principios de la década de 1950 fue importado para el uso en acuarios; las otras dos cepas fueron introducciones separadas (Jacono, 2011). En la actualidad está presente a lo largo de los estados del Golfo de México, en el sur de California y en ciertas localidades del centro y oriente del país (Jacono *et al.*, 2011).

Fue introducida a Estados Unidos por distribuidores de plantas y peces tropicales, siendo su primer registro en Florida en el año de 1960 (Robles y Madsen, 2009).

*Hydrilla verticillata* fue introducida en México por la belleza de su flor, además del inadecuado manejo en el comercio de acuarios donde se utiliza como planta de ornato (Martínez *et al.*, 2003).

*Hydrilla verticillata* en el año 2005 se registró por primera vez, invadiendo rápidamente el río principal y los canales laterales del Alto Paraná en Brasil (Sousa, 2011).

- C 3.1 Naturalizada más allá del rango nativo SI

África, Asia, Centroamérica y el Caribe, Europa, México, Norteamérica, Oceanía, Sudamérica

3. Maleza de otro lugar

- E 3.2 Jardín/maleza de disturbio NO

No aplica

- A 3.3 Maleza de agricultura/hortalizas/forestal NO

No aplica

E 3.4 Maleza ambiental

SI

En cuanto a su potencial invasor se refleja en lo siguiente: abundancia en su rango geográfico donde es nativa, rápido desarrollo, se reproduce sexual y asexualmente, alto potencial reproductivo, sus propágulos permanecen viables hasta por seis meses con base en la variación de las condiciones ambientales, gran adaptación y tolerancia a diferentes ambientes, habita fácilmente diversos ecosistemas y hábitats, son invasoras fuera de sus rangos originales.

Un estudio realizado en Florida indica que tras la invasión de *Hydrilla verticillata* sus tubérculos sobrevivieron en reposo durante un período de más de cuatro años después de haber sido producidos, mientras que los turiones germinaron fácilmente hasta un periodo de un año (Van y Steward, 1990).

#### Biología y Ecología

4. Rasgos indeseables	A 4.1 Produce espinas, aguijones o nudos	NO
	No aplica	
	C 4.2 Alelopática	NO
	No aplica	
	C 4.3 Parasita	NO
	No aplica	
	A 4.4 Desagradable para los animales de pastoreo	NO
	No existe información al respecto	
	C 4.5 Tóxico para los animales	NO
	No existe información al respecto	
	C 4.6 Huésped de plagas y patógenos reconocidos	NO
	No existe información al respecto	
	C 4.7 Causa alergias o es tóxica para los humanos	NO
	No es tóxica para los humanos debido a que se utiliza en la medicina. <i>Hydrilla verticillata</i> se ha usado tradicionalmente ya que de ella se obtienen productos farmacéuticos (Jacono <i>et al.</i> , 2011). En la India, con su excelente conocimiento tradicional	

en la medicina herbolaria ha utilizado especies de plantas acuáticas para diversos fines curativos, entre ellas, para curar heridas con *Hydrilla verticillata* (Dangwal *et al.*, 2010).

- |   |   |    |
|---|---|----|
| E | 4.8 Crea un riesgo de incendio en los ecosistemas naturales                 | NO |
|   | No aplica   |    |
| E | 4.9 Es una planta tolerante a la sombra en alguna etapa de su ciclo de vida | NO |
|   | No aplica   |    |
| E | 4.10 Crece en suelos infértiles   | NO |
|   | No se conocen datos precisos sobre este tema.                               |    |
| E | 4.11 Es trepadora o asfixiante en su hábito de crecimiento                  | NO |
|   | No aplica   |    |
| E | 4.12 Forma densas matas   | SI |

Con base en su rápido crecimiento y la alta eficiencia en sus estrategias de supervivencia, *H. verticillata* es una de las plantas acuáticas más problemáticas en el mundo. Compete rápidamente con otras especies de plantas y forma masas densas, que pueden cubrir completamente los ecosistemas acuáticos que infesta (Colle y Shireman, 1980; Jacono *et al.*, 2011).

## 5. Tipo de planta

- |   |  |    |
|---|--|----|
| E | 5.1 Acuática   | SI |
|   | Hidrófita enraizada sumergida (Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2014) |    |
| C | 5.2 Césped   | NO |
|   | No aplica  |    |
| E | 5.3 Planta leñosa que fija nitrógeno                               | NO |
|   | No aplica  |    |
| C | 5.4 Geófito  | NO |
|   | No aplica  |    |

- |                 |   |   |           |
|-----------------|---|---|-----------|
| 6. Reproducción | C | 6.1 Evidencia de fracaso reproductivo en el hábitat natural | <u>NO</u> |
|-----------------|---|---|-----------|



*Hydrilla verticillata* se propaga vegetativamente de forma horizontal por medio de ramificaciones del tallo sobre el fondo de los ecosistemas acuáticos donde crece, sus estructuras vegetativas (hojas y raíces) se originan en los nodos, además, también lo hace por turiones, en donde fragmentos de la planta madre se desprenden formando nuevos individuos con raíces que al tener contacto con un sustrato favorable se fija y se desarrolla. Estos propágulos se originan en las axilas de las hojas (generalmente conocidos como turiones, turiones axilares o turiones verdes) que son brotes cortos y especializados de plantas acuáticas en donde se almacenan nutrientes que cuando maduran se desprenden de la planta progenitora. Los turiones axilares son pedunculados, cilíndricos o ligeramente cónicos en forma, que se pueden producir entre 1000 a 6000 por metro cuadrado en temporadas de cultivo y permanecen viables por cerca de cuatro años (Pieterse, 1981; USDA, 2011a). Lo anterior demuestra que no hay fracaso reproductivo.

C 6.2 Produce semillas viables NO

En California y los Estados del Golfo de los Estados Unidos y en Europa, no hay ninguna formación de semillas debido a que el clon introducido es el femenino (Swarbrick *et al.*, 1981; Cook y Lüönd, 1982; Yeo *et al.*, 1984).

C 6.3 Hibridiza naturalmente NO

Se desconoce este proceso reproductivo en la especie.

C 6.4 Auto-fecundación NO

Se desconoce este proceso reproductivo en la especie.

C 6.5 Requiere polinizadores específicos NO

Las flores son unisexuales, originadas de espigas situadas en las axilas de las hojas, cada flor tiene tres sépalos y tres pétalos, la flor femenina, debido a la elongación del perianto, asciende a la superficie del agua y sus segmentos permanecen cerrados sobre los estigmas durante este movimiento, y retienen una burbuja de aire por encima de ellos. Los segmentos del perianto abren formando un gran embudo que flota en la superficie del agua. La flor masculina se separa de la planta y se sostiene en la superficie del agua donde los segmentos del perianto maduran, las anteras abren explosivamente y expulsan el polen hasta 20 cm de distancia polinizando a la flor femenina a través del viento (Sutton y Portier, 1985).

C 6.6 Reproducción vegetativa

SI

Para sobrevivir condiciones desfavorables para el crecimiento, la planta produce dos tipos de órganos especiales de hibernación. Estas estructuras se forman respectivamente en la axila de la hoja (generalmente descritas como turiones, turiones axilares o turiones verdes), y en la punta de las ramas (generalmente descrito como turiones subterráneos, turiones marrón o tubérculos). Ambas estructuras, que son anatómica y morfológicamente similares, pueden considerarse como brotes especializados de plantas acuáticas en los cuales los nutrimentos son almacenados, y que finalmente se desprenden de la planta madre (Cook *et al.*, 1974; Aston, 1977; Swarbrick *et al.*, 1981; Cook y Lüönd, 1982; Pieterse, 1981; Yeo *et al.*, 1984)

C 6.7 Tiempo de fecundación mínimo (años)

NO

No se conoce el dato con relación a este tema

A 7.1 Propágulos dispersados involuntariamente

SI

En Norteamérica y otros países, *H. verticillata* se dispersa por medio de embarcaciones de recreo, en sus motores y remolques. Los fragmentos enraízan en el sustrato y con ello forman nuevas poblaciones en todo el cuerpo de agua (Jacono *et al.*, 2011).

C 7.2 Propágulos dispersados intencionalmente por el ser humano

SI

En Norteamérica y otros países, *H. verticillata* se ha introducido en ríos, estanques y canales a través de fragmentos eliminados de acuarios o de jardines acuáticos (Jacono *et al.*, 2011).

7. Mecanismos de dispersión

A 7.3 Propágulos dispersados como un producto de la contaminación

NO

No se conocen datos en este sentido.

C 7.4 Propágulos dispersados por el viento

NO

No se conocen datos en este sentido.

E 7.5 Propágulos dispersados por medios acuáticos

SI

Los fragmentos dispersados por el agua, enraízan en el sustrato y con ello forman nuevas poblaciones en todo el ecosistema (Jacono *et al.*, 2011).

## 8. Persistencia

- |   |  |    |
|---|--|----|
| E | 7.6 Propágulos dispersados por las aves  | SI |
|   | <p>Los primeros informes relacionados con las introducciones en Europa indican que los ejemplares fueron transportados a través de las plumas o las patas de aves acuáticas (EPPO, 2011), que puede ser tanto local como a gran distancia (ISSG, 2011).</p>  |    |
| C | 7.7 Propágulos dispersados por otros animales (externamente)   | NO |
|   | <p>No se conocen datos de otros organismos en este rubro.</p>  |    |
| C | 7.8 Propágulos dispersados por otros animales (internamente)   | NO |
|   | <p>Los primeros informes relacionados con las introducciones en Europa indican que los ejemplares fueron transportados a través de la ingesta de tubérculos y turiones de <i>Hydrilla</i> los que pueden sobrevivir a la ingestión en las aves acuáticas y posteriormente pueden ser regurgitados (ISSG, 2011).</p>  |    |
| C | 8.1 Producción prolífica de semillas   | NO |
|   | <p>No es muy prolífica, debido a que su principal mecanismo de propagación es el asexual.</p>  |    |
| A | 8.2 Evidencia de que se forma un banco persistente de propágulos (> 1 año)   | NO |
|   | <p>No hay evidencia al respecto.</p>   |    |
| A | 8.3 Bien controlada por herbicidas   | SI |
|   | <p>Existen sustancias químicas que son eficaces en el control de <i>H. verticillata</i> tales como el endothal, diquat, cobre, el tricopyr y el diclobenzil que se han empleado con el objeto de seleccionar uno de ellos para el control eficaz de esta maleza sumergida en el norte de Estados Unidos y Nueva Zelanda, siendo el primero el químico más efectivo (Hofstra y Clayton, 2001; Hofstra y Champion, 2006). Por otro lado, en Florida, se desarrolló un herbicida sistémico, el fluridon, que controla efectivamente a <i>Hydrilla</i> (Haller, 1995).</p> |    |
| C | 8.4 Tolera o se beneficia por mutilación, cultivo o fuego  | NO |
|   | <p>No aplica.</p>  |    |
| E | 8.5 Enemigos naturales eficaces presentes en México  | NO |
|   | <p>No se conocen enemigos naturales de esta especie en México.</p>   |    |

NOTA: A= Agricultura, E= Ambiental, C= Combinado



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## LITERATURA CITADA

- Abreu-Rodríguez, E. & Bernier-Castrello, L. S.** 2001. Presence of *Hydrilla verticillata* in Puerto Rico. Resúmenes Sociedad Puertorriqueña de Ciencias Agrícolas. Reunión Científica Anual. 3.
- Alix, M. S., Scribailo, R. W. & Price, J. D.** 2009. *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae): an undesirable addition to Indiana's aquatic flora. *Rhodora*. 111(945): 131-136.
- Al-Mandeel, F. A.** 2013. A new record of the invasive species *Hydrilla verticillata* (L. f.) royal on the Iraqi rivers. *Advances in Environmental Biology*. 7(2): 384-390.
- Aston, H. I.** 1977. Aquatic plants of Australia. Melbourne, Australia: Melbourne University Press.
- Balciunas, J. K.** 1985. The potential for biological control of the submersed aquatic weed, *Hydrilla verticillata*. In: *Proceedings of the VI International Symposium on Biological Control of Weeds* Ottawa, Canada; Agriculture Canada, 487.
- Balciunas, J. K. & Burrows, D. W.** 1996. Distribution, abundance and field host-range of *Hydrellia balciunasi* Bock (Diptera: Ephydriidae) a biological control agent for the aquatic weed *Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle. *Australian Journal of Entomology*. 35: 125-130.
- Balciunas, J. K., Burrows, D. W. & Purcell, M. F.** 1996. Comparison of the physiological and realized host-ranges of a biological control agent from Australia for the control of the aquatic weed, *Hydrilla verticillata*. *Biological Control*. 7(2): 148-158.
- Balevicius, A.** 1998. The vegetation of lakes in Veisiejai Regional Park. *Botanica Lithuanica*. 4(3): 267-284.
- Battle, J. M. & Mihuc, T. B.** 2000. Decomposition dynamics of aquatic macrophytes in the lower Atchafalaya, a large floodplain river. *Hydrobiología*. 418(1-3): 123-136.
- Binimelis, R., Monterroso, I. & Rodriguez-Labajos, B.** 2007. A social analysis of the bioinvasions of *Dreissena polymorpha* in Spain and *Hydrilla verticillata* in Guatemala. *Environment Management*. 40: 0555-566.
- Broome, R., Sabir, K. & Carrington, S.** 2007. Plants of the Eastern Caribbean. Online database. Barbados: University of the West Indies. <http://ecflora.cavehill.uwi.edu/index.html>.
- Brown, S. J. & Maceina, M. J.** 2002. The influence of disparate levels of submersed aquatic vegetation on largemouth bass population characteristics in a Georgia reservoir. *Journal of Aquatic Plant Management*. 40: 28-35.
- Buckingham, G. R. & Bennett, C. A.** 1996. Laboratory biology of an immigrant Asian moth, *Parapoynx diminutalis* (Lepidoptera: Pyralidae), on *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae). *Florida Entomologist*. 79(3): 353-363.
- Buckingham, G. R. & Bennett, C. A.** 1998. Host range studies with *Bagous affinis* (Coleoptera: Curculionidae), an Indian weevil that feeds on *Hydrilla* tubers. *Environmental Entomology*. 27(2): 469-479.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Buckingham, G. R. & Bennett, C. A.** 2001. Life history and laboratory host range tests of *Parapoynx seminealis* (Walker) (Crambidae: Nymphulinae) in Florida, U.S.A. *Journal of the Lepidopterists' Society*. 55(3):111-118.
- Buckingham, G. R., Okrah, E. A. & Christian-Meier, M.** 1991. Laboratory biology and host range of *Hydrellia balciunasi* (Diptera: Ephydriidae). *Entomophaga*. 36(4): 575-586.
- CABI (Invasive Species Compendium).** 2016. [http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/1148177/Quirlbl%C3%A4ttrige\\_Grundnessel](http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/1148177/Quirlbl%C3%A4ttrige_Grundnessel).[http://www.pflanzen-deutschland.de/Hydrilla\\_verticillata.html](http://www.pflanzen-deutschland.de/Hydrilla_verticillata.html)
- Camarena, M. O. & Aguilar, Z. J. A.** 1999. Biological control of aquatic weeds in Mexican Irrigation Districts. Irrigation under conditions of water scarcity. *In: 17th ICID International Congress on Irrigation and Drainage*, Granada, Spain, 13-17 September 1999. New Delhi, India: International Commission on Irrigation and Drainage, 1A: 141-152.
- Center, T. D.** 1992. Biological control of weeds in waterways and on public lands in the southern-eastern United States of America. *In: Proceedings of the 1st International Weed Control Congress*. 1: 256-263.
- Center, T. D., Grodowitz, M. J., Cofrancesco, A. F., Jubinsky, G., Snoddy, E. & Freedman, J. E.** 1997. Establishment of *Hydrellia pakistanae* (Diptera: Ephydriidae) for the biological control of the submersed aquatic plant *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae) in the southeastern United States. *Biological Control*. 8(1): 65-73.
- Colle, D. E. & Shireman, J. V.** 1980. Coefficients of condition for largemouth bass, bluegill, and redear sunfish in hydrilla-infested lakes. *Transactions of the American Fisheries Society*. 109: 521-531.
- Cook, C. D. K.** 1996. Aquatic and wetland plants of India. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Cook, C. D. K., Gut, B. J., Rix, E. M., Schneller, J. & Seitz, M.** 1974. Water Plants of the World: A Manual for the Identification of the Genera of Freshwater Macrophytes. The Hague, The Netherlands: Dr. W Junk.
- Cook, C. D. K. & Lüönd, R.** 1982. A revision of the genus *Hydrilla* (Hydrocharitaceae). *Aquatic Botany*. 13(4): 485-504.
- Cuda, J. P., Coon, B. R., Dao, Y. M. & Center, T. D.** 2002. Biology and laboratory rearing of *Cricotopus lebetis* (Diptera: Chironomidae), a natural enemy of the aquatic weed *Hydrilla* (Hydrocharitaceae). *Annals of the Entomological Society of America*. 95(5): 587-596.
- Dangwal, L. R., Sharma, A., Kumar, N., Rana, C. S. & Sharma, U.** 2010. Ethno-medico botany of some aquatic angiospermae from north-west Himalaya. *Researcher*. 2(4): 49-54.
- Doyle, R. D., Grodowitz, M., Smart, R. M. & Owens, C.** 2002. Impact of herbivory by *Hydrellia pakistanae* (Diptera: Ephydriidae) on growth and photosynthetic potential of *Hydrilla verticillata*. *Biological Control*. 24(3): 221-229.
- Doyle, R. D. & Smart, R. M.** 2001. Effects of drawdowns and desiccation on tubers of *Hydrilla*, an exotic aquatic weed. *Weed Science*. 49(1): 135-140.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Dray, F. Jr. & Center, T. D.** 1996. Reproduction and development of the biocontrol agent *Hydrellia pakistanae* (Diptera: Ephydridae) on monoecious Hydrilla. *Biological Control*. 7(3): 275-280.
- Encyclopedia of Pest Management (EPM).** 2002. Losses from Aquatic Weeds. Lach. <http://www.northeastans.org/hydrilla/ecoconhydrilla.htm>.
- Epler, J. H., Cuda, J. P. & Center, T. D.** 2000. Redescription of *Cricotopus lebetis* (Diptera: Chironomidae), a potential biocontrol agent of the aquatic weed *Hydrilla* (Hydrocharitaceae). *Florida Entomologist*. 83(2): 171-180.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO).** 2011. *Hydrilla verticillata*. Mini datasheet. EPPO Alert List. [http://www.eppo.org/QUARANTINE/Alert\\_List/invasive\\_plants/Hydrilla\\_verticillata](http://www.eppo.org/QUARANTINE/Alert_List/invasive_plants/Hydrilla_verticillata).
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO).** 2014. PQR database. Paris, France: European and Mediterranean Plant Protection Organization. <http://www.eppo.int/DATABASES/pqr/pqr.htm>.
- Everitt, J. H., Yang, C., Escobar, D. E., Webster, C. F., Lonard, R. I. & Davis, M. R.** 1999. Using remote sensing and spatial information technologies to detect and map two aquatic macrophytes. *Journal of Aquatic Plant Management*. 37a: 71-80.
- FAO-DIAS,** 2008. Database on introductions of aquatic species. FAO Fisheries Global Information System. Fisheries and Aquaculture Department, FAO. <http://www.fao.org/fi/figis/>
- Feller, E. & Bodle, M.** 1995. *Hydrilla* control using fluridone in lakes of central Florida. *Aquatics*. 17: 14-16.
- FIPA-AID.** 2003. Estudio de impacto ambiental para la aplicación de medidas de control y mitigación de la especie invasora *Hydrilla verticillata* en Izabal, Guatemala. Ministerio de Medio Ambiente y Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Guatemala. 22 p.
- Fox, A. M., Haller, W. T. & Shilling, D. G.** 1996. *Hydrilla* control with split treatments of fluridone in Lake Harris, Florida. *Hydrobiologia*. 340(1-3): 235-239.
- Godfrey, K. E. & Anderson, L. W. J.** 1994. Feeding by *Bagous affinis* (Coleoptera: Curculionidae) inhibits germination of *Hydrilla* tubers. *Florida Entomologist*. 77(4): 480-488.
- Godfrey, K. E., Anderson, L. W. J., Perry, S. D. & Dechoretz, N.** 1994. Overwintering and establishment potential of *Bagous affinis* (Coleoptera: Curculionidae) on *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae) in northern California. *Florida Entomologist*. 77(2): 221-230.
- Gopal, B.** 1990. Aquatic weed problems and management in Asia. *In: Pieterse, A. H. & Murphy, K. J.* (Eds.). Aquatic Weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation. Oxford University Press. Oxford, UK. pp. 318-340.
- Greenfield, B. K., Nicole D., Hunt, J., Wittman, M. & Siemering, G.** 2004. Review of alternative aquatic pest control methods for California waters. Aquatic Pesticide Monitoring Program. USA. 106 p.
- Grodowitz, M. J., Center, T. D., Cofrancesco, A. F. & Freedman, J. E.** 1997. Release and establishment of *Hydrellia balciunasi* (Diptera: Ephydridae) for the biological control of the



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- submersed aquatic plant *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae) in the United States. *Biological Control*. 9(1): 15-23.
- Guiry, M. D. & Guiry, G. M.** 2008. AlgaeBase. Galway, Ireland: National University of Ireland. <http://www.algaebase.org>.
- Gupta, M. & Chandra, P.** 1994. Lead accumulation and toxicity in *Vallisneria spiralis* L. and *Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle. *Journal of Environmental Science and Health. Part A. Environmental Science and Engineering*. 29(3): 503-516.
- Gutiérrez, L. E., Arreguín, C. F., Huerto, D. R. & Saldaña, F. P.** 1994. Control de malezas acuáticas en México. *Ingeniería Hidráulica en México*. 9(3): 15-34.
- Haider, S. W. & Ganguly, G.** 1995. Ecological association of *Sphaerodema molestum* Duf (Heteroptera: Belostomatidae) with aquatic plants. *Annals of Entomology*. 13(1): 25-27.
- Haller, W. T.** 1995. *Hydrilla* control-past, present and future. *Aquatics*. 17: 6-8.
- Haller, W. T.** 2002. *Hydrilla* in Lake Izabal, Guatemala: Current status and future prospects. Report for the USAID-Guatemala. University of Florida, 26 p.
- Hanlon, S. G., Hoyer, M. V., Cichra, C. E. & Canfield, D. E. Jr.** 2000. Evaluation of macrophyte control in 38 Florida lakes using triploid grass carp. *Journal of Aquatic Plant Management*. 38: 48-54.
- Harlan, S. M., Davis, G. J. & Pesacreta, G. J.** 1985. *Hydrilla* in three North Carolina lakes. *Journal of Aquatic Plant Management*. 23: 68-71.
- Hearnden, M. N. & Kay, B. H.** 1997. Importance of *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae) as habitat for immature mosquitoes at the Ross River Reservoir, Australia. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 13(2): 164-170.
- Hofstra, D. E. & Champion, P. D.** 2006. Organism consequence assessment: *Hydrilla verticillata*. Hamilton, New Zealand. National Institute for Water & Atmospheric Research Ltd, 16 p.
- Hofstra, D. E. & Clayton, J. S.** 2001. Evaluation of selected herbicides for the control of exotic submerged weeds in New Zealand: I. The use of endothall, triclopyr and dichlobenil. *Journal of Aquatic Plant Management*. 39: 20-24.
- Hofstra, D. E., Clayton, J. S. & Getsinger, K. D.** 2001. Evaluation of selected herbicides for the control of exotic submerged weeds in New Zealand II. The effects of turbidity on diquat and endothall efficacy. *Journal of Aquatic Plant Management*. 39: 25-27.
- Hofstra, D. E., Clayton, J. S., Champion, P. D. & Green, J. D.** 1999. Distribution and density of vegetative *Hydrilla* propagules in the sediments of two New Zealand lakes. *Journal of Aquatic Plant Management*. 37a: 41-44.
- Hoyer, M. V., Netherland, M. D., Allen, M. S. & Canfield, D. E.** 2005. *Hydrilla* management in Florida: a summary and discussion of issues identified by professionals with future management recommendations. Final document. Florida LAKEWATCH, Department of Fisheries and Aquatic Sciences, University of Florida/IFAS. 69 p.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Holm, L. G., Pancho, J. V., Herberger, J. P. & Plucknett, D. L.** 1979. A Geographical Atlas of World Weeds. New York, USA: John Wiley and Sons.
- Invasive Species Specialist Group (ISSG).** 2011. Global Invasive Species Database (GISD). Invasive Species Specialist Group of the IUCN Species Survival Commission. <http://www.issg.org/database>.
- Jacono, C. C., Richerson, M. M. & Howard-Morgan, V.** 2011. *Hydrilla verticillata* fact sheet. USGS Nonindigenous Aquatic Species Database. Gainesville, Florida, USA: USGS, unpaginated. <http://nas.er.usgs.gov/queries/factsheet.aspx?speciesid=6>.
- Kansas Department of Wildlife, Parks and Tourism.** 2009. *Hydrilla* eradication project underway at Olathe Pond. Kansas Department of Wildlife, Parks and Tourism. Topeka, KS. <http://ksoutdoors.com/KDWPT-Info/News/News-Archive/2009-Weekly-News-Archive/7-15-09/hydrilla-eradication-project-underway-at-olathe-pond>.
- Killgore, K. J., Kirk, J. P. & Foltz, J. W.** 1998. Response of littoral fishes in upper Lake Marion, South Carolina following *Hydrilla* control by triploid grass carp. *Journal of Aquatic Plant Management*. 36: 82-87.
- Kirk, J. P., Killgore, K. J., Morrow, J. V. Jr., Lamprecht, S. D., Cooke, D. W. & Madsen, J. D.** 2001. Movements of triploid grass carp in the Cooper River, South Carolina. In: *40th Annual Meeting of the Aquatic Plant Management Society*, San Diego, California, USA, July 16-20, 2000. *Journal of Aquatic Plant Management*. 39: 59-62.
- Kirk, J. P., Morrow, J. V. Jr., Killgore, K. J., Kozlowski, S. J. de & Preacher, J. W.** 2000. Population response of triploid grass carp to declining levels of hydrilla in the Santee Cooper reservoirs, South Carolina. *Journal of Aquatic Plant Management*. 38: 14-17.
- Klosowski, S. & Tomaszewicz, H.** 1997. Sociology and ecology of *Hydrilleteum verticillatae* Tomaszewicz 1979 and *Elodeetum canadensis* (Pign. 1953) Pass. 1964 in north-eastern Poland. *Tuexenia*. 17: 125-136.
- Kracko, K. M. & Noble, R. L.** 1993. Herbicide inhibition of grass carp feeding on *Hydrilla*. *Journal of Aquatic Plant Management*. 31: 273-275.
- Langeland, K. A.** 1996. *Hydrilla* tuber formation in response to single and sequential bensulfuron methyl exposures at different times. In: Caffrey, J. M., Barrett, P. R. F., Murphy, K. J. & Wade, P. M. (Eds.). *Hydrobiologia*. 340(1-3): 247-251.
- Langeland, K. A.** 1996. *Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle (Hydrocharitaceae), "The perfect aquatic weed". *Castanea*. 61: 293-304.
- Langeland, K. A., Enloe, S. F. & Gettys, L.** 2012. *Hydrilla* management in Florida lakes. Disponible en <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/AG/AG37000.pdf> Consultada: 13 de mayo de 2016.
- Lee, D., Cho, J. & Ahn, H.** 2001. Distribution of riparian weed species in streams of Sunchon area, Jeonnam, Korea. *Korean Journal of Weed Science*. 21(3): 236-243.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Les, D. H., Mehrhoff, L. J., Cleland, M. A. & Gabel, J. D. 1997. *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae) in Connecticut. *Journal of Aquatic Plant Management*. 35: 10-14.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas S. & De Poorter, M. 2004. 100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database. Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), un grupo especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). Aliens No. 12. 12 p.
- Maceina, M., Slipke, J. & Grizzle, J. 1999. Electric fences for fish? Highlights of Agricultural Research- Alabama Agricultural Experiment Station, 46(4): 21-24.
- Madeira, P. T., Coetzee, J. A., Center, T. D., White, E. E. & Tipping, P. W. 2007. The origin of *Hydrilla verticillata* recently discovered at a South African dam. *Aquatic Botany*. 87(2): 176-180.
- Madeira, P. T., Jacono, C. C., Van, T. K. 2000. Monitoring *Hydrilla* using two RAPD procedures and the Nonindigenous Aquatic Species database. *Journal of Aquatic Plant Management*. 38: 33-40.
- Madeira, P. T., Van T. K., Steward, K. K. & Schnell, R. J. 1997. Random amplified polymorphic DNA analysis of the phenetic relationships among world-wide accessions of *Hydrilla verticillata*. *Aquatic Botany*. 59(3-4): 217-236.
- Maine Department of Environmental Protection (MDEP). 2007. <http://www.northeastans.org/hydrilla/ecoconhydrilla.htm>.
- Mariappan, V., Rajan, M. R. & Bhuvaneswari, K. 2002. Recycling of treated tannery effluent using aquatic macrophytes. *Environment and Ecology*. 20(3): 685-688.
- Martínez, J. M., Saldaña, F. P. & Gutiérrez, L. E. 2003. Control de malezas acuáticas en México. *Revista Universidad de México*. pp. 123-127.
- Massachusetts Department of Conservation and Recreation (MDCR). 2007. <http://www.northeastans.org/hydrilla/ecoconhydrilla.htm>.
- Mataraza, L. K., Terrell, J. B., Munson, A. B. & Canfield, D. E. Jr. 1999. Changes in submersed macrophytes in relation to tidal storm surges. *Journal of Aquatic Plant Management*. 37: 3-12.
- Miranda, L. E. & Hodges, K. B. 2000. Role of aquatic vegetation coverage on hypoxia and sunfish abundance in bays of a eutrophic reservoir. *Hydrobiologia*. 427(1-3): 51-57.
- Mora-Olivo, A., Villaseñor, J. L. & Martínez, M. 2013. Las plantas vasculares acuáticas estrictas y su conservación en México. *Acta Botánica Mexicana*. 103: 27-63.
- Nakamura, T., Suzuki, T. & Kadono, Y. 1998. A comparative study of isoenzyme patterns of *Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle in Japan. *Journal Plant Research*. 111: 581-585.
- Nelson, L. S., Shearer, J. F., Netherland, M. D. 1998. Mesocosm evaluation of integrated fluridone-fungal pathogen treatment on four submersed plants. *Journal of Aquatic Plant Management*. 36: 73-77.
- Netherland, M. D. 1997. Turion ecology of *Hydrilla*. *Journal of Aquatic Plant Management*. 35: 1-10.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Ni, R. & Huang, N. 1997. Studies on dynamic simulation for fishery resources system in Gehu Lake. *Journal of Fisheries of China*. 21(4): 398-403.
- Nyberg, C. D. & Wallentinus, I. 2005. Can species traits be used to predict marine macroalgal introductions? *Biol. Inv.* 7: 265-279.
- Novelo, A. & Martínez, M. 1989. *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae), problem aquatic weed recently introduced in Mexico. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica*. 58: 97-102.
- O'Brien, C. & Pajni, H. R. 1989. Two Indian *Bagous* weevils (Coleoptera, Curculionidae), tuber feeders of *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae), one a potential biocontrol agent in Florida. *Florida Entomologist*. 72(3): 462-468.
- O'Brien, C. W. 1995. Curculionidae, premiere biocontrol agents (Coleoptera: Curculionidae). *Memoirs of the Entomological Society of Washington*. In: *Biology and Phylogeny of Curculionoidea: Proceedings of a symposium convened at the XVIII International Congress of Entomology*, Vancouver, Canada, 3-9 July, 1988(14): 119-128.
- O'Brien, C. W. & Askebold, I. S. 1992. Systematics and evolution of weevils of the genus *Bagous* Germar (Coleoptera: Curculionidae), I. Species of Australia. *Transactions of the American Entomological Society*. 118(4): 331-452.
- Osborne, J. A. & Riddle, R. D. 1999. Feeding and growth rates for triploid grass carp as influenced by size and water temperature. *Journal of Freshwater Ecology*. 14(1): 41-45.
- Oviedo-Prieto, R., Herrera-Oliver, P., Caluff, M. G., Regalado, L. L., Ventosa-Rodríguez I., Plasencia-Fraga, J. M., Oviedo, I. B., González-Gutiérrez, P. A., Pérez-Camacho, J., Hechavarría-Schwesinger, L., González-Oliva, L., Catasús-Guerra, L., Padrón-Soroa, J., Suárez-Terán, S. I., Echevarría-Cruz, R., Fuentes-Marrero, I. M., Angulo, R. R., Oriol-Rodríguez, P., Bonet-Mayedo, W., Villate-Gómez, M., Sánchez-Abad, N., Begué-Quiala, G., Villaverde-López, R., Chatelo-Torres, T. Matos-Mederos, Gómez-Fernández, J., Gómez-Fernández, R., Acevedo, C., Loriga-Piñeiro, J., Romero-Jiménez, M., Mesa-Muñoz, I., Vale-González Á., Leiva, A. T., Hernández-Valdés, J. A., Gómez-Campo, N.E., Toscano-Silva, B. L., González-Echevarría, M. T., Menéndez-García A., Chávez-Zorrilla, M. I. & Torres-Cruz, M. 2012. National list of invasive and potentially invasive plants in the Republic of Cuba 2011. *En: Bissea: Boletín sobre Conservación de Plantas del Jardín Botánico Nacional de Cuba*. 6(1): 22-96.
- Owens, C. S., Madsen, J. D, Smart, R. M. & Stewart, R. M. 2001. Dispersal of native and nonnative aquatic plant species in the San Marcos River, Texas. *Journal of Aquatic Plant Management*. 39: 75-79.
- Pesacreta, G. 1988. Water chemistry from North Carolina piedmont impoundments with hydrilla (*Hydrilla verticillata* (L.) Royle). Ph. D. dissertation, North Carolina State University. Raleigh, NC, USA.
- Pieterse, A. H. 1981. *Hydrilla verticillata* a review. *Abstracts on Tropical Agriculture*. 7(6): 9-34.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Posey, M. H., Wigand, C. & Stevenson, J. C. 1993. Effects of an introduced aquatic plant, *Hydrilla verticillata*, on benthic communities in the Upper Chesapeake Bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 37(5): 539-555.
- Preston, C. D. & Croft, J. M. 1997. Aquatic plants in Britain and Ireland. Colchester, UK: Harley.
- Probatova, N. S. & Buch, T. G. 1981. *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae) in the Soviet Far East. *Botanicheskii Zhurnal*. 66(2): 208-214.
- Rai, A. K. & Pradhan, B. R. 2000. Aquatic weeds in the Lakes Phewa, Begnas and Rupa in Pokhara Valley, Nepal. *Veterinary Review (Kathmandu)*. 15: 10-12.
- Rajni, K., Pandey, S. D. & Sharma, S. K. 1996. Mosquito breeding in relation to aquatic vegetation and some physical-chemical parameters in rice fields of central Gujarat. *Indian Journal of Malariaology*. 33(1): 30-40.
- Rendón-Pimentel, L., Guillén-González, J. A. & Mosqueda-Badillo, R. 1996. The training programme for the Water Users' Associations in Mexico. Sustainability of irrigated agriculture-farmers' participation towards sustainable agriculture: In: *Transactions of the 16th International Congress on Irrigation and Drainage*, Cairo, Egypt, 1996. 1-B: 495-504.
- Rizzo, W. M., Boustany, R. G. & Meaux, D. R. 1996. Ecosystem changes in a subtropical Louisiana lake due to invasion by *Hydrilla*. In: *From Small Streams to Big Rivers, Society of Wetland Scientists 17th Annual Meeting*, June 9-14, 1996, Kansas City, MO, USA.
- Robles, W. & Madsen, J. D. 2009. *Hydrilla (Hydrilla verticillata)* description, distribution and management. Fact Sheet, Mississippi State University.
- Roberts, D. E., Sainty, G. R., Cummins, S. P., Hunter, G. J. & Anderson, L. W. J. 2001. Managing submersed aquatic plants in the Sydney International Regatta Centre, Australia. *Journal of Aquatic Plant Management*. 39:12-17.
- Rojas, M. & Agüero, R. 1996. Biological control of *Hydrilla verticillata* Vahl by utilization of the grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Vall.). *Agronomia Mesoamericana*. 7(2): 1-12.
- Ryan, F. J., Coley, C. R. & Kay, S. H. 1995. Coexistence of monoecious and dioecious *Hydrilla* in Lake Gaston, North Carolina and Virginia. *Journal of Aquatic Plant Management*. 33: 8-12.
- Sainty, G. R. & Jacobs, S. W. L. 1981. Waterplants of New South Wales. New South Wales, Australia: Water Resources Commission.
- Sample, J. 1972. *Hydrilla* in Iowa. Weed trees and turf Cleveland, OH. 1972: 2.
- Schardt, J. 1995. *Hydrilla* reaches crisis levels in Florida waters. *Aquatics*. 17: 10-12.
- Schmitz, D. C. & Osbourne, J. A. 1984. Zooplankton densities in a *Hydrilla* infested lake. *Hydrobiologia*. 111: 127-132.
- Schmitz, D. C., Schardt, J. D., Leslie, A. J., Dray, F. A. Jr., Osborne, J. A. & Nelson, B. V. 1993. The ecological impact and management history of three invasive alien aquatic plant species in Florida. In: McKnight, B. N. (Ed.). Biological pollution: the control and impact of invasive exotic species. Proceedings of a symposium held at Indianapolis, Indiana, USA, 25-26 October 1991. Indianapolis, USA, India: *Indiana Academy of Science*. pp. 173-194.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Schotman, C. Y. L.** 1989. Plant pests of quarantine importance to the Caribbean. *RLAC-PROVEG.* (21): 80.
- Shearer, J. F.** 1996. Development of a fungal pathogen for biocontrol of the submersed aquatic macrophyte *Hydrilla verticillata*. In: **Moran, V. C. & Hoffmann, J. H.** (Eds.). *Proceedings of the 9th international symposium on biological control of weeds*, Stellenbosch, South Africa, 19-26 January 1996. Rondebosch, South Africa: University of Cape Town, 473-477.
- Shearer, J. F.** 1998. Biological control of *Hydrilla* using an endemic fungal pathogen. *Journal of Aquatic Plant Management.* 36: 54-56.
- Shearer, J. F. & Nelson, L. S.** 2002. Integrated use of endothall and a fungal pathogen for management of the submersed aquatic macrophyte *Hydrilla verticillata*. *Weed Technology.* 16(1): 224-230.
- Siriworakul, M., Benyasut, S. & Wanasiri, P.** 1997. Study, survey, and evaluation of natural enemies of aquatic weeds in irrigation systems. *Kaen Kaset=Khon Kaen Agriculture Journal.* 25(2): 58-61.
- Smither-Kopperl, M. L., Charudattan, R. & Berger, R. D.** 1998. Dispersal of spores of *Fusarium culmorum* in aquatic systems. *Phytopathology.* 88(5): 382-388.
- Smither-Kopperl, M. L., Charudattan, R. & Berger, R. D.** 1999a. Deposition and adhesion of spores of *Fusarium culmorum* on *Hydrilla*. *Canadian Journal of Plant Pathology.* 21(3): 291-297.
- Smither-Kopperl, M. L., Charudattan, R. & Berger, R. D.** 1999b. *Plectosporium tabacinum*, a pathogen of the invasive aquatic weed *Hydrilla verticillata* in Florida. *Plant Disease.* 83(1): 24-28.
- Soerjani, M., Kostermans, A. J. G. H. & Tjitrosoepomo, G.** 1987. Weeds of Indonesia. Jakarta, Indonesia: Balai Pustaka. 716 p.
- Solangaarachchi, S. M. & Perera, W. M. D. S. K.** 1996. Preliminary studies on changes in distribution of aquatic macrophytes in the Lunuwila tank in 1991-1993, after introduction of *Cyrtobagous salviniae* to control *Salvinia molesta*. *Journal of the National Science Council of Sri Lanka.* 24(2): 81-94.
- Sousa, W. T. Z.** 2011. *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae), a recent invader threatening Brazil's freshwater environments: a review of the extent of the problem. *Hydrobiology.* 669: 1-20.
- Sousa, W. T. Z., Thomaz, S. M., Murphy, K. J., Silveira, M. J. & Mormul, R. P.** 2009. Environmental predictors of the occurrence of exotic *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle and native *Egeria najas* Planch. in a sub-tropical river floodplain: the Upper River Paraná, Brazil. *Hydrobiologia.* 632: 65-78.
- Spencer, D. F. & Ksander, G. G.** 1995. Differential effects of the microbial metabolite, acetic acid, on sprouting of aquatic plant propagules. *Aquatic Botany.* 52(1-2): 107-119.
- Spencer, D. F. & Ksander, G. G.** 1997. Dilute acetic acid exposure enhances electrolyte leakage by *Hydrilla verticillata* and *Potamogeton pectinatus* tubers. *Journal of Aquatic Plant Management.* 35: 25-30.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Spencer, D. F. & Ksander, G. G.** 1999. Influence of dilute acetic acid treatments on survival of monoecious hydrilla tubers in the Oregon House Canal, California. *Journal of Aquatic Plant Management*. 37a: 67-71.
- Steward, K. K.** 1997. Influence of photoperiod on tuber production in various races of hydrilla (*Hydrilla verticillata*). *Hydrobiologia*. 354: 57-62.
- Steward, K. K.** 2000. Influence of photoperiod on vegetative propagule production in three turion-producing races of *Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle. *Hydrobiologia*. 432(1-3): 1-8.
- Steward, K. K. & Van, T. K.** 1987. Comparative studies of monoecious and dioecious hydrilla (*Hydrilla verticillata*) biotypes. *Weed Science*. 35(2): 204-210.
- Steward, K. K., Van T. K., Carter V. & Pieterse, A. H.** 1984. *Hydrilla* invades Washington, D.C. and the Potomac. *American Journal of Botany*. 71(1): 162-163.
- Sutton, D. L.** 1996. Depletion of turions and tubers of *Hydrilla verticillata* in the North New River Canal, Florida. *Aquatic Botany*. 53(1-2): 121-130.
- Sutton, D. L. & Portier, K.** 1985. Density of tubers and turions of *Hydrilla* in South Florida. *Journal of Aquatic Plant Management*. 23: 64-67.
- Sutton, D. L. & Portier, K. M.** 1995. Growth of dioecious *Hydrilla* in sediments from six Florida lakes. *Journal of Aquatic Plant Management*. 33: 3-7.
- Swarbrick, J. T., Finlayson, C. M. & Cauldwell, A. J.** 1981. The biology of Australian weeds. *Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*. 47(4): 183-190.
- Thorp, A. G., Jones, R. C. & Kelso, D. P.** 1997. A comparison of water-column macroinvertebrate communities in beds of differing submersed aquatic vegetation in the tidal freshwater Potomac River. *Estuaries*. 20(1): 86-95.
- Tribunal Centroamericano del Agua.** 2004. Infestación de la planta herbácea *Hydrilla verticillata* en el Lago Izabal. Resumen Ejecutivo de Casos. Segunda Audiencia de Juzgamiento. Guatemala. 6 p.
- Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M. & Webb, D. A.** 1972. Flora Europaea. Diapensiaceae to Myoporaceae. London, Cambridge University Press. 3: 370 p.
- United States Department of Agriculture (USDA).** 2016. <http://plants.usda.gov/java/noxiousDriver#introduced>. Consultado 25 Noviembre 2016.
- United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service (USDA).** 2011a. *Hydrilla verticillata* Royle. Draft Federal Noxious Weed List Fact Sheet.
- United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service (USDA-NRCS).** 2011b. Germplasm Resources Information Network (GRIN). Online Database. Beltsville, Maryland, USA: National Germplasm Resources Laboratory. <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomysearch.aspx>.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service (USDA-NRCS).** 2011c. The Plants Database. Baton Rouge, USA: National Plant Data Center. <http://plants.usda.gov/>.
- Usha, P. & Alka, J.** 2002. Mineral status of some macrophytes growing at Gap Sagar lake, Dungarpur, Rajasthan. *Plant Archives*. 2(2): 161-163.
- Van, T. K. & Steward, K. K.** 1990. Longevity of monoecius: *Hydrilla* propagules. *Journal of Aquatic Plant Management*. 28: 74-76.
- Van, T. K., Wheeler, G. S. & Center, T. D.** 1998. Competitive interactions between *Hydrilla* (*Hydrilla verticillata*) and *Vallisneria* (*Vallisneria americana*) as influenced by insect herbivory. *Biological Control*. 11(3): 185-192.
- Van-Dijk, G.** 1985. *Vallisneria* and its interactions with other species. *Aquatics*. 7(3): 6-10.
- Vandivier, V. & Tredaway, J.** 2002. Approximate herbicide costs for canals, ditch banks, ditches, lakes, ponds, rivers and rights-of way sites. SSAGR 95. Available at <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- Verkleij, J. A. C. & Pieterse, A. H.** 1991. Isoenzyme patterns in leaves of *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae). In: **Triest, L.** (Ed.). *Isoenzymes in water plants*. Meise, Belgium: National Botanic Garden of Belgium. *Opera Botanica Belgic*. 4: 49-57.
- Verkleij, J. A. C., Pieterse, A. H., Horneman, G. J. T. & Torenbeek, M.** 1983. A comparative study of the morphology and isoenzyme pattern of *Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle. *Aquatic Botany*. 17(1): 43-59.
- Waterhouse, D. F.** 1993. The Major Arthropod Pests and Weeds of Agriculture in Southeast Asia. ACIAR Monograph No. 21. Canberra, Australia: Australian Centre for International Agricultural Research, 141 p.
- Western Aquatic Plant Management Society (WAPMS).** 2004. *Hydrilla verticillata* - *Hydrilla* - A Problem aquatic plant in the western USA. <http://www.northeastans.org/hydrilla/ecoconhydrilla.htm>.
- Wheeler, G. S. & Center, T. D.** 1996. The influence of *Hydrilla* leaf quality on larval growth and development of the biological control agent *Hydrellia pakistanae* (Diptera: Ephydriidae). *Biological Control*. 7(1): 1-9.
- Wheeler, G. S. & Center, T. D.** 1997. Growth and development of the biological control agent *Bagous hydrillae* as influenced by *Hydrilla* (*Hydrilla verticillata*) stem quality. *Biological Control*. 8(1): 52-57.
- Wheeler, G. S. & Center, T. D.** 2001. Impact of the biological control agent *Hydrellia pakistanae* (Diptera: Ephydriidae) on the submersed aquatic weed *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae). *Biological Control*. 21(2): 168-181.
- Wheeler, G. S. & Centro, T. D.** 2001. Impact of the Biological Control Agent *Hydrellia pakistanae* (Diptera: Ephydriidae) on the Submersed Aquatic Weed *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae). *Biological Control*. 21(2): 168-181.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Wijeyaratne, M. J. S. & Perera, W. M. D. S. K. 2000. Studies on the feasibility of using indigenous fishes for controlling aquatic macrophytes in Sri Lanka. *Journal of Aquaculture in the Tropics*. 15(3): 253-260.
- Wilde, S. B., Murphy, T. M., Hope, C. P., Habrun, S. K., Kempton, J., Birrenkott, A., Wiley, F., Bowerman, W. W. & Lewitus, A. J. 2005. Avian vacuolar myelinopathy linked to exotic aquatic plants and a novel cyanobacterial species. *Environmental Toxicology*. 20(3): 348-353.
- Wild plants and around Shimane. 2016. *Hydrilla verticillata*/Kuromo, [http://wildplantsshimane.jp/Plates/Hydrilla\\_verticillata.htm](http://wildplantsshimane.jp/Plates/Hydrilla_verticillata.htm).
- Winton, M. D. de, Clayton J. S, de & Winton, M. D. 1996. The impact of invasive submerged weed species on seed banks in lake sediments. *Aquatic Botany*. 53(1-2): 31-45.
- Withgott, J. 2002. California tries to rub out the monster of the lagoon. *Science* (Washington). 295(5563): 2201-2202.
- Yeo, R. R., Falk, R. H. & Thurston, J. R. 1984. The morphology of *Hydrilla* (*Hydrilla verticillata*) (L. f.) Royle). *Journal of Aquatic Plant Management*. 22: 1-17.
- Zhang, S., Wang, G., Pu, P. & Chigira, T. 1999. Succession of hydrophytic vegetation and swampy tendency in the East Taihu Lake. *Journal of Plant Resources and Environment*. 8(2): 1-6.
- Zhou, J. & Chen, J. 1996. Phytocoenological studies on floating-leaved anchored aquatic plants in Futouhu Lake, Hubei Province. II. The structure of Comm. *Nymphoides peltata*. *Acta Hydrobiologica Sinica*. 20(1): 49-56.
- Zhu, Q. S., Zhou, G., Yu, N. & Lu, Q. P. 1993. Transplanting of aquatic fodder plants in Lake Ge Hu in relation to its effectiveness for pen fish farming. *Journal of Fisheries of China*. 17(3): 189-197.
- Zweerde, V. D. 1990. Biological control of aquatic weeds by means of phytophagous fish. In: Pieterse, A. H. & Murphy, K. J. (Eds.). *Aquatic Weeds. The ecology and management of nuisance aquatic vegetation*. Oxford University Press. England. pp. 201-221.

## *Vallisneria spiralis* L.

Sp. Pl. 2: 1015, 1753



Figura 17. Foto de *Vallisneria spiralis*. Tomada de Flora acuática (2016).

Bonilla-Barbosa, J. R. 2016. Análisis de riesgo de plantas acuáticas exóticas con potencial invasor en México: *Vallisneria spiralis*. Realizado dentro del proyecto GEF 0089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## CLASIFICACIÓN

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae Haeckel, 1866

División Magnoliophyta Cronquist, Takht. & Zimmerm., 1966

Clase: Liliopsida Cronquist, Takht. & Zimmerm., 1966

Orden Alismatales R. Br. ex Bercht. & J. Presl, 1820

Familia: Hydrocharitaceae Juss., 1789

Género: *Vallisneria* L., 1753

Especie: *Vallisneria spiralis* L., 1753

## SINONIMIAS

*Vallisneria jacquinii* Savi, 1816

*Vallisneria michelii* Savi, 1816

*Vallisneria jacquiniana* Spreng., 1826

*Vallisneria micheliana* Spreng., 1826

*Vallisneria pusilla* Barbieri ex Bertol., 1855

## TAXONOMÍA Y NOMENCLATURA

*Vallisneria spiralis* es la especie tipo del género *Vallisneria*, descrita por Linnaeus (1753) de su hábitat nativo en el sur de Europa (Lowden, 1982).

En todo el mundo, doce especies son reconocidas por técnicas moleculares y 2 a 3 más por las diferencias morfológicas que son invariantes a nivel molecular (Les *et al.*, 2008) y como es conocido dos variedades de *V. spiralis* han sido reconocidas por Lowden (1982), *Vallisneria spiralis* var. *spiralis* y *V. spiralis* var. *denseserrulata* Makino, estudios moleculares apoyan la separación de estos taxones como especies distintas: *V. spiralis* y *V. denseserrulata* (Les *et al.*, 2008).

El nombre *V. spiralis* tiene una historia de haber sido aplicado indiscriminadamente a plantas en forma de roseta muy similares de Asia, Australia, Europa y Norteamérica (Jacobs, 2010). Estudios recientes indican que su distribución nativa es más restringida, sin embargo, particularmente en el sudoeste de Asia y norte de África, parecen necesarios estudios más detallados para resolver la distribución de la especie.

Registros australianos de *V. spiralis* var. *denseserrulata* (Lowden, 1982) y *Vallisneria spiralis* var. *procerca* (Rodway, 1896) han sido considerados a pertenecer a *Vallisneria nana* (Jacobs y Frank, 1997) y *Vallisneria australis* (Les *et al.*, 2008), respectivamente.

Aunque el análisis genético no se ha realizado en plantas de *Vallisneria*, en Nueva Zelanda, estudios morfológicos han dado como resultado ser dos especies naturalizadas en ese país: *V. spiralis*



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



PN  
UD  
Al servicio  
de las personas  
y las naciones

y *V. australis* (Champion *et al.*, 2010). Sin embargo, registros de *V. spiralis* en las islas hawaianas del Pacífico (Staples *et al.*, 2003) y Nueva Caledonia (MacKee, 1994) justifican mayor investigación y confirmación dado el comentario por Jacobs y Frank (1997) que dice que "*V. spiralis* es una especie de clima templado cálida en su interpretación más estrecha".

En Australia, las especies tropicales son *Vallisneria annua*, *V. nana* y *V. triptera*, mientras que *V. erecta* es reemplazada por *V. australis* en zonas templadas (Jacobs y Frank, 1997; Les *et al.*, 2008). Contrario a esto, las plantas de *V. spiralis* del lago Edward en África Ecuatorial son muy similares genéticamente con aquellas del sur de Europa (Les *et al.*, 2008).

Lowden (1982) utiliza caracteres florales para separar a dos especies de *Vallisneria* en forma de roseta (*V. americana* y *V. spiralis*). *Vallisneria spiralis* se delimitó con base en los estambres con filamentos libres no sostenidos por tricomas pilosos, con estigma lobulado y profundamente dividido. *Vallisneria americana* posee filamentos fusionados, tricomas pilosos en el androceo y estigmas no lobulados. Además, el mismo Lowden subdividió a *V. spiralis* en dos variedades: la variedad *spiralis*, en la que el estaminodio se origina cerca del ápice de los lóbulos del estigma, mientras que la variedad *denseserrulata*, tiene el estaminodio más cercano a la base de los lóbulos del estigma.

El sistema taxonómico propuesto por Lowden (1982) se ha considerado debido a la variabilidad en las características florales que utilizó (Les *et al.*, 2008), por lo que usando datos morfológicos y moleculares apoyan la retención de *V. denseserrulata* como especie, la cual se diferencia de *V. spiralis* en tener el ápice de las hojas maduras agudo, mientras que la segunda tiene el ápice de las hojas obtusos a redondeados, con pedúnculos más largos (> 100 cm), frutos no ovoides y aplanados transversalmente (Les *et al.*, 2008). *Vallisneria spinulosa* tiene diferencias similares a *V. spiralis* como *V. denseserrulata*, pero además tiene frutos alados y triangulares.

## DESCRIPCIÓN

La descripción de la especie, fue compilada de Lowden (1982).

Hidrófita enraizada sumergida, hierba; raíces fibrosas, lineares; tallos cortos, horizontales, coriáceos. Hojas lineares, hasta 10 mm de ancho y 1 a 4 m de largo, dispuestas en roseta basal, nervaduras paralelas, margen finamente dentado. Plantas dioicas; inflorescencia axilar. Flores masculinas zigomorfas, con tres sépalos, imperfectas, pequeñas, las estaminadas numerosas, con un estaminodio cerca del ápice de los lóbulos y dos estambres adnados, extendidos oblicuamente, rodeadas por una espata. Frutos reflexos, dehiscentes, escapos delgados, 1.0-1.3 mm de ancho, 10-30 mm de largo. Flores femeninas zigomorfas, pétalos transparentes, con tres sépalos de 2.0 a 3.5 mm de largo, solitarias, con inflorescencia sostenida por una espata bivalva; escapos largos y extendidos espiralmente enrollado, con tres estaminodios con tres estigmas bífidios soportados en estilos cortos, o muy reducidos. Ovario ínfero, unilocular; fruto alargado, de 9.5 a 10.0 cm largo, elipsoide,

indehiscente; placentación parietal. Semillas numerosas, elipsoides, estriadas, de 1.3-2.0 mm de largo; endospermo ausente.

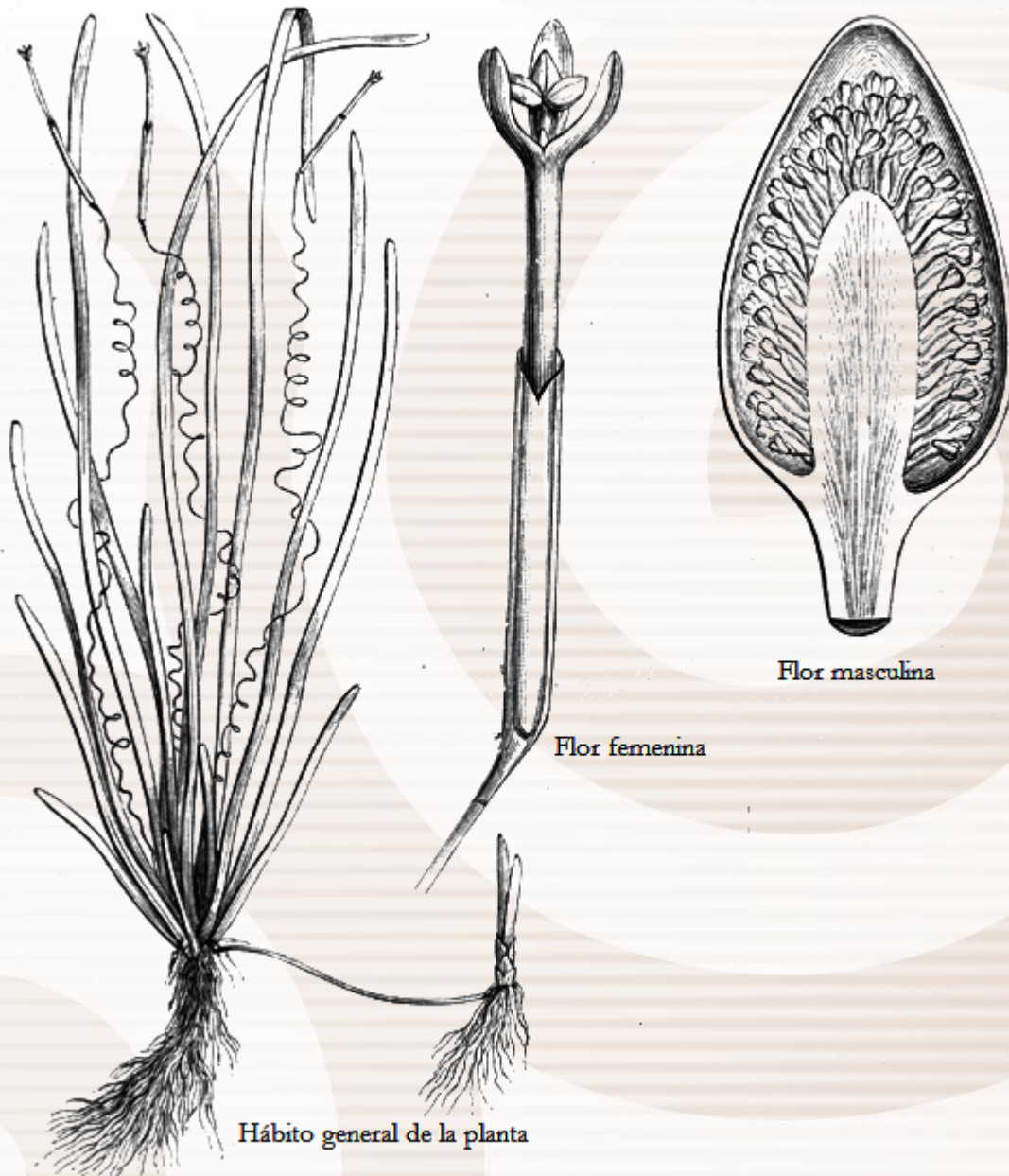


Figura 18. Morfología de *Vallisneria spiralis*. Diagrama tomado de <https://www.google.com.mx/search?q=vallisneria+spiralis&newwindow>



Figura 19. Flores femeninas y masculinas de *Vallisneria spiralis*. Tomado de Plants y Flowers (2010).

## NOMBRES COMUNES

“Gemeine Wasserschraube” (Alemania); “eelweed”, “tapegrass”, “tapeweed” (Estados Unidos); “vallisnerie en spirale” (Francia); “wierblad” (Holanda); “alga di chiana” (Italia), “saca-rolhas” (Portugal).

## ORIGEN

*Vallisneria spiralis* se considera nativa de las zonas tropicales y subtropicales de Europa meridional, norte de África, Oriente Medio y suroeste de Asia (Hussner y Lösch, 2005; Hutorowicz, 2006; Hutorowicz y Hutorowicz, 2008; Katsman y Kuchkina, 2009).

## DISTRIBUCIÓN NATURAL

### En el mundo

La distribución geográfica a nivel mundial en este apartado indica solamente las poblaciones nativas.

**Asia:** Uttar Pradesh (Lowden, 1982; Rai *et al.*, 1995).

**África:** Botswana, Burundi, República Democrática del Congo, Egipto Marruecos, Namibia, Sudáfrica. Uganda (Ali *et al.*, 1999; Cook, 2004; Les *et al.*, 2008; Copeland *et al.*, 2012; Hussner, 2012; Dijkstra, 2012).

**Europa:** Bulgaria, Croacia, España, Francia, Holanda, Hungría, Italia, Luxemburgo, Macedonia, Montenegro, Moldova, República Checa, Rumania, Serbia, Suiza (Corillion, 1955; van Oostroom y Reichelt, 1961; Lowden, 1982; Dutrarte, 1997; Ali *et al.*, 1999; Hussner y Lösch, 2005; Les *et al.*, 2008; Hussner, 2012).

## DISTRIBUCIÓN POR INTRODUCCIONES A NIVEL MUNDIAL Y MÉXICO

### Introducción no intencional

#### En el mundo

*Vallisneria spiralis* en el último siglo, se ha extendido en el centro, norte y noroeste de Europa, particularmente en cuerpos de agua artificiales (Hussner y Lösch, 2005; Hutorowicz, 2006; Hutorowicz y Hutorowicz, 2008; Katsman y Kuchkina, 2009). También se ha introducido geográficamente en Inglaterra, Norteamérica, Nueva Caledonia y Nueva Zelanda. El uso de la especie como una planta de acuario, junto con su capacidad de propagarse vegetativamente, se considera que han facilitado su proliferación.

Se ha dispersado en Asia sudoriental, Bangladesh, la India y Pakistán (Jana y Choudhuri, 1979; Lowden, 1982; Rai *et al.*, 1995; Les *et al.*, 2008).

En Nueva Zelanda, *V. spiralis* está presente en el lago Pupuke y cercanías, donde se registró primero en 1896 (Cheeseman, 1896; Winton *et al.*, 2009).

Lowden (1982) no encontró evidencia de las dos especies en las Américas, pero consideró como introducciones "menores" de *V. spiralis* en Jamaica y Cuba.

En Nueva Zelanda, *V. spiralis* está presente en el lago Wiritoa en la región de Manawatu-Wanganui, desde 1978 y Cala de Meola en la región de Auckland desde 1982 (Winton *et al.*, 2009). Entre los años 2001 y 2008, la especie fue documentada de 82 sitios en la región de Wellington, sobre todo en jardines acuáticos. Desde el año 2000 también se registró de la región Northland y el río Opawa en Blenheim en la región de Marlborough (Winton *et al.*, 2009). También se ha registrado en Nueva Caledonia (MacKee, 1994).

La presencia de *Vallisneria spiralis* en Columbia Británica, Canadá (Warrington, 1994) ha sido resultado de introducciones accidentales (Government of British Columbia, 2009).





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



PN  
UD  
Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## Introducción intencional

### En el mundo

Les *et al.* (2008) registra por primera vez a *Vallisneria spiralis* en Norteamérica, con material recolectado en Texas e identificado erróneamente como *V. americana*, mientras que en las islas hawaianas *V. spiralis* fue localizada por primera vez como vegetación acuática dominante en sitios de agua dulce en O'ahu (Staples *et al.*, 2003).

La distribución geográfica a nivel mundial en el siguiente apartado indica solamente las poblaciones que han sido consideradas introducidas.

**Norteamérica:** Estados Unidos: Hawái (Oahu) registrada por primera vez en el año 2001; Texas registrada por primera vez en el año 2008 (Staples *et al.*, 2003; Les *et al.*, 2008).

**México:** No se ha observado algún registro de esta especie en el país, al menos en ejemplares de herbario, en literatura y al visitar los mercados con venta de organismos acuáticos más importantes de la Ciudad de México como Mixuca, Venustiano Carranza y tiendas de acuario pequeñas en diferentes estados de la República. Realmente la especie registrada es *V. americana*.

**Centroamérica y el Caribe:** Cuba, Jamaica (Lowden, 1982).

**Asia:** China, India, Irak, Israel, Nepal, Sri Lanka, Vietnam (Lowden, 1982; Jana y Choudhuri, 1979; Shrestha y Janauer, 2001; Flora of Israel Online, 2006; Li y Xie, 2009; Hussner, 2012).

**Europa:** Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Holanda, Inglaterra, Polonia, Rusia (Jørgensen, 1927; Winge, 1927; Michel, 1951; Castagne, 1956; van Oostroom y Reichgelt, 1962; Hegi, 1965; Ant, 1966; Ant, 1970; Harris y Lording, 1973; Preston y Croft, 1997; Gabka, 2002; Hussner y Lösch, 2005; Les *et al.*, 2008; Katsman y Kuchkina, 2009; Hussner, 2012).

**Oceanía:** Nueva Caledonia y Nueva Zelanda registrada por primera vez en el año 1978 (MacKee, 1994; Winton *et al.*, 2009).

## TRASLOCACIONES

La traslocación de *Vallisneria spiralis*, se ha documentado muy escasamente en otros países. *Vallisneria spiralis*, *Egeria densa* y *Myriophyllum aquaticum*, son especies que probablemente fueron introducidas al río Erft en Alemania como plantas desechadas de los acuarios en ese mismo país (Hussner y Lösch, 2005). En la ciudad de la Habana, Cuba las plantas han sido cultivadas, así como en Lucea, Jamaica y de las que probablemente han sido escapadas de cultivo (Lowden, 1982). Mientras que en Nueva Zelanda, la extensión de *Vallisneria spiralis* a nuevos cuerpos de agua es el resultado de plantación intencional y a través del comercio de organismos acuáticos incluyendo tanto plantas completas como fragmentos de ellas (Auckland Regional Council, 2010).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## BIOLOGÍA, ECOLOGÍA E HISTORIA NATURAL

### Información genética

Aunque el análisis genético no se ha realizado en plantas de *Vallisneria* en Nueva Zelanda, estudios morfológicos han dado como resultado ser dos especies naturalizadas en ese país: *V. spiralis* y *V. australis* (Champion *et al.*, 2010).

Estudios genéticos en el género *Vallisneria* han demostrado que *V. spiralis* se ha aplicado a un número de especies morfológicamente similares. Fuera de la ahora reconocida región de distribución nativa del sur de Europa, como Nueva Zelanda, Nueva Caledonia y Hawái, es necesaria la confirmación molecular para la identidad de la especie (Les *et al.*, 2008).

### Biología reproductiva

*Vallisneria* es un género de la familia Hydrocharitaceae en el que sus flores masculinas y femeninas están separadas y están sostenidas por una espata (Les *et al.*, 2008).

Las flores se sostienen sobre la superficie del agua y abren para formar una balsa flotante, la cual es dispersada por el viento y las corrientes de agua. El polen permanece seco en las anteras estaminadas y estas últimas se unen a las flores pistiladas a través de un largo pedúnculo, flexuosos (Les *et al.*, 2008). Después de la fertilización el pedúnculo hace una forma de espiral, desarrollando el fruto en el fondo del agua donde madura (Les *et al.*, 2008).

Además, *Vallisneria spiralis* se propaga asexualmente por medio de estolones (Hutorowicz y Hutorowicz, 2008).

### Fisiología y fenología

Un estudio experimental sobre el comportamiento respiratorio y fotosintético, de tres angiospermas acuáticas, incluyendo *V. spiralis*, indica que, bajo condiciones constantes de luz, temperatura y composición gaseosa inicial en el agua, causa variación considerable en las tasas de respiración. La especie es básicamente planta C<sub>3</sub>, ya que la tasa de fotosíntesis y respiración disminuyó gradualmente con la edad de la hoja, con un posible aumento en la tasa de respiración hacia la senescencia (Jana y Choudhuri, 1979).

### Requerimientos ambientales

Crece en hábitats de agua dulce léntica (estanques, lagos, humedales) y lótica (canales de riego, cursos de agua, ríos, arroyos).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

*Vallisneria spiralis* puede ser tolerante a perturbación de contaminación alta (Ali *et al.*, 1999), velocidades de agua de hasta 0.8 m/s, profundidades de 1 m pero puede alcanzar hasta los 9 m, y en sedimentos fangosos o arenosos (Hussner y Lösch, 2005; Auckland Regional Council, 2010), prefiere agua clara, ya que en aguas con alto contenido de materia orgánica su crecimiento es más lento.

Willby (2007) indica que, con respecto al clima, plantas acuáticas que actualmente no son invasoras en el Reino Unido, incluyendo *V. spiralis*, pueden serlo si el cambio climático disminuye las barreras al crecimiento. Comentarios similares son hechos por Hussner y Lösch (2005), quienes sugieren que la especie podría naturalizarse a través de Europa occidental y central si suben las temperaturas promedio por sólo uno o dos grados. En Nueva Zelanda, crece más rápido en temperaturas de agua de 25 °C (Auckland Regional Council, 2010; ISSG, 2010). Tolerancia bajas concentraciones de salinidad (ISSG, 2010).

De acuerdo con Bolpagni *et al.* (2014) tiene un rango altitudinal no superior a los 300 msnm, y está presente principalmente en hábitats de agua mesoeutróficas, produce grandes cantidades de oxígeno, promueve la pérdida de nitrógeno a través de la desnitrificación y reduce la carga interna de nutrientes de los ambientes que coloniza.

## MECANISMOS DE DISPERSIÓN

### Dispersión natural

La dispersión local puede ser por semilla y pequeños fragmentos de la planta son diseminados por aguas corrientes, además de las aves acuáticas lo que ocasiona la formación de nuevas colonias (Consejo Metropolitano Regional de Wellington, 2004; ISSG, 2010).

## USOS Y COMERCIALIZACIÓN

### Historia de la comercialización

### Tratamiento de aguas residuales

*Vallisneria spiralis* se considera tener importante valor en la fitorremediación de suelos debido a que a través de los rizomas y estolones y sus raíces sumergidas facilitan la absorción de nutrientes que le permiten el mejor desarrollo de las plantas (Vajpayee *et al.*, 2001). *Vallisneria spiralis* disminuye eficazmente concentraciones de cromo, cadmio y cobre, DQO, sodio en agua bajo condiciones de laboratorio (Sinha *et al.*, 1994; Vajpayee *et al.*, 2001), por lo que fue propuesta en la restauración de humedales para la reducción del cromo proveniente de aguas residuales (Vajpayee *et al.*, 2001; Singhal *et al.*, 2003).

Es importante indicar, que en estudios con el propósito de eliminar metales pesados en aguas residuales, *V. spiralis* no ha sido potencialmente efectiva como otras especies de plantas acuáticas sumergidas (Ahner *et al.*, 1995; Rai *et al.*, 1995).

### Alimentario

La planta es usada como aperitivo, dulcificante y refrescante (Plant for a future, 2012).

### Medicinal

La planta es usada para problemas estomacales y en el tratamiento de los cólicos de las mujeres, además, para el tratamiento de la leucorrea y mezclado con *Sesamum indicum*, para mejorar el apetito (Plant for a future, 2012).

### EVIDENCIAS DE IMPACTOS

#### Impactos/beneficios socioeconómicos

*Vallisneria spiralis* impide el flujo de agua en canales de riego y presas de almacenamiento, afecta el drenaje, las hidroturbinas e impacta la navegación, la recreación y la agricultura, además impide el uso de los cuerpos de agua donde se desarrolla esta especie (Auckland Regional Council, 2010).

#### Impactos ambientales y a la biodiversidad

*Vallisneria spiralis* forma lechos densos que desplazan a otras especies de hidrófitas sumergidas (MAF Biosecurity New Zealand, 2010). En los lagos polacos, esto se atribuye a su modo clonal de propagación y su máximo crecimiento en otoño, cuando las especies nativas están en latencia (Hutorowicz, 2006; Hutorowicz y Hutorowicz, 2008). Mientras que, en otras áreas, como en el río Erft en Alemania, se considera que tiene una influencia positiva en la composición de la comunidad de hidrófitas, sin afectar la estructura de las demás poblaciones (Hussner y Lösch, 2005).

Hojas de *V. spiralis* pueden proporcionar sustrato de algas epífitas y fauna asociada de rotíferos y protistas (Hutorowicz y Hutorowicz, 2008).

*Vallisneria spiralis* juega un papel importante no sólo en la disminución de la eutrofización de los ecosistemas acuáticos, sino también en la inhibición del crecimiento de algas verde-azul como *Microcystis aeruginosa* Kütz. En experimentación, se aislaron dos fracciones con fuerte actividad antialgal utilizando cromatografía en columna y fraccionamiento guiado por actividad a partir del extracto de *V. spiralis*. En la primera fracción se identificaron la 2-etil-3-metilmaleimida, la dihidroac-tinidiolida y la 4-oxo-beta-ionona, y 3-hidroxi-5,6-epoxi-beta-ionona, 6-hidroxi-3-oxo-alfa Tionina y



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



PN  
UD  
Al servicio  
de las personas  
y las naciones

un compuesto desconocido en la segunda fracción, por lo que tiene fuertes efectos inhibitorios sobre *Microcystis aeruginosa* (Xian *et al.*, 2006).

## CONTROL Y MITIGACIÓN (TIPOS DE MEDIDAS O ESTRATEGIAS, COSTOS, ETC.)

### Control mecánico o físico

En Nueva Zelanda, la especie se considera prácticamente imposible de eliminar una vez establecida, pero las infestaciones pequeñas pueden ser controladas manualmente empleando buzos (Auckland Regional Council, 2010), eliminando fragmentos vegetativos viables.

Si el control es requerido, el mejor método para la eliminación de la biomasa foliar ha sido su corte a través del uso de embarcaciones equipadas con barras cortadoras acopladas a un control hidráulico, lo que permite que las plantas sean cortadas más eficientemente (Bowmer *et al.*, 1995).

Sin embargo, la remoción mecánica resulta en la ruptura de los tallos de la planta dando como resultado la dispersión de fragmentos de las plantas a nuevas áreas (Bowmer *et al.*, 1995), tal y como ha sucedido con otra especie de planta acuática como *Lagarosiphon major* en Holanda (Collas *et al.*, 2012). Por lo que se ha recomendado que el corte en *V. spiralis* sea a una longitud mínima de 20 cm por encima del tallo para evitar la dispersión de fragmentos viables con estolones y raíces (Collas *et al.*, 2012).

De acuerdo con Collas *et al.* (2012), se puede cosechar la planta con pequeñas embarcaciones usando un bastidor hidráulico controlado en el frente el cual recogerá las plantas y las transportará a los bancos propuestos para ser secada en tierra firme. La recolección de la biomasa vegetal sólo es posible parcialmente si no se previene completamente la propagación. Los barcos más grandes que cortan y recogen son mucho más eficientes, pero costosos y no prácticos en cuerpos de agua pequeños.

La extracción manual de plantas es el método de control físico más primitivo, pero también el más preciso. Además de la recolección mecánica a gran escala, la selección manual de los fragmentos restantes de la especie puede ser muy eficaz en los intentos de erradicar las especies de plagas, al menos localmente, y prevenir con ello la propagación. En Nueva Zelanda, las poblaciones de *V. spiralis*, ahora conocidas como *V. australis*, se mantuvieron bajo control con esta técnica. Sin embargo, esto puede resultar en la propagación de fragmentos vegetativos (CABI, 2012; Collas *et al.*, 2012).

En mi opinión, si esta especie estuviera en México, debe considerarse que debe ser extraído el tallo, debido a que es subterráneo y con ello podría erradicarse, esto debido a que el corte es solamente del follaje, y por este método ocasiona mayor agresividad en la propagación de la especie y por lo tanto los costos de control se incrementarán.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## Control químico

No se ha encontrado que estén documentados métodos de control químico sobre esta especie en los sitios en donde se ha registrado.

## Control biológico

**Peces**, como la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) pez fitófago originario de China y Siberia, y que es una especie exótica invasora, se ha propuesto como agente de control biológico para reducir la biomasa de esta especie de planta acuática (Froude, 2002).

## Otros métodos

No se ha encontrado que estén documentados distintos métodos de control que los indicados en el presente documento sobre esta especie, en los sitios en donde se ha registrado.

## NORMATIVIDAD (INTERNACIONAL O NACIONAL EN CASO DE HABERLAS)

En Nueva Zelanda, *V. spiralis* es catalogada como una "plagas que debe ser vigilada", y la estrategia de su manejo es evitar su establecimiento o extensión mediante la prohibición de su venta, propagación, distribución y exhibición (Auckland Regional Council, 2010). La entrada a Nueva Zelanda está prohibida bajo las regulaciones de bioseguridad nacional.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## ANÁLISIS DE RIESGO

Familia: Hydrocharitaceae Resultado: Especie de Alto Riesgo

Nombre científico: *Vallisneria spiralis* L.

Nombre común: “Gemeine Wasserschraube” (Alemania); Nombre: Jaime Raúl Bonilla Barbosa  
“eelweed”, “tapegrass”, “tapeweed” (Estados Unidos);  
“vallisnerie en spirale” (Francia); “wierblad” (Holanda); “alga  
di chiana” (Italia), “saca-rolhas” (Portugal).

### Historia y Biogeografía

1. Domesticación/Cultivo	A	1.1 Especie altamente domesticable? si la respuesta es no ir a la pregunta 2.1	SI
	C	1.2 Se ha convertido en una especie naturalizada donde crece?	SI
	C	1.3 En una maleza con variedades	NO
2. Clima y distribución		2.1 Especie adaptada al clima de México (0- bajo, 1- medio, 2- alto)	2
		2.2 Calidad del clima en fecha de colecta (0- bajo, 1- medio, 2- alto)	0

En México no se tienen registros de la especie y menos sobre sus aspectos climáticos y ambientales.

C 2.3 Amplia adaptabilidad climática (versatilidad ambiental) 2

Willby (2007) indica que, con respecto al clima, plantas acuáticas que actualmente no son invasoras en el Reino Unido, incluyendo *V. spiralis*, pueden serlo si el cambio climático disminuye las barreras al crecimiento.

C 2.4 Nativa o naturalizada en regiones con periodos de sequias largos SI

No aplica

2.5 La especie tiene un historial de introducción repetido fuera de su área de distribución natural? SI

*Vallisneria spiralis*, se ha documentado muy escasamente en otros países. *Vallisneria spiralis*, *Egeria densa* y *Myriophyllum aquaticum*, son especies que probablemente fueron introducidas al río Erft en Alemania como plantas desechadas de los acuarios en ese mismo país (Hussner y Lösch, 2005).

C 3.1 Naturalizada más allá del rango nativo SI

*Vallisneria spiralis* en el último siglo, se ha extendido en el centro, norte y noroeste de Europa, particularmente en cuerpos de agua artificiales (Hussner y Lösch, 2005; Hutorowicz, 2006; Hutorowicz y Hutorowicz, 2008; Katsman y Kuchkina, 2009). También se ha introducido geográficamente en Inglaterra, Norteamérica, Nueva Caledonia y Nueva Zelanda. El uso de la especie como una planta de acuario, junto con su capacidad de propagarse vegetativamente, se considera que han facilitado su proliferación.

### 3. Maleza de otro lugar

Se ha dispersado en Asia sudoriental, Bangladesh, la India y Pakistán (Jana y Choudhuri, 1979; Lowden, 1982; Rai *et al.*, 1995; Les *et al.*, 2008).

En Nueva Zelanda, *V. spiralis* está presente en el lago Pupuke y cercanías, donde se registró primero en 1896 (Cheeseman, 1896; Winton *et al.*, 2009).

Lowden (1982) no encontró evidencia de las dos especies en las Américas, pero consideró como introducciones "menores" de *V. spiralis* en Jamaica y Cuba.

En Nueva Zelanda, *V. spiralis* está presente en el lago Wiritoa en la región de Manawatu-Wanganui, desde 1978 y Cala de Meola en la región de Auckland desde 1982 (Winton *et al.*, 2009). Entre los años 2001 y 2008, la especie fue





documentada de 82 sitios en la región de Wellington, sobre todo en jardines acuáticos. Desde el año 2000 también se registró de la región Northland y el río Opawa en Blenheim en la región de Marlborough (Winton *et al.*, 2009). También se ha registrado en Nueva Caledonia (MacKee, 1994).

La presencia de *Vallisneria spiralis* en Columbia Británica, Canadá (Warrington, 1994) ha sido resultado de introducciones accidentales (Government of British Columbia, 2009).

E	3.2 Jardín/maleza de disturbio	NO
	No aplica	
A	3.3 Maleza de agricultura/hortalizas/forestal	NO
	No aplica	
E	3.4 Maleza ambiental	SI

*Vallisneria spiralis* forma lechos densas que desplazan a otras especies de hidrófitas sumergidas (MAF Biosecurity New Zealand, 2010). En los lagos polacos, esto se atribuye a su modo clonal de propagación y su máximo crecimiento en otoño, cuando las especies nativas están en latencia (Hutorowicz, 2006; Hutorowicz y Hutorowicz, 2008). Mientras que en otras áreas, como en el río Erft en Alemania, se considera que tiene una influencia positiva en la composición de la comunidad de hidrófitas, sin afectar la estructura de las demás poblaciones (Hussner y Lösch, 2005).

Hojas de *V. spiralis* pueden proporcionar sustrato de algas epífitas y fauna asociada de rotíferos y protistas (Hutorowicz y Hutorowicz, 2008).

#### Biología y Ecología

	A	4.2 Alelopática	NO
		No se tienen datos sobre este tema que la especie pueda tener este tipo de sustancias.	
	C	4.3 Parasita	NO
4. Rasgos indeseables		No aplica	
	C	4.4 Desagradable para los animales de pastoreo	NO
		No se han registrado datos relacionados como especie forrajera.	

A	4.5 Tóxico para los animales	NO
	No se han registrado datos relacionados como especie tóxica.	
C	4.6 Huésped de plagas y patógenos reconocidos	NO
	No se han registrado datos relacionados sobre estos campos del conocimiento.	
C	4.7 Causa alergias o es tóxica para los humanos	NO
	No se han registrado datos relacionados como especie tóxica.	
C	4.8 Crea un riesgo de incendio en los ecosistemas naturales	NO
	No aplica	
E	4.9 Es una planta tolerante a la sombra en alguna etapa de su ciclo de vida	NO
	No aplica	
E	4.10 Crece en suelos infértiles	NO
	<i>Vallisneria spiralis</i> crece en sedimentos fangosos o arenosos (Hussner y Lösch, 2005; Auckland Regional Council, 2010), y si tiene alto contenido de materia orgánica su crecimiento es más lento.	
E	4.11 Es trepadora o asfixiante en su hábito de crecimiento	NO
	No aplica	
E	4.12 Forma densas matas	SI
	<i>Vallisneria spiralis</i> forma lechos densos que desplazan a otras especies de hidrófitas sumergidas (MAF Biosecurity New Zealand, 2010). En los lagos polacos, esto se atribuye a su modo clonal de propagación y su máximo crecimiento en otoño, cuando las especies nativas están en latencia (Hutorowicz, 2006; Hutorowicz y Hutorowicz, 2008).	
E	5.1 Acuática	SI
	Hidrófita enraizada sumergida Lowden (1982).	
E	5.2 Césped	SI
	No aplica	

5. Tipo de planta



## 6. Reproducción

C	5.3 Planta leñosa que fija nitrógeno	NO
	No aplica	
E	5.4 Geófito	NO
	No aplica	
C	6.1 Evidencia de fracaso reproductivo en el hábitat natural	NO
	Además, <i>Vallisneria spiralis</i> se propaga asexualmente por medio de estolones (Hutorowicz y Hutorowicz, 2008).	
C	6.2 Produce semillas viables	NO
	No existe información relacionada con ella.	
C	6.3 Hibridiza naturalmente	NO
	No existe información al respecto.	
C	6.4 Auto-fecundación	NO
	No existe información al respecto.	
C	6.5 Requiere polinizadores específicos	NO
	<i>Vallisneria</i> es un género de la familia Hydrocharitaceae en el que sus flores masculinas y femeninas están separadas y están sostenidas por una espata (Les <i>et al.</i> , 2008). Las flores se sostienen sobre la superficie del agua y abren para formar una balsa flotante, la cual es dispersada por el viento y las corrientes de agua. El polen permanece seco en las anteras estaminadas y estas últimas se unen a las flores pistiladas a través de un largo pedúnculo, flexuosos (Les <i>et al.</i> , 2008). Después de la fertilización el pedúnculo hace una forma de espiral, desarrollando el fruto en el fondo del agua donde madura (Les <i>et al.</i> , 2008).	
C	6.6 Reproducción por propagación vegetativa	NO
	<i>Vallisneria spiralis</i> se propaga asexualmente por medio de estolones (Hutorowicz y Hutorowicz, 2008).	
C	6.7 Tiempo de fecundación mínimo (años)	SI
	No aplica	
C	7.1 Propágulos dispersados involuntariamente	SI

La presencia de *Vallisneria spiralis* en Columbia Británica, Canadá (Warrington, 1994) ha sido resultado de introducciones accidentales (Government of British Columbia, 2009).

7. Mecanismos de dispersión

- A 7.2 Propágulos dispersados intencionalmente por el ser humano SI

En Nueva Zelanda, *V. spiralis* está presente en el lago Wiritoa en la región de Manawatu-Wanganui, desde 1978 y Cala de Meola en la región de Auckland desde 1982 (Winton *et al.*, 2009). Entre los años 2001 y 2008, la especie fue documentada de 82 sitios en la región de Wellington, sobre todo en jardines acuáticos. Desde el año 2000 también se registró de la región Northland y el río Opawa en Blenheim en la región de Marlborough (Winton *et al.*, 2009). También se ha registrado en Nueva Caledonia (MacKee, 1994).

- C 7.3 Propágulos dispersados como un producto de la contaminación SI

La dispersión puede ser por pequeños fragmentos de la planta ocasionados por la alta productividad (eutrofización) del agua y que son diseminados por aguas corrientes, (Consejo Metropolitano Regional de Wellington, 2004; ISSG, 2010).

- A 7.4 Propágulos dispersados por el viento NO

No aplica

- C 7.5 Propágulos dispersados por medios acuáticos NO

La dispersión local por semilla y pequeños fragmentos de la planta son diseminados por aguas corrientes, lo que ocasiona la formación de nuevas colonias (Consejo Metropolitano Regional de Wellington, 2004; ISSG, 2010).

- E 7.6 Propágulos dispersados por las aves SI

La dispersión por semilla y pequeños fragmentos de la planta son diseminados por aves acuáticas lo que ocasiona la formación de nuevas colonias (Consejo Metropolitano Regional de Wellington, 2004; ISSG, 2010).

- E 7.7 Propágulos dispersados por otros animales (externamente) SI

No aplica



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

8. Persistencia

- |   |   |    |
|---|---|----|
| C | 7.8 Propágulos dispersados por otros animales (internamente)  | NO |
|   | No aplica   |    |
| C | 8.1 Producción prolífica de semillas  | NO |
|   | No se ha registrado información sobre el tema.  |    |
| C | 8.2 Evidencia de que se forma un banco persistente de propágulos (> 1 año)  | NO |
|   | No aplica   |    |
| A | 8.3 Bien controlada por herbicidas  | NO |
|   | No se ha encontrado que estén documentados métodos de control químico sobre esta especie en los sitios en donde se ha registrado. |    |
| A | 8.4 Tolera o se beneficia por mutilación, cultivo o fuego   | NO |
|   | No aplica   |    |
| C | 8.5 Enemigos naturales eficaces presentes en México   | NO |
|   | No existen enemigos naturales en México debido a que no está presente   |    |

NOTA: A= Agricultura, E= Ambiental, C= Conjunto



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## LITERATURA CITADA

- Ahner, B. A., Kong, S. & Morel, F. M. M.** 1995. Limnology and Oceanography. Department of Geology, Princeton University, Princeton, New Jersey. 4: 40.
- Ali, M. M., Murphy, K. J. & Langendorff, J.** 1999. Interrelationships of river ship traffic with aquatic plants in the river Nile, upper Egypt. *Hydrobiologia*. 415: 93-100.
- Ant, H.** 1966. (*Vallisneria spiralis* (Hydrocharitaceae) in der Lippe.). *Hydrobiologie*. 61: 537-539.
- Ant, H.** 1970. (Zur Ausbreitung der Sumpfschraube, *Vallisneria spiralis* (Hydrocharitaceae), im Norden ihres Areals). *Decheniana*. 122: 195-197.
- Auckland Regional Council.** 2010. Auckland regional pest strategy 2007-2012. <http://www.arc.govt.nz>. [Consultado: 25 de noviembre de 2015].
- Bolpagni, R., Laini, E., Soana, A., Tomaselli, M. & Nascimbene, J.** 2014. Growth performance of *Vallisneria spiralis* under oligotrophic conditions supports its potential invasiveness in mid-elevation freshwaters. *European Weed Research Society*. 55: 185-194.
- Castagne, E.** 1956. Le *Vallisneria spiralis* L. en Belgique. *Bulletin de la Societe Royale de Botanique de Belgique*. 88: 33.
- Chambers, P. A., Lacoul, P., Murphy, K. J. & Thomaz, S. M.** 2008. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia*. 595: 9-26.
- Champion, P. D., Clayton, J. S. & Hofstra, D. E.** 2010. Nipping aquatic plant invasions in the bud: weed risk assessment and the trade. *Hydrobiologia*. 656: 167-172.
- Cheeseman, T. F.** 1896. Notice of establishment of *Vallisneria spiralis* in lake Takapuna, together with some remarks on its life-history. *Transactions of the New Zealand Institute*. 29: 386-390.
- Collas, F. P. L., Beringen, R., Koopman, K. R., Matthews, J., Odé, B., Pot, R., Sparrius, L. B., van Valkenburg, J. L. C. H., Verbrugge, L. N. H. & Leuven, R. S. E. W.** 2012. Knowledge document for risk analysis of the non-native Tape Grass (*Vallisneria spiralis*) in the Netherlands. Series of Reports on Environmental Science. 41 p.
- Cook, C. D. K.** 2004. Aquatic and wetland plants of southern Africa. Leiden, Netherlands: Backhuys Publishers. 281 p.
- Copeland, R. S., Nkubaye, E., Nzigidahera, B., Epler, J. H., Cuda, J. P. & Overholt, W. A.** 2012. The diversity of Chironomidae (Diptera) associated with *Hydrilla verticillata* (Alismatales: Hydrocharitaceae) and other aquatic macrophytes in Lake Tanganyika, Burundi. *Annals of the Entomological Society of America*. 105(2): 206-224.
- Corillion, R.** 1955. Nouveaux progress du *Vallisneria spiralis* L. dans le Nord-Ouest de la France. *Bulletin de la Société Scientifique de Bretagne*. 30: 62-64.
- Dijkstra, K.** 2012. Wilde planten in Nederland en België. <http://wilde-planten.nl/vallisneria.htm>. [Consultado: 31 de julio de 2016].



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Dutrarte, A., Haury, J. & Planty-Tabacchi, A. M.** 1997. Introductions of aquatic and riparian macrophytes into continental French hydrosystems: an attempt at evaluation. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*. 344-345: 407-426.
- Flora acuática.** 2016. *Vallisneria spiralis*. <http://www.flora-aquatica.com.br/medias/433-ludwigia-sp-mini-super-red-.html>. [Consultado: 2 de Octubre de 2016].
- Flora of Israel Online.** 2006. *Vallisneria spiralis* L. <http://flora.huji.ac.il/>. [Consultado: 21 de Agosto de 2016].
- Froude, V. A.** 2002. Biological control options for invasive weeds of New Zealand protected areas. *Science for Conservation*. 199: 68.
- Gabka, M.** 2002. *Vallisneria spiralis* (Hydrocharitaceae) -nowy gatunek we florze Polski. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica*. 9: 67-73.
- Government of British Columbia.** 2009. Identification keys to the aquatic plants of British Columbia. Environment Protection Division, Ministry of Environment, Government of British Columbia. <http://www.elp.gov.bc.ca/wat/wq/plants/plantkey/key.html>. [Consultado: 23 de Agosto de 2016].
- Harris, S. & Lording, T. A.** 1973. Distribution of *Vallisneria spiralis* L. in the river Lea Navigation channel (Essex-Hertfordshire border). *Watsonia*. 9: 253-256.
- Hegi, G.** 1965. Illustrierte Flora von Mittel-Europa. Volume 1. München: Lehmann.
- Hussner, A.** 2012. Alien aquatic plant species in European countries. *Weed Research* DOI:10.1111/j.1365-3180.20.12.00926.x.
- Hussner, A. & Lösch, R.** 2005. Alien aquatic plants in a thermally abnormal river and their assembly to neophyte-dominated macrophyte stands. *Limnologica*. 35: 18-30.
- Hutorowicz, A.** 2006. *Vallisneria spiralis* L. (Hydrocharitaceae) in lakes in the vicinity of Konin (Kujawy Lakeland). *Biodiversity, Research and Conservation*. 1-2: 154-158.
- Hutorowicz, A. & Hutorowicz, J.** 2008. Seasonal development of *Vallisneria spiralis* L. in a heated lake. *Ecological Questions*. 9: 79-86.
- Invasive Species Specialist Group (ISSG).** 2010. Global Invasive Species Database (GISD). Invasive Species Specialist Group of the IUCN Species Survival Commission. <http://www.issg.org/database>. [Consultado: 15 de noviembre de 2015].
- Jacobs, S.** 2010. Evolution of *Vallisneria*. <http://www.rbgsyd.nsw.gov.au/science/Research/vallisneria>. [Consultado: 15 de noviembre de 2015].
- Jacobs, S. W. L. & Frank, K. A.** 1997. Notes on *Vallisneria* (Hydrocharitaceae) in Australia, with descriptions of two new species. *Telopea*. 7(2): 111-118.
- Jana, S. & Choudhuri, M. A.** 1979. Photosynthetic, photorespiratory and respiratory behavior of three submersed aquatic angiosperms. *Aquatic Botany*. 7(1): 13-19.
- Jørgensen, C. A.** 1927. Chromosomes and sex in *Vallisneria*. *Genetics*. 18: 63-75.
- Katsman, E. A. & Kuchkina, M. A.** 2009. Invasion of *Vallisneria spiralis* L. into the Desnogorskoe waterbody. Russian. *Biological Invasions*. 2009(2): 9-13.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Les, D. H., Jacobs, S. W. L., Tippery, N. P., Chen, L., Moody, M. L. & Wilstermann-Hildebrand, M. 2008. Systematics of *Vallisneria* (Hydrocharitaceae). *Systematic Botany*. 33: 49-65.
- Li, F. & Xie, Y. 2009. Spacer elongation and plagiotropic growth are the primary clonal strategies by *Vallisneria spiralis* to acclimate to sedimentation. *Aquatic Botany*. 91: 219-223.
- Linnaeus, C. 1753. Species Plantarum. Volume II. Stockholm, Sweden: Impensis Laurentii Salvii.
- Lowden, R. M. 1982. An approach to the taxonomy of *Vallisneria* L. (Hydrocharitaceae). *Aquatic Botany*. 13: 269-298.
- MacKee, H. S. 1994. Catalogue des plantes introduites et cultivées en Nouvelle-Calédonie. Paris, France: Muséum National d'Histoire Naturelle.
- Ministry of Agriculture and Forestry (MAF), Biosecurity New Zealand. 2010. Eelgrass: *Vallisneria spiralis*. <http://www.biosecurity.govt.nz/pests/vallisneria-spiralis>.
- Michel, E. 1951. (*Vallisneria spiralis* L.) *Les Naturalistes Belges*. 32: 145-149.
- Neve, C., Ancion, P.-Y., Thi-Thai, H., Pham-Khanh, T., Chiang, C. N. & Dufey, J. E. 2009. Fertilization capacity of aquatic plants used as soil amendments in the coastal sandy area of central Vietnam. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 40(17-18): 2658-2672.
- Plants for a future. 2012. <http://pfaf.org/User/Plant.aspx?LatinName=Vallisneria+spiralis>.
- Plants & Flowers. 2010. *Vallisneria spiralis*, <http://www.plantsrescue.com/category/submerged-oxygenating-plants/>. [Consultado: 30 de septiembre de 2016].
- Preston, C. D. & Croft, J. M. 1997. Aquatic plants in Britain and Ireland. 365 p.
- Rai, U. N., Sinha, S., Tripathi, R. D. & Chandra, P. 1995. Wastewater treatability potential of some aquatic macrophytes: removal of heavy metals. *Ecological Engineering*. 5: 5-12.
- Rodway, L. 1896. Botanical notes. *Papers and Proceedings of the Royal Society of Tasmania*. 1895: 51-54.
- Shrestha, P. & Janauer, G. A. 2001. Management of aquatic macrophyte resource: A case of Phewa Lake, Nepal. In: Jha, P. K., Baral, S. R., Karmacharya, S. B., Lekhak, H. D. & Lacoul, P. (Eds.). Environment and Agriculture: Biodiversity, agriculture and pollution in South Asia. Nepal: Ecological Society (ECOS). pp. 99-107.
- Singhal, V., Kumar, A. & Rai, J. P. N. 2003. Phytoremediation of pulp and paper mill and distillery effluents by channel grass (*Vallisneria spiralis*). *Scientific and Industrial Research*. 62(4): 319-328.
- Sinha, S., Gupta, M. & Chandra, P. 1994. Bioaccumulation and toxicity of Cu and Cd. *Environmental Monitoring and Assessment*. 33: 75-84.
- Staples, G. W., Imada, C. T. & Herbst, D. R. 2003. New Hawaiian plant records for 2001. Records of the Hawaii Biological Survey for 2001-2002. Part 2: Notes. *Bishop Museum Occasional Papers*. 74: 7-21.
- Vajpayee, P., Rai, U. N., Ali, M. B., Tripathi, R. D., Yadav, V., Sinha, S. & Singh, S. N. 2001. Chromium-induced physiologic changes in *Vallisneria spiralis* L. and its role in phytoremediation of tannery effluent. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 67(2): 246-256.



- Van Oostroom, S. J. & Reichgelt, Th. J.** 1962. Een Nederlandse vondst van *Vallisneria spiralis* L. *Gorteria*. 1(6): 61-62.
- Warrington, P. D.** 1994. Identification keys to the aquatic plants of British Columbia. Identification keys to the aquatic plants of British Columbia. Resource Information Standards Committee, Government of British Columbia. [http://www.ilimb.gov.bc.ca/risc/o\\_docs/aquatic/029/index.htm](http://www.ilimb.gov.bc.ca/risc/o_docs/aquatic/029/index.htm). [Consultado: 10 de diciembre de 2015].
- Weyl, P. S.R. & Coetzee, J. A.** 2014. The invasion status of *Myriophyllum spicatum* L. in southern Africa. Zoology and Entomology Dept., Rhodes University, Grahamstown, 6139, South Africa.
- Willby, N. J.** 2007. Managing invasive aquatic plants: problems and prospects. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 17: 659-665.
- Winge, O.** 1927. Chromosome behavior in male and female individuals of *Vallisneria spiralis* and *Najas marina*. *Genetics*. 18: 99-107.
- Winton, M. D., Champion, P. D., Clayton, J. S. & Wells, R. D. S.** 2009. Spread and status of seven submerged pest plants in New Zealand lakes. *Marine and Freshwater Research*. 43(2): 547-561.
- Xian, Q., Chen, H., Liu, H., Zou, H. & Yin, D.** 2006, Isolation and identification of anti-algal compounds from the leaves of *Vallisneria spiralis* L. by activity-guided fractionation. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 13(4): 233-237.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

# DICOTILEDONEAE

## *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc.

Kew Bull., 28(1): 36. 1973



Figura 20. Foto de *Myriophyllum aquaticum*. Tomada de Mareš (1999).

Bonilla-Barbosa, J. R. 2016. Análisis de riesgo de plantas acuáticas exóticas con potencial invasor en México: *Myriophyllum aquaticum*. Realizado dentro del proyecto GEF 0089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## CLASIFICACIÓN

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae Haeckel, 1866

División: Magnoliophyta Cronquist, Takht. & Zimmerm., 1966

Clase: Magnoliopsida Cronquist, Takht. & Zimmerm., 1966

Orden: Haloragales Novák, 1954

Familia: Haloragaceae, R. Br., 1814

Género: *Myriophyllum* L., 1753

Especie: *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc., 1753

## SINONIMIAS

*Myriophyllum brasiliense* Cambess., 1829

*Myriophyllum proserpinacoides* Gillies ex Hook. & Arn., 1833

## TAXONOMÍA Y NOMENCLATURA

Hay 54 especies actualmente reconocidas de *Myriophyllum* (Cook, 1990; Chambers *et al.*, 2008), pero sólo dos son importantes especies acuáticas: *Myriophyllum spicatum* y *Myriophyllum aquaticum*.

*Myriophyllum aquaticum* difiere de *M. spicatum* por tener sus brotes emergentes y brácteas pinnatisectas, mientras que *M. spicatum* tiene las brácteas enteras o ligeramente serradas (Wagner *et al.*, 2008).

## DESCRIPCIÓN

Hidrófita enraizada emergente, hierba, sumergida; tallos hasta 2 m largo, 4-5 mm de diámetro cerca de la base, glaucos; raíces en los nudos, glabros. Hojas sumergidas en verticilos de (4-)5-6, oblanceoladas en contorno, ápice redondeado, de (1.7-)3.5-4.0 cm de largo, de (0.4-)0.8-1.2 cm ancho, pectinadas, con 25-30 pinnas lineares, hasta 0.7 cm de largo, las inferiores decaen rápidamente; hojas emergentes glaucas, en verticilos de (4-)5-6, erectas cerca del ápice, desplegándose hacia las partes bajas, estrechamente oblanceoladas en contorno, ápice redondeado, de (1.5-)2.5-3.5 cm de largo, de (0.4-)0.7-0.8 cm ancho, pectinadas, pinnas (18)24-36 en la parte superior, parte inferior del raquis desnudo, lineares a subuladas, de 4.5-5.5 mm de largo, de 0.3 mm de ancho, puntas cortamente apiculadas, ligeramente incurvadas. Hidatodos numerosos en la base de las hojas. Plantas dioicas. Inflorescencia una espiga indeterminada con flores en las axilas de las hojas superiores que emergen, sostenidas por dos bractéolas. Bractéolas subuladas, de 1.2-1.5 mm de largo con (1-)2 dientes cortos en la parte inferior, a veces algo trifida. Flores estrictamente unisexuales, las masculinas tetrámeras, sésiles o con pedicelos de 4 mm de largo en la antesis. Sépalos 4, ovado-



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

deltoideos, de 0.7-0.8 mm de largo, de 0.3 mm de ancho, ligeramente denticulados, lisos. Pétalos 4, amarillos, quillados, de (2.3-)2.7-3.1 mm de largo, de 0.8-1.1 mm ancho. Estambres 8; filamentos de 0.1-0.3 mm de largo en anthesis, alcanzando después hasta los 1.0-1.3 mm de largo; anteras amarillas, linear-oblongas de (1.8-)2.1-2.8 mm de largo, de 0.2-0.4 mm de ancho, no apiculadas. Estilos 0. Flores femeninas, tetrámeras, pedicelo de 0.2-0.5 mm de largo. Sépalos 4, blancos, deltoideos, de 0.3-0.6 mm de largo, de 0.3-5 mm de ancho, denticulados, con uno o varios dientes pequeños en cada margen, lisos. Pétalos 0. Estambres 0. Estilos 4, claviformes, de 0.1-0.2 mm de largo, estigmas blancos, densamente fimbriados. Ovario piriforme, de 0.5-0.7 mm de longitud, de 0.5-0.7 mm de ancho, con 4 nervios longitudinales entre los sépalos. Frutos cilíndricos a ovoides, de 1.5-1.7 mm de largo, de 1.3-1.4(-1.7) mm de diámetro. Sépalos deltoideos persistente, erectos, de 0.5-0.7 mm de largo, de 0.3-0.4 mm de ancho, dentados hacia el ápice. Mericarpios cilíndricos, de 1.6-1.7 mm de largo, de 0.6-0.7 mm de diámetro, ligeramente más anchos hacia la base, ápice oblicuo, con un borde engrosado indistinto, a veces liso, redondeado en la superficie dorsal.

### NOMBRES COMUNES

“Brasilianisches-Tausendblatt”, “Papageienfeder” (Alemania); “helecho de agua”, “pluma de ara”, “yerba de sapo” (Argentina); “milfolhas-da-agua”, “pinheirinho-da-agua” (Brasil); “milenrama brasileño”, “cola de zorro” (España); “pluma de loro” (Inglaterra), “dicht”, “vederkruid” (Holanda); “oofusamo” (Japón); “pinheirinha” (Portugal).



Foto tomada de Montanari (2016).



Foto tomada de Tur (2005).

Figura 21. Fotos de flores masculinas (izquierda) y femeninas (derecha) de *Myriophyllum aquaticum*.

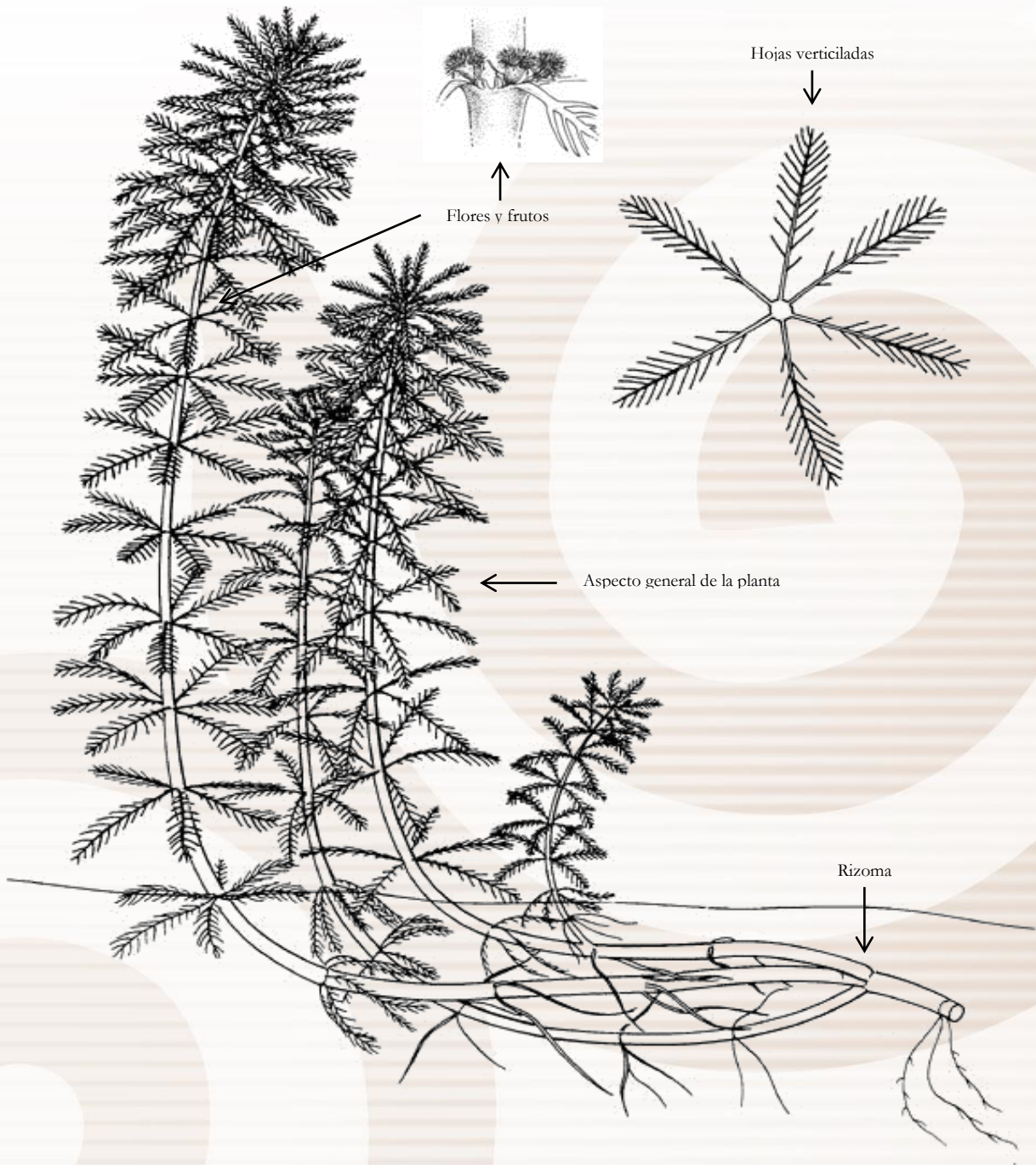


Figura 22. Morfología de *Myriophyllum aquaticum*. Esquema tomado de IFAS (1990). Center for Aquatic Plants University of Florida Gainesville.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## ORIGEN

*Myriophyllum aquaticum* es nativa de Sudamérica (Orchard, 1981; Sutton, 1985) donde prefiere zonas cálidas y tropicales como en Argentina (hasta el sur de la Patagonia), Chile, Paraguay, Perú y sur de Brasil, pero también en Uruguay, Bolivia y Colombia (Steubing *et al.*, 1980; Fernández *et al.*, 1993; Mereles y Degen, 1993; Arocena y Mazzeo, 1994; Maine *et al.*, 1998; Núñez *et al.*, 1998; Sabbatini *et al.*, 1998; Ritter y Crow, 1999; Schessl, 1999; Pitelli *et al.*, 2000; Schmidt-Munn y Posada, 2000; Murphy *et al.*, 2003; Maltchik *et al.*, 2005).

## DISTRIBUCIÓN NATURAL

### En el mundo

*Myriophyllum aquaticum* es principalmente conocida de zonas tropicales y subtropicales, nativa de seis países de Sudamérica, sin embargo, se ha localizado en más de 33 países en todo el mundo (Fernández *et al.*, 1993).

Fragmentos de la planta de *Myriophyllum aquaticum* son transportadas fácilmente por lanchas o barcos, canales interconectados, como ha sucedido en el río Nilo o en Aswan, Egipto, por lo que es el mecanismo más probable para explicar el incremento de introducciones en los últimos años (Springuel y Murphy, 1991).

La distribución geográfica a nivel mundial, en este apartado indica solamente las poblaciones nativas.

**Sudamérica:** Brasil (Río Grande do Sul, Santa Catarina, Sao Paulo), Paraguay, Perú, Uruguay (Orchard, 1987; Lorenzi, 1982; Fernández *et al.*, 1993; Mereles y Degen, 1993; Arocena y Mazzeo, 1994; Vogt y Mereles, 2005; EPPO, 2014).

## DISTRIBUCIÓN POR INTRODUCCIONES A NIVEL MUNDIAL Y MÉXICO

### Introducción intencional

#### En el mundo

La acuicultura, el escape de áreas de propagación o jardines acuáticos, la horticultura, la dispersión los fines ornamentales y el comercio de animales de acuario son las principales rutas de introducción de *Myriophyllum aquaticum* (Kay y Hoyle, 2001; Gregory, 2003), ya sea la planta completa o partes de ella (Kay y Hoyle, 2001; Gregory, 2003).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

La distribución geográfica a nivel mundial en el siguiente apartado indica solamente las poblaciones introducidas.

**Asia:** Camboya, China, Indonesia, Israel, Japón, Malasia, Filipinas, Tailandia, Taiwán, Vietnam (Orchard, 1981; Shibayama, 1988; Holm *et al.*, 1991; Li y Hsieh, 1996; Yu *et al.*, 2002; Kadono, 2004; Muranaka *et al.*, 2005; EPPO, 2014).

**África:** Botswana, Lesotho, Madagascar, Sudáfrica, Zambia, Zimbabwe (Jacot-Guillarmod, 1977; Orchard, 1981; Child, 1992; Mitchell *et al.*, 1993; Chikwenhere, 1994; Ramoeli, 1995; Chikwenhere, 2001; Cook, 2004; ECZ, 2004; EPPO, 2014).

**Norteamérica:** Estados Unidos: Alabama, Arizona, Arkansas, California, Carolina del Norte, Carolina del Sur, Connecticut, Delaware, Florida, Georgia, Hawái, Idaho, Illinois, Kansas, Kentucky, Louisiana, Maine, Maryland, Massachusetts, Michigan, Minesota, Mississippi, Missouri, Montana, Nueva Jersey, Nuevo México, Nueva York, Ohio, Oklahoma, Oregón, Pennsylvania, Rhode Island, Tennessee, Texas, Washington, Vermont, Virginia, West Virginia, Wisconsin (Orchard, 1981; Nelson y Couch, 1983; Lorenzi y Jeffery, 1987; Schardt y Schmitz, 1990; Holm *et al.*, 1991; Patterson y Davis, 1991; Anderson, 1993; Kendig y Defelice, 1993; Patterson, 1993; Rejmanek y Randall, 1994; Perkins *et al.*, 1995; Parsons, 1996; Kley y Hine, 1998; Sytsma, 1998; Les y Mehrhoff, 1999; Bossard *et al.*, 2000; Parsons *et al.*, 2002; Tellman, 2002; Zolczynski y Jernigan, 2002; Gregory, 2003; Turner *et al.*, 2003; Owens *et al.*, 2004; Capers *et al.*, 2005; Neyland, 2007; USDA-NRSC, 2007; EPPO, 2014; Wersal *et al.* 2016).

**Centroamérica y el Caribe:** Costa Rica, Nicaragua (Orchard, 1981; EPPO, 2014).

**Sudamérica:** Argentina, Bolivia, Brasil (Mato Grosso, Paraná, Río de Janeiro), Chile, Colombia, Ecuador, Perú (Orchard, 1981; Lorenzi, 1982; Claps, 1991; Holm *et al.*, 1991; León *et al.*, 1998; Mayne *et al.*, 1998; Núñez *et al.*, 1998; Sabbatini *et al.*, 1998; Bini *et al.*, 1999; Ritter y Crow, 1999; Schessl, 1999; Pitelli *et al.*, 2000; Schmidt-Munn y Posada, 2000; Murphy *et al.*, 2003; EPPO, 2014).

**Europa:** Alemania, Austria, Francia (Córscica), Holanda, Irlanda, Portugal, Reino Unido (Teles y Pinto da Silva, 1975; Chicken, 1977; Orchard, 1981; Bank-Signon y Patzke, 1988; Murphy *et al.*, 1993; Costa *et al.*, 1999; Ferreira y Moreira, 1999; Velde *et al.*, 2002; Hussner y Lösch, 2005; Caffrey, 2006; Maskell *et al.*, 2006; EPPO, 2011; EPPO, 2014).

**Oceanía:** Australia (Australia del Sur, Australia Occidental, Nueva Gales del Sur, Nueva Zelanda, Queensland, Tasmania, Victoria, (Orchard, 1981; Sykes, 1982; Stanley, 1986; Orchard, 1987; Wilson, 1991; Jeanes, 1996; Gunasekera, 2001; Muyt, 2001; Gunasekera *et al.*, 2002; Stephens y Dowling, 2002; Wheeler *et al.*, 2002; CHAH, 2005; EPPO, 2014).

**México:** Distrito Federal, Estado de México, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Querétaro, Tamaulipas, Zacatecas (Orchard, 1981; Bonilla-Barbosa, 1994; Bonilla-Barbosa y Novelo, 1995; Lot y Novelo, 2004; EPPO, 2014; Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2014; Martínez, 2016).



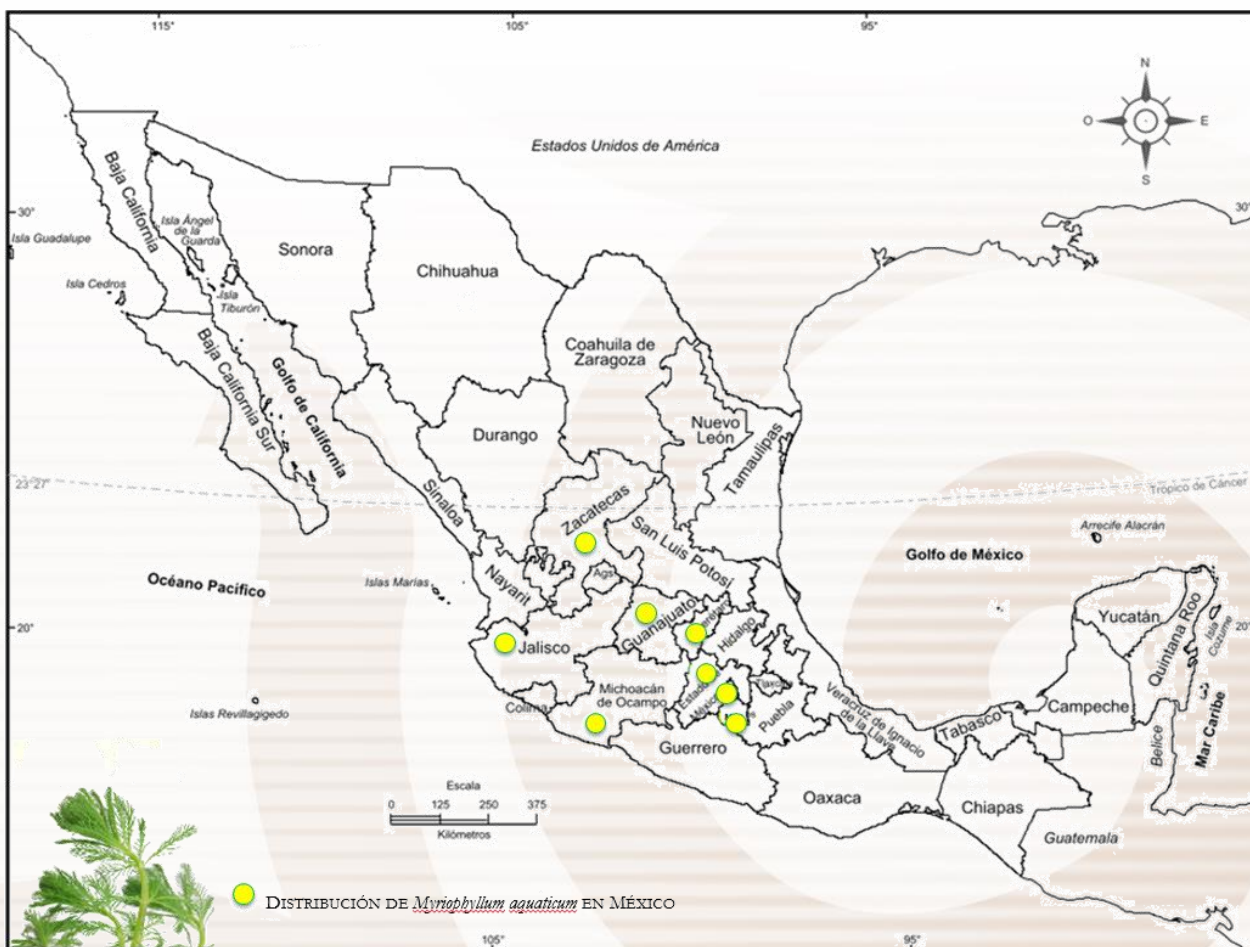


Figura 23. Distribución geográfica de *Myriophyllum aquaticum* en México.

## TRASLOCACIONES

*Myriophyllum aquaticum* ha sido dispersada principalmente por liberación de los acuarios caseros, públicos o de venta de organismos de acuario; con fines ornamentales y acuarios públicos y en el hogar; y por último, a causa de la hidrodinámica de las corrientes de agua, en donde pequeños trozos de la planta pueden ser dispersadas a distancias cortas o largas (Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2013).

## BIOLOGÍA, ECOLOGÍA E HISTORIA NATURAL

Como una especie introducida *M. aquaticum* generalmente se conoce sólo con flores femeninas: las masculinas sólo se observan en su rango nativo en las tierras bajas de América del sur, central, oriental y occidental (Orchard, 1981).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## Biología reproductiva

*Myriophyllum aquaticum* es una planta perenne con un sistema de raíces que desarrolla para anclarse al sustrato, pero puede desarrollar raíces adventicias. Las flores femeninas son de 1.5 mm de diámetro, son blancas, sin pétalos y con cuatro sépalos, nacen en las axilas de las hojas emergentes, y las flores masculinas tienen ocho estambres (MAPAMA, 2013).

Aguas cálidas y con condiciones eutróficas favorecen el crecimiento de *M. aquaticum* (Sutton, 1985). Sus tallos flotan sobre la superficie donde los brotes emergentes se liberan y producen otra planta. Pequeños fragmentos de raíz permiten formar fácilmente nuevas colonias para su propagación vegetativa, que es el mecanismo reproductivo más importante, que la producción de semillas como medio de dispersión (Sidorkewicz *et al.*, 2000). Las plantas introducidas a otros países son aquellas en las que el clon femenino predomina y el masculino es ausente, por lo que la planta se propaga asexualmente (por medio de fragmentos de tallo) (Barko y Smart, 1981; Murphy, 1995), tal y como sucede en los Estados Unidos (Aiken, 1981, Orchard, 1981, Wagner *et al.* 2008).

Sus brotes comienzan a crecer rápidamente a partir de rizomas durante el invierno a medida que aumenta la temperatura del agua. Los rizomas funcionan como una estructura de apoyo para las raíces adventicias y proporcionan flotabilidad para el crecimiento emergente durante el verano. Las plantas suelen florecer en la primavera, pero algunas plantas pueden florecer en otoño (BDGEI, 2016).

## Requerimientos ambientales

Fernández *et al.* (1993) consideran a la planta como "maleza de importancia desconocida" en lagos, estanques, pantanos, ciénagas y canales de irrigación.

*Myriophyllum aquaticum* crece en humedales poco profundos, arroyos de movimiento lento, reservorios o canales de irrigación, bordes de lagos, estanques o remansos de ríos y manantiales (Sutton, 1985; Bonilla-barbosa y Novelo, 1995). Aunque puede crecer en suelos húmedos y tolerar una amplia gama de niveles de agua, crece más rápidamente en sitios donde los niveles de agua alcanzan hasta los seis metros de profundidad (Banfield, 2008), y en ambientes con alto contenido de nutrientes (Hussner *et al.*, 1985; Sytsma *et al.*, 1993). *Myriophyllum aquaticum* es una hidrófita enraizada emergente, crece en hábitats donde la luz puede penetrar hasta el fondo para favorecer el crecimiento y la colonización; se desarrolla bajo condiciones ligeramente alcalinas a ligeramente ácidas (rango de pH de 6.0-8.0), a una temperatura entre 16-23 °C y puede soportar un nivel de dureza del agua entre 50-200 ppm o sin ella (Bonilla-Barbosa, 1992; Mabulu, 2005).

Esta especie exhibe actividad fotosintética a niveles de pH de 6 a 8.5, a profundidades de 0 a 10 metros y temperaturas de 10 a 30 °C, aunque puede sobrevivir a intervalos aún más amplios (WIDNR, 2011). Puede sobrevivir a la inundación de agua salada, siempre y cuando las concentraciones permanezcan por debajo de 4 ppt (Sutton, 1985). *M. aquaticum* no se ve seriamente afectada por las heladas (Moreira *et al.*, 1999), sin embargo, un período prolongado de heladas puede



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

matar brotes emergentes en latitudes septentrionales (WIDNR, 2011), además puede sobrevivir a los inviernos en su forma sumergida y comenzar el crecimiento cuando la temperatura del agua alcanza los 7 °C (Moreira *et al.*, 1999). Sin embargo, la invasión tiende a fallar en áreas con inviernos severos, porque esta planta no almacena fósforo o carbono en sus rizomas (Mabulu, 2005).

Barko y Smart (1981) y Murphy (1995), demuestran que cuando las concentraciones de nitrógeno y fósforo ascienden en los sedimentos donde se desarrolla *M. aquaticum*, la planta es altamente competitiva y adaptada a los ambientes productivos, y que el fósforo se localiza en los brotes emergentes de la planta (Sytsma y Anderson, 1993).

La planta también muestra algún grado de tolerancia al estrés, como a la salinidad moderada (Haller *et al.*, 1974) y destaca su capacidad para tolerar los cortes mecánicos, indicando que tiene fases establecidas en sus estrategias de vida (Grime, 1980).

## MECANISMOS DE DISPERSIÓN

### Dispersión natural

*Myriophyllum aquaticum* se dispersa naturalmente mediante el movimiento de las aguas que llevan plantas completas o fragmentos de ellas como el tallo a nuevos sitios tales como las aguas salobres (lagunas) y aguas dulces (canales de irrigación, lagos, estanques, reservorios y ríos).

La expansión de las plantas a través de vectores naturales, especialmente de aves acuáticas, ya sea a través del tracto digestivo o plumaje, es siempre un medio posible de dispersión (Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2013).

### Dispersión artificial

Como la mayoría de las especies de plantas acuáticas invasoras, *Myriophyllum aquaticum*, se distribuye en regiones geográficamente separadas debido a la dispersión humana, principalmente por el comercio de plantas acuáticas para acuarios y jardín acuáticos (Revilla *et al.*, 1991; Kay y Hoyle, 2001).

### Estatus (reportes como especie invasora en otros sitios)

Aunque no suelen comportarse como especie invasora en su rango geográfico nativo *M. aquaticum* puede y causa problemas de malezas en Sudamérica (Fernández *et al.*, 1993). Es invasiva en cuerpos de agua en Argentina, Brasil particularmente en Río de Janeiro en el Río Paraná y Perú (Fernández *et al.*, 1993; Kissman y Groth, 1995; Bini *et al.*, 1999; Pitelli *et al.*, 2000).

Ahora se considera como una maleza acuática internacional importante, en gran parte de las regiones cálidas y tropicales del mundo (Randall, 2002). Se ha extendido agresivamente en África del



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

Sur, a donde fue introducida en el año de 1919, particularmente al norte de Zambia (Child, 1992; Chikwenhere, 1994; Mitchell, 1985; Chikwenhere, 2001; Henderson y Cilliers, 2002; Foxcroft y Richardson, 2003; Cook, 2004; ECZ, 2004). Causa graves problemas en los Estados del sur de los Estados Unidos, como en Florida donde fue introducida en el año de 1906 y más hacia el norte como Nueva Inglaterra, Oregón y Washington (Perkins *et al.*, 1995; McCann *et al.*, 1996; Bossard *et al.*, 2000; Robinson, 2002); Australia y Nueva Zelanda (Muyt, 2001; Champion y Clayton, 2003; Roy *et al.*, 2004); y sur de Europa (Portugal y Francia) (Teles y Pinto da Silva, 1975; Costa *et al.*, 1999; Moreira *et al.*, 1999; Catarino *et al.*, 2001; Peltre y Muller, 2002; Rebillard *et al.*, 2002; Tabacchi y Tabacchi, 2002).

Se produce y en ocasiones causa problemas (con una tendencia hacia una mayor severidad y ocurrencia de infestaciones, posiblemente asociada con una tendencia a inviernos más cálidos) en regiones más frescas de Europa Central y las Islas Británicas (Bank-Signon y Patzke, 1988; Dawson, 1993; Clarke y Newman, 2002).

Fue designada en el Nivel A que comprende las 16 especies más invasoras para Japón en el año 2004, en comparación a los tres niveles (A, B, C) que existen de Especies Invasoras Introducidas (Muranaka *et al.*, 2005).

## USOS Y COMERCIALIZACIÓN

### Historia de la comercialización

#### Ornamental

Debido a su atractivo y facilidad de cultivo, el uso más conocido de *Myriophyllum aquaticum* es dentro del acuarismo o en jardines acuáticos debido al papel benéfico para los medios acuáticos (como planta oxigenadora) y por su alto valor estético (Revilla *et al.*, 1991; Kay y Hoyle, 2001; Allison, 2003; Gregory, 2003; Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2013).

#### Tratamiento de aguas residuales

Existen datos de que esta especie es de alto valor para el tratamiento de aguas residuales en humedales artificiales en Nueva Zelanda (Tanner, 2000).

*Myriophyllum aquaticum* es de creciente interés para la remediación ambiental de suelos y aguas contaminadas con disolventes clorados, trinitrotolueno (TNT) y otros compuestos nitrogenados explosivos y aromáticos, pero es actualmente una tecnología de uso limitado y a nivel experimental (Medina *et al.*, 2000; Nwoko, 2010).

Gujarathi *et al.* (2005), investigaron en los Estados Unidos el uso de *Myriophyllum aquaticum* y *Pistia stratiotes* para la fitoremediación de efluentes contaminados con tetraciclina y oxytetraciclina,



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

demonstrando que las moléculas de los antibióticos son degradados por enzimas presentes en las raíces de las plantas, completándose esta degradación seis días después de la inserción de *P. stratiotes* y 15 días después con *M. aquaticum*.

Para la remoción de nutrientes como amonio, ortofosfatos y nitratos, del efluente del agua residual de rastros en el Distrito Federal, México, la hidrófita más eficiente fue *Myriophyllum aquaticum* en comparación con *Eichhornia crassipes* y *Lemna gibba* (Romero-Ortíz *et al.*, 2011). Además estos resultados muestran el uso potencial de *M. aquaticum* como biomonitor de metales pesados relacionados con actividades agrícolas en el río Xanaes (Córdoba, Argentina) (Harguinteguy *et al.*, 2013).

### **Origen de los individuos comercializados (poblaciones silvestres, viveros fuera o dentro de México)**

En varios municipios del estado de Morelos, México (observación personal), los ejemplares que se comercializan son extraídos del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, al norte del mismo estado, mientras que aquellos de los grandes mercados de acuarismo, son extraídos de varias localidades del estado de Morelos (observación personal).

### **Condiciones de cultivo**

No se ha detectado formalmente zonas de cultivo de esta especie en México.

### **Análisis económico (importaciones/mercado a nivel mundial, mercado en México, rentabilidad de su cultivo, etc.)**

Los ejemplares que se comercializan en México tienen el valor por “ramilla” de \$ 25.00 pesos.

## **POTENCIAL DE ESTABLECIMIENTO Y COLONIZACIÓN**

### **Potencial invasor**

*Myriophyllum aquaticum* es una maleza acuática invasora sumergida/emergente característica de regiones subtropical y tropicales. Es un problema particular debido a que puede invadir diversos ecosistemas acuáticos tanto lóticos como lénticos, donde impide el flujo del agua y causa alta variedad de problemas ambientales. Una vez que coloniza una nueva región se extiende rápidamente, principalmente por la fragmentación de su tallo (vegetativamente).

## Potencial de colonización

Una vez establecido en un nuevo lugar, su propagación es a través de una serie de mecanismos. Las plantas fácilmente se extienden aguas abajo en forma de fragmentos vegetativos o por semillas, aunque este último mecanismo sexual de formación de flores, frutos y semillas es de menor importancia (Sidorkewicz *et al.*, 2000).

*Myriophyllum aquaticum* coloniza ambientes acuáticos como canales, estanques, arroyos y lagos de agua dulce en donde se ha adaptado a las condiciones de velocidades de corriente lentos como rápidos. Teniendo en cuenta el hábitat preferido, *M. aquaticum* tiene amplia distribución potencial y colonizaría cualquier tipo de ecosistema acuático en el futuro donde impactaría negativamente, tal y como sucede en Irlanda (Kelly y Maguire, 2009).

## Potencial de dispersión

Anderson (1993) consideró que *Myriophyllum aquaticum* infesta el 24% de canales de irrigación en California en 1985, con cerca de 914 km<sup>2</sup> de afectación. En Portugal, Ferreira *et al.* (1995) indicaron que esta misma especie es una de las dos malezas acuáticas más importantes en ese país, que infesta el 39% de los sitios muestreados en el sistema del Río Sorraia.

Fue localizada por primera vez en la Comunitat Valenciana en el río Albaida, municipalidad de Xàtiva, Valencia en noviembre de 2012, donde la planta ocupó una extensión de 395 m<sup>2</sup> de superficie, a profundidades de entre 0.5 a 1.5 m, mientras que en diciembre de 2013 se detectó un nuevo sitio de infestación de *M. aquaticum* en el río Albaida, Valencia (Generalitat Valenciana, 2015).

## EVIDENCIAS DE IMPACTOS

### Impactos/beneficios socioeconómicos

Un estudio realizado en el año de 1985 demuestra que aguas californianas sufrieron problemas a causa de *M. aquaticum* (Anderson, 1993) en donde el gasto del control directo sobre esta maleza fue de US \$ 215,000 dólares durante un período de dos años, estimando un gasto anual total en control de malezas acuáticas en el oeste de los Estados Unidos de US \$ 50 millones de dólares.

En este sentido, algunos autores describen las diversas formas en la que las plantas acuáticas tales como *M. aquaticum* causan efectos perjudiciales que incluyen la interferencia del flujo del agua de riego, la obstrucción de las vías navegables de transporte acuático, afecta la agricultura, la pesca y la acuicultura, afecta negativamente el turismo, la producción de energía hidroeléctrica, afectando su infraestructura, y la recreación en países como Argentina, Francia, Portugal, Sudáfrica (Jacot-Guillarmod, 1979; Peltre *et al.*, 2002; Dutartre, 2003).

## Impactos a la salud (humana, enfermedades, parásitos, etc.)

Anderson (1993) describe las diversas formas en que plantas acuáticas tales como *M. aquaticum* puede tener efectos perjudiciales como el aumento de la incidencia de los mosquitos en California Estados Unidos y en Argentina, debido a que ofrece refugio y el aumento de las poblaciones y la propagación de enfermedades (Orr y Resh, 1992).

## Impactos ambientales y a la biodiversidad

Cook (2004) indica que la importación del clon masculino de *M. aquaticum* en Sudáfrica se convirtió en una maleza muy nociva (Stiers *et al.*, 2011).

Extractos de tejidos de *M. aquaticum* han demostrado tener una influencia alelopática sobre especies del género *Lemna* (Elakovich y Woofen, 1989) y algas (Saito *et al.*, 1989).

Esta especie favorece fuertemente las condiciones eutróficas (y a menudo compete y desplaza especies nativas). Tolerancia a aguas salobres o con ligera influencia salina (salinidades de 3.3 ppm, pero a 10 ppm es tóxico para la planta (esto es particularmente un problema en sistemas de canales de irrigación y ríos donde se desarrolla).

Afecta principalmente los ecosistemas acuáticos, debido a que forma grandes capas que alteran la dinámica hidrológica, lo cual también modifica el hábitat de la biodiversidad nativa que ellos se desarrollan, poniéndolos en una situación de amenaza o riesgo de extinción al propagarse como especie única.

Además, el impacto negativo de tres especies de plantas acuáticas invasoras en donde se incluye a *M. aquaticum* ha afectado el desarrollo de macroinvertebrados nativos en ecosistemas templados debido a que se propagó rápidamente solamente por reproducción vegetativa (Nel *et al.*, 2004), esto es que al desarrollarse y extenderse en los sitios que infesta, eliminan el espacio para el desarrollo de las especies de organismos acuáticos al ser desplazados.

## Otros impactos

*Myriophyllum aquaticum* actúa como una maleza de arroz en Indonesia y Camboya y *M. spicatum* como maleza de arroz trasplantado particularmente en Bangladesh, India y Vietnam (CABI, 2016).

## CONTROL Y MITIGACIÓN (TIPOS DE MEDIDAS O ESTRATEGIAS, COSTOS, ETC.)

### Conciencia pública

Es importante informar a las personas que practican el acuarismo y al público en general sobre los impactos que tiene *Myriophyllum aquaticum* en diferentes rubros. Además de que se tiene que educar a las personas para evitar que depositen plantas de los acuarios en cuerpos de agua. Por ejemplo en los



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



PN  
UD  
Al servicio  
de las personas  
y las naciones

estados de California y Washington se han diseñado campañas a través de la internet con carteles informativos para dar a conocer los efectos negativos de esta especie, así como para detectar y alertar sobre posibles invasiones (Meacham, 2001; Hussner *et al.*, 2014).

### Control mecánico o físico

Sabbatini *et al.* (1998), indican que la pluma de loro fue tolerante al disturbio mecánico (rastrillo y encadenamiento) y la aplicación repetida de técnicas mecánicas favoreció el predominio de *Myriophyllum aquaticum* en canales, por lo que es importante considerar que se debe tener cuidado en eliminar todas las partes de la planta (brotes emergentes y sumergidos, así como raíces), que producirían nuevamente el crecimiento de estas estructuras y de una nueva planta.

El control mecánico es raramente eficaz, debido a la capacidad de la planta a desarrollarse rápidamente por medio de fragmentos (Jacot-Guillarmod, 1977). Sin embargo, el control más eficaz es el físico, a través de la cosecha de su biomasa (System y Anderson, 1993).

Ferreira y Moreira (1990) describen aspectos ecológicos y el comportamiento sucesional de *M. aquaticum* quien eliminó la vegetación del río Sorraia y sus afluentes en Portugal entre los 1986-1989 por medio de dragado, a raíz de esto, una comunidad diversa se estableció durante la primavera y progresó en su desarrollo al final del verano.

### Control químico

*Myriophyllum aquaticum* es altamente susceptible a 2, 4-D amina, en spray o en formulaciones granulares (Blackburn y Weldon, 1963; Braddock, 1966) y este es más eficaz cuando se aplica a las plantas jóvenes (Sutton y Bingham, 1970). También es susceptible a simazina y cobre (Sutton *et al.*, 1969; Sutton y Blackburn, 1971). Endotal, diquat, clorosulfurón y diclobenzil también han sido considerados para control *M. aquaticum* (Mixon, 1974; Sikka *et al.*, 1974; Negrisoli *et al.*, 2003; Turgut *et al.*, 2003; Hofstra *et al.*, 2006).

En ensayos de campo en Portugal, Monteiro y Moreira (1990) evaluaron al diquat, el 2, 4-D amina, el glufosinato de amonio y el glifosato como un control químico de *M. aquaticum*, en donde el diquat dio como resultado 9.0-18.3 kg de peso fresco durante el mes posterior a la primera aplicación, comparado con los 22.1 kg en áreas sin tratamiento. Los pesos frescos más bajos fueron producidos por glufosinato de amonio seguido de 2, 4-D amina y el diquat 4 a 5 meses después de la primera aplicación, el tratamiento con 2, 4-D amina y otros herbicidas resultó en 2.2 y 13.4-18.2 kg en peso fresco/m<sup>2</sup>, respectivamente, mientras que el área control produjo 21.8 kg/m<sup>2</sup> de *M. aquaticum*.

Sin embargo, los herbicidas más exitosos actualmente utilizados para el control de *M. aquaticum* son los que se pueden aplicar al follaje, como el 2, 4-D, triclopyr, diquat, carfentrazone, imazapyr e imazamox. El uso del 2, 4-D y triclopyr como una aplicación foliar ha resultado en el mejor control de esta especie (Moreira *et al.*, 1999; Hofstra, 2006). El glifosato como herbicida para esta especie, no



se recomienda generalmente debido a que solamente mató los brotes emergentes y posteriormente las plantas crecieron en mayores densidades (Moreira *et al.*, 1999). El diquat es un herbicida de contacto que mata este tipo de plantas acuáticas (Westerdahl y Getsinger, 1988). El etilo de carfentrazona no controlará la planta con aplicaciones foliares y no se recomienda como un tratamiento independiente (Foloni y Pitelli, 2005; Glomski *et al.*, 2006; Hofstra *et al.*, 2006; Gray *et al.*, 2007; Gris *et al.*, 2007; Richardson *et al.*, 2008), sin embargo, cuando fue combinado con 2, 4-D resultó excelente control de poblaciones de *M. aquaticum* (Gray *et al.*, 2007). El uso de imazapyr y imazamox han sido evaluados en infestaciones pequeñas con resultados excelentes (Wersal y Madsen, 2007).

Aplicaciones de herbicidas subsuperficiales no resultaron en controlar a la especie en relación con aplicaciones foliares (Wersal y Madsen, 2010). La efectividad de aplicaciones de herbicida será específica para el sitio y dependen de las condiciones ambientales en el momento de la aplicación.

### Control biológico

El control biológico de *M. aquaticum* permanece aún en una etapa temprana (Gassmann *et al.*, 2006; Haller *et al.*, 2006), aunque una cantidad considerable de programas de manejo e investigación se han realizado.

**Insectos**, agentes de biocontrol de *M. aquaticum* que se han realizado en diversos países, utilizando insectos como *Listronotus marginicollis*, *Lysathia flavipes*, *L. ludoviciana* (Habeck y Wilkerson, 1980; Cilliers, 1999; Olckers, 2004; Zimmermann *et al.*, 2004), por lo que autores como Fernández *et al.* (1993) indican que los insectos herbívoros pueden ayudar a controlar este tipo de plantas.

Larvas de polillas de *Parapoynx allionealis* perforan las hojas *M. aquaticum* pero su control práctico como un agente aún no está bien establecido (Habeck, 1974). Existe también evidencia limitada sobre *Eubrychiopsis lecontei* y su daño sobre *M. aquaticum* (Solarez y Newman, 2001).

El uso de insectos herbívoros específicos de algunas plantas acuáticas refieren por lo general a aquellos que son de plantas tropicales en todo el mundo, que afortunadamente en este caso incluyen a esta especie de Brasil. Este es el caso del escarabajo *Lysathia ludoviciana*, que se alimenta durante su etapa larval de *Myriophyllum aquaticum*, en la que la larva consume los brotes de las hojas jóvenes (Peltre *et al.*, 2002).

**Mamíferos**, se incluye principalmente el ganado vacuno que se alimenta de los brotes juveniles de las plantas (Fernández *et al.*, 1993). Los castores herbívoros (*Castor canadensis*) se conocen como los mejores indicados para reducir la abundancia de esta especie invasora en Norteamérica (Parker *et al.*, 2007).

**Aves**, las aves acuáticas se alimentan también de los brotes juveniles de las plantas (Fernández *et al.*, 1993).

**Peces**, varias especies de peces han sido objeto de estudio para el control biológico de *Myriophyllum aquaticum*, la “carpa china o herbívora” (*Ctenopharyngodon idella*) (Pine y Anderson, 1991; Armellina *et al.*, 1999; Wells *et al.*, 2003).

**Hongos**, Verma y Charudattan (1993) indican que con *Mycocleptodiscus terrestris* formularon un micoherbicida en gránulos de alginato mostró cierta toxicidad de *M. aquaticum*, pero existen otros hongos que son importantes en el control de esta especie de planta acuática como *Pythium carolinianum* que ataca tallos y raíces (Bernhardt y Duniway, 1984).

*Rhizoctonia solani* daña el margen de la hoja de la planta (Joyner y Freeman, 1973), pero no disminuyen las poblaciones de *M. aquaticum* por lo que se sugiere que tienen alto grado de resistencia a enfermedades y organismos herbívoros.

De acuerdo con Barreto *et al.* (2000), en *Myriophyllum aquaticum*, se han realizado investigaciones para su control con hongos patógenos que son considerados plaga en esta hidrófita, tales como: *Chaetomella raphigera* Swift, *Cercospora* sp. y *Mycosphaerella* sp. Sin embargo los ensayos para reproducir la infestación de estos individuos en la planta acuática han fracasado, formulando la hipótesis de que se necesita una combinación de adyuvantes para permitir que los hongos superen la capa gruesa de cera de las partes sumergidas de *M. aquaticum*.

## NORMATIVIDAD (INTERNACIONAL O NACIONAL EN CASO DE HABERLAS)

*Myriophyllum aquaticum* es clasificada como una maleza invasora o nociva en por lo menos cuatro estados en los Estados Unidos. No tiene un estatus de protegida en ese país y no parece ser bien conocida en las Agencias de Manejo o de gestión, de servicios públicos y el público en general (Wagner *et al.*, 2008).

Entre las provincias y estados de los grandes lagos, *M. aquaticum* está prohibida en Illinois, Michigan y Wisconsin y regulada en Minnesota. Además, aparece como una maleza nociva para nueve estados (Alabama, Connecticut, Idaho, Maine, Massachusetts, Maryland, New Hampshire, Vermont y Washington) (IISG 2011; GLPNS 2008; WIDNR 2011). Sin leyes más estrictas que regulan venta y disposición a lo largo de toda la región, la introducción podría ocurrir a través de la eliminación de fragmentos de acuario, escape accidental de cultivo o plantación no autorizada intencional para apoyar el comercio directo.

Está catalogada como una maleza que se debe declarar prohibida en muchos países y en todo el mundo. En 1985 en Irlanda del Norte y la República de Irlanda se ha emitido a través de los poderes legislativos la ley que ya está en marcha sobre la prevención de la introducción de nuevas especies y que está indicada en la Acción 2. Aquí se manifiesta concientizar el prevenir la liberación de especies

invasoras incluida en el Artículo 15 (2) de Vida Silvestre, que indica que si cualquier persona cultiva o introduce del campo a estas especies Parte II del programa 9, será sancionado.

En la República de Irlanda - bajo la sección 52 (7) de Vida Silvestre (enmienda) Act 2000 cualquier persona que cultive o extraiga estructuras como flores, raíces, semillas o esporas del ambiente natural será culpable de delito (Kelly y Maguire, 2009).

En la Acción 3 de la legislación vigente se fortalece la prohibición total de importación y posesión de *M. aquaticum*. Con este fin *M. aquaticum* se agregó a la lista 9 parte II de la orden de la vida silvestre del año 1985) 1985. El Ministro del Medio Ambiente en la República de Irlanda tiene poder para prohibir la posesión o introducción de cualquier especie que pueda ser perjudicial para las especies nativas (Kelly y Maguire, 2009).

En Canadá y en otros lugares, se han establecido medidas cuarentenarias para tratar de minimizar el traslado del material vegetal al río y que no infeste los sistemas lacustres (Springuel y Murphy, 1991).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## ANÁLISIS DE RIESGO

Familia: Haloragaceae Resultado: Especie de Alto Riesgo

Nombre científico: *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc.

Nombre común: “Brasilianisches-Tausendblatt”, Papageienfeder” (Alemania); “helecho de agua”, “pluma de ara”, “yerba de sapo” (Argentina); “milfolhas-da-agua”, “pinheirinho-da-agua” (Brasil); “milenrama brasileño”, “cola de zorro” (España); “pluma de loro” (Inglaterra), “dicht”, “vederkruid” (Holanda); “oofusamo” (Japón); “pinheirinha” (Portugal). Nombre: Jaime Raúl Bonilla-Barbosa

### Historia y Biogeografía

	A	1.1 Especie altamente domesticable? si la respuesta es no ir a la pregunta 2.1	SI
		Debido a su atractivo y facilidad de cultivo, el uso más conocido de <i>Myriophyllum aquaticum</i> es dentro del acuarismo o en jardines acuáticos debido al papel benéfico para los medios acuáticos (como planta oxigenadora) y por su alto valor estético (Revilla <i>et al.</i> , 1991; Kay y Hoyle, 2001; Allison, 2003; Gregory, 2003; Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2013).	
1. Domesticación/Cultivo	C	1.2 Se ha convertido en una especie naturalizada donde crece?	SI
		Fernández <i>et al.</i> (1993) considera a la planta como "maleza de importancia desconocida" en lagos, estanques, pantanos, ciénagas y canales de irrigación.	
	C	1.3 En una maleza con variedades	NO
		Hay 54 especies actualmente reconocidas de <i>Myriophyllum</i> (Cook, 1990; Chambers <i>et al.</i> , 2008), pero sólo dos son importantes especies acuáticas: <i>Myriophyllum spicatum</i> y <i>Myriophyllum aquaticum</i> .	
		2.1 Especie adaptada al clima de México (0- bajo, 1- medio, 2- alto)	1
		Sí por observación personal	
		2.2 Calidad del clima en fecha de colecta (0- bajo, 1- medio, 2- alto)	2
2. Clima y distribución		Se ha colectado en zonas tropicales como templadas.	
	C	2.3 Amplia adaptabilidad climática (versatilidad ambiental)	SI
		Sí por observación personal	
	C	2.4 Nativa o naturalizada en regiones con periodos de sequías	<u>NO</u>

	largos	
	No aplica	
	2.5 La especie tiene un historial de introducción repetido fuera de su área de distribución natural?	SI
	La acuicultura, el escape de áreas de propagación o jardines acuáticos, la horticultura, la dispersión los fines ornamentales y el comercio de animales de acuario son las principales rutas de introducción de <i>Myriophyllum aquaticum</i> (Kay y Hoyle, 2001; Gregory, 2003), ya sea la planta completa o partes de ella (Kay y Hoyle, 2001; Gregory, 2003).	
	C 3.1 Naturalizada más allá del rango nativo	SI
	<i>Myriophyllum aquaticum</i> es principalmente conocida de zonas tropicales y subtropicales, nativa de seis países de Sudamérica, sin embargo, se ha localizado en más de 33 países en todo el mundo (Fernández <i>et al.</i> , 1993).	
	E 3.2 Jardín/maleza de disturbio	NO
	No aplica	
3. Maleza de otro lugar	A 3.3 Maleza de agricultura/hortalizas/forestal	NO
	No aplica	
	E 3.4 Maleza ambiental	SI
	Fernández <i>et al.</i> (1993) considera a la planta como "maleza de importancia desconocida" en lagos, estanques, pantanos, ciénagas y canales de irrigación.	
<b>Biología y Ecología</b>		
	A 4.1 Produce espinas, aguijones o nudos	NO
	No aplica	
	C 4.2 Alelopática	SI
4. Rasgos indeseables	Extractos de tejidos de <i>M. aquaticum</i> han demostrado tener una influencia alelopática sobre especies del género <i>Lemna</i> (Elakovich y Woofen, 1989) y algas (Saito <i>et al.</i> , 1989).	
	C 4.3 Parasita	NO
	No aplica	



A 4.4 Desagradable para los animales de pastoreo NO

No se ha documentado este tema

C 4.5 Tóxico para los animales NO

No se ha documentado este tema

C 4.6 Huésped de plagas y patógenos reconocidos SI

Anderson (1993) describe las diversas formas en que plantas acuáticas tales como *M. aquaticum* puede tener efectos perjudiciales como el aumento de la incidencia de los mosquitos en California Estados Unidos y en Argentina, debido a que ofrece refugio y el aumento de las poblaciones y la propagación de enfermedades (Orr y Resh, 1992).

C 4.7 Causa alergias o tóxica para los humanos NO

No se ha documentado este tema

E 4.8 Crea un riesgo de incendio en los ecosistemas naturales NO

No aplica

E 4.9 Es una planta tolerante a la sombra en alguna etapa de su ciclo de vida NO

No aplica

E 4.10 Crece en suelos infértiles NO

Barko y Smart (1981) y Murphy (1995), demuestran que cuando las concentraciones de nitrógeno y fósforo ascienden en los sedimentos donde se desarrolla *M. aquaticum*, la planta es altamente competitiva y adaptada a los ambientes productivos, y que el fósforo se localiza en los brotes emergentes de la planta (Sytsma y Anderson, 1993).

E 4.11 Es trepadora o asfixiante en su habito de crecimiento NO

No aplica

E 4.12 Forma densas matas SI

Si las forma debido a su clonación.

---

5. Tipo de planta E 5.1 Acuática SI

---



	Hidrófita enraizada emergente (Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2014).	
C	5.2 Césped	NO
	No aplica	
E	5.3 Planta leñosa que fija nitrógeno	NO
	No aplica	
C	5.4 Geófito	NO
	No aplica	
C	6.1 Evidencia de fracaso reproductivo en el hábitat natural	NO
	No se conoce en este sentido, debido a que si tiene éxito en su propagación y dispersión.	
C	6.2 Produce semillas viables	SI
	Las plantas fácilmente se propagan por semillas, aunque este mecanismo sexual de formación de flores, frutos y semillas es de menor importancia (Sidorkewicj <i>et al.</i> , 2000).	
C	6.3 Hibridiza naturalmente	NO
	No se conoce este tema	
C	6.4 Auto-fecundación	NO
	No se conoce este tema	
C	6.5 Requiere polinizadores específicos	NO
	El agua es su medio de polinización más efectivo	
C	6.6 Reproducción por mecanismo vegetativo	SI
	Pequeños fragmentos de raíz y tallos permite formar fácilmente nuevas colonias para su propagación vegetativa, que es el mecanismo reproductivo más importante como medio de dispersión (Sidorkewicj <i>et al.</i> , 2000).	
C	6.7 Tiempo de fecundación mínimo (años)	NO
	No se conoce sobre el tema	

6. Reproducción



7. Mecanismos de  
dispersión

A 7.1 Propágulos dispersados involuntariamente SI

*Myriophyllum aquaticum* es principalmente conocida de zonas tropicales y subtropicales, nativa de seis países de Sudamérica, sin embargo, se ha localizado en más de 33 países en todo el mundo (Fernández *et al.*, 1993).

Fragmentos de la planta de *Myriophyllum aquaticum* son transportadas fácilmente por lanchas o barcos, canales interconectados, como ha sucedido en el río Nilo o en Aswan, Egipto, por lo que es el mecanismo más probable para explicar el incremento de introducciones en los últimos años (Springuel y Murphy, 1991).

C 7.2 Propágulos dispersados intencionalmente por el ser humano SI

La acuicultura, el escape de áreas de propagación o jardines acuáticos, la horticultura, la dispersión los fines ornamentales y el comercio de animales de acuario son las principales rutas de introducción de *Myriophyllum aquaticum* (Kay y Hoyle, 2001; Gregory, 2003), ya sea la planta completa o partes de ella (Kay y Hoyle, 2001; Gregory, 2003).

A 7.3 Propágulos dispersados como un producto de la contaminación SI

No aplica

C 7.4 Propágulos dispersados por el viento NO

No aplica

E 7.5 Propágulos dispersados por medios acuáticos SI

Sus tallos flotan sobre la superficie donde los brotes emergentes se liberan y producir otra planta. Pequeños fragmentos de raíz permite formar fácilmente nuevas colonias para su propagación vegetativa, que es el mecanismo reproductivo más importante, que la producción de semillas como medio de dispersión (Sidorkewicj *et al.*, 2000).

E 7.6 Propágulos dispersados por las aves SI

La expansión de las plantas a través de vectores naturales, especialmente de aves acuáticas, ya sea a través del tracto digestivo o plumaje, es siempre un medio posible de dispersión (Bonilla-Barbosa y Santamaría 2013).



8. Persistencia

- |   |   |    |
|---|---|----|
| C | 7.7 Propágulos dispersados por otros animales (externamente)  | SI |
|   | No se conoce  |    |
| C | 7.8 Propágulos dispersados por otros animales (internamente)  | NO |
|   | No se conoce  |    |
| C | 8.1 Producción prolífica de semillas  | SI |
|   | No es conocido el tema, pero no es muy prolífica en este sentido  |    |
| A | 8.2 Evidencia de que se forma un banco persistente de propágulos (> 1 año)  | SI |
|   | No se conoce sobre el tema  |    |
| A | 8.3 Bien controlada por herbicidas  | SI |
|   | <p><i>Myriophyllum aquaticum</i> es altamente susceptible a 2, 4-D amina, en spray o en formulaciones granulares (Blackburn y Weldon, 1963; Braddock, 1966) y este es más eficaz cuando se aplica a las plantas jóvenes. La simazina, cobre, el glufosinato de amonio, el glifosato, endotal, diquat, clorosulfurón y diclobenzil (Sutton <i>et al.</i>, 1969; Sutton y Bingham, 1970; Mixon, 1974; Sikka <i>et al.</i>, 1974; Negrisoni <i>et al.</i>, 2003; Turgut <i>et al.</i>, 2003; Hofstra <i>et al.</i>, 2006). También han sido considerados para control <i>M. aquaticum</i>.</p> |    |
| C | 8.4 Tolera o se beneficia por mutilación, cultivo o fuego   | NO |
|   | No aplica   |    |
| E | 8.5 Enemigos naturales eficaces presentes en México   | NO |
|   | No se conocen para México   |    |

NOTA: A= Agricultura, E= Ambiental, C= Combinado



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## LITERATURA CITADA

- Aiken, S. G.** 1981. A conspectus of *Myriophyllum* (Haloragaceae) in North América. *Brittonia*. 33: 57-69.
- Anderson, L. W. J.** 1993. Aquatic weed problems and management in the western United States and Canada. Chapter 19a 2nd Edition. In: **Pieterse, A. H. & Murphy, K. J.** (Eds.). Oxford Scientific Press, Oxford, U.K. *Aquatic Weeds*. 371-391.
- Armellina, A. A. D., Bezic, C. R. & Gajardo, O. A.** 1999. Submerged macrophyte control with herbivorous fish in irrigation channels of semiarid Argentina. *Hydrobiologia*. 415: 265-269.
- Arocena, R. & Mazzeo, N.** 1994. Aquatic macrophytes from an urban creek in Uruguay and their relationship with water quality. *Revista de Biología. Trop.* 42(3): 723-728.
- Banfield, S.** 2008. Aquatic Vegetation Management Plan 2008-2012: Meserve Lake, Steuben County. <http://www.aquaticenhancement.com/AES%20documents/Meserve%202008%20final3.pdf>. Acceso 13 de Septiembre 2011.
- Bank-Signon, I. & Patzke, E.** 1988. *Myriophyllum aquaticum* (Velloso) Verdcourt in the "Blue Lake" (TK 5204/4) at Langenbroich, Rhineland. *Decheniana*. 141: 108-109.
- Barko, J. W. & Smart, R. M.** 1981. Sediment-based nutrition of submersed macrophytes. *Aquatic Botany*. 10(4): 339-352.
- Barreto, R., Charudattan, R., Pomella, A. & Hanada, R.** 2000. Biological control of neotropical aquatic weeds with fungi. *Crop Protection*. 19(8-10): 697-703.
- Base de Datos Global de Especies Invasoras (BDGEI).** 2016. Especie perfil: *Myriophyllum aquaticum*. <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=401>. Descargado 25-11-2016.
- Bernhardt, E. A. & Duniway J. M.** 1984. Endemic diseases of aquatic weeds in California. *Phytopathology*. 72: 986.
- Bini, L. M., Thomaz, S. M., Murphy, K. J. & Camargo A. F. M.** 1999. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. *Hydrobiologia*. 147-154.
- Blackburn, R. D. & Weldon, L. W.** 1963. Suggested control measures of common aquatic weeds of Florida. *Hyacinth Control Journal*. 2: 2-5.
- Bonilla-Barbosa, J. R.** 1992. Flora y vegetación acuática vascular de las lagunas de Zempoala, Morelos, México. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 134 p.
- Bonilla-Barbosa, J. R.** 1994. Aquatic ornamental plants in the state of Morelos, México. Plantas acuáticas ornamentales del estado de Morelos, México. *Chapingo*. 1(1). 79-83.
- Bonilla-Barbosa, J. y Novelo, A.** 1995. Manual de identificación de plantas acuáticas del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México. Cuadernos 26, Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 168 p.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Bonilla-Barbosa, J. R. & Santamaría, B.** 2013. Plantas acuáticas exóticas y trasladadas invasoras. *En: Mendoza, R. y Koleff, P.* (Coords.). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, (CONABIO), México. pp. 223-247.
- Bossard, C. C., Randall, J. M. & Hoshovsky, M. C.** 2000. Invasive plants of California's wildlands. Berkeley, California, USA: University Of California Press.
- Braddock, W. B.** 1966. Weed control problems in the East Volusia Mosquito Control District. *Hyacinth Control*. 5: 31.
- Caffrey, J.** 2006. Non-native freshwater plants in Ireland. In: *ICAIS 14th International Conference on Aquatic Invasive Species*. May 14-19. Key Biscayne. FL, USA.
- Capers, R. S., Bugbee, G. J., Selsky, R. & White, J. C.** 2005. A guide to invasive aquatic plants in Connecticut. A guide to invasive aquatic plants in Connecticut. The Connecticut Agricultural Experiment. Station Bulletin 997. 28 p.
- Catarino, L., Moreira, I., Ferreira, T. & Duarte, M. C.** 2001. Plantas acuáticas: infestantes de valas e canais. Lisboa, Portugal: ISA Press, Instituto Superior de Agronomía. Portugal.
- Centre for Agricultural Biocience International (CABI).** 2016. *Myriophyllum aquaticum*. <http://www.cabi.org/isc/datasheet/34939>. Consultado 25 Noviembre 2016.
- Council of Heads of Australian Herbaria (CHAH).** 2005. Australian plant census. Council of Heads of Australasian Herbaria. <http://www.chah.gov.au/chah/apc/index.html>.
- Chambers, P. A., Lacoul, P., Murphy, K. J. & Thomaz, S. M.** 2008. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia*. 595: 9-26.
- Champion, P. D. & Clayton, J. S.** 2003. The evaluation and management of aquatic weeds in New Zealand. In: *Plant invasions: ecological threats and management solutions*. Leiden, Netherlands: Backhuys Publishers. pp. 429-434.
- Chicken, E.** 1977. *Myriophyllum aquaticum* (Velloso) Verdc. (*M. brasiliense* Camb.) Britain. *Watsonia*. 11(4): 375-376.
- Chikwenhere, G. P.** 1994. Biological control of water lettuce in various impoundments of Zimbabwe. *Journal of Aquatic Plant Management*. 32: 27-29.
- Chikwenhere, G. P.** 2001. Current strategies for the management of water hyacinth on the Manyame River System in Zimbabwe. Biological and integrated control of water hyacinth: *Eichhornia crassipes*. In: *Proceedings of the Second Meeting of the Global Working Group for the Biological and Integrated Control of Water Hyacinth*, Beijing, China. 9-12 October 2000. pp. 105-108.
- Child, S.** 1992. Judiciary action for the control of aquatic weeds in Botswana. Southern African Regional Commission for the Conservation and Utilization of the Soil. In: *17th Regular Meeting of the Sub-Committee for Aquatic Weeds*, Pretoria, Dept. of Water Affairs, Botswana, South Africa.
- Cilliers, C. J.** 1999. *Lysathia* n. sp. (Coleoptera: Chrysomelidae), a host-specific beetle for the control of the aquatic weed *Myriophyllum aquaticum* (Haloragaceae) in South Africa. *Hydrobiologia*. 415: 271-276.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Claps, M. C.** 1991. Phytomicrofauna of pampasic lotic environments (Argentina). *Hydrobiologia*. 220: 137-145.
- Clarke, S. & Newman, J. R.** 2002. Assessment of alien invasive aquatic weeds in the UK. *In: 13th Australian Weeds Conference: weeds "threats now and forever"*, Sheraton Perth Hotel, Perth, Western Australia, 8-13 September 2002: papers and proceedings. Victoria Park, Australia: Plant Protection Society of Western Australia Inc. 142-145.
- Cook, C. D. K.** 1990. Aquatic Plant Book. The Hague, The Netherlands: SPB Academic. 228 p.
- Cook, C. D. K.** 2004. Aquatic and wetland plants of Southern Africa. Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers.
- Cook, C. D. K. & Urmi-König, K.** 1984. A revision of the genus *Egeria densa* (Hydrocharitaceae). *Aquatic Botany*. 19: 73-96.
- Costa, J. C., Capelo, J., Santo, M. D. E., Lousã, M., Monteiro, A., Mesquita, S., Vasconcelos, M. T. & Moreira, I.** 1999. Plant communities of the lagoons of the Portuguese Coastal Superdistrict -a multivariate approach. *Hydrobiologia*. 228: 67-75.
- Dawson, F. H.** 1993. Comparison of the rates of naturalization of the invasive alien aquatics, *Crassula helmsii* and *Myriophyllum aquaticum*. *BSBI News*. 63: 47-48.
- Dutartre, A.** 2003. Recent evolutions of the aquatic plant communities of the lakes and ponds in the Landes (France). *In: Actes European Symposium Management and Conservation of Lake Littoral Vegetation*. 23-25 October 2002. Le Bourget-Du-Lac, Savoie, France. pp. 59-79.
- Electoral Commission of Zambia (ECZ).** 2004. Implementation of invasive plant prevention and control programmes in Lusaka, Zambia: Environmental Council of Zambia, (Report submitted to the CAB International Africa Regional Centre under the PDF-B phase of the UNEP/GEF Project: Removing Barriers to Invasive Plant Management in Africa).
- Elakovich, S. D. & Woofen, J. W.** 1989. Allelopathic potential of sixteen aquatic and wetland plants. *Journal of Aquatic Plant Management*. 27: 78-84.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO).** 2004. *Myriophyllum aquaticum*. EPPO data sheet on Invasive Plants *Myriophyllum aquaticum*. [http://www.eppo.int/QUARANTINE/Pest\\_Risk\\_Analysis/PRAdocs\\_plants/draftds/05-11833\\_20DS20Myriophyllum20aquaticum.doc](http://www.eppo.int/QUARANTINE/Pest_Risk_Analysis/PRAdocs_plants/draftds/05-11833_20DS20Myriophyllum20aquaticum.doc). [Consultado 28 de Julio de 2016].
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO).** 2011. EPPO Reporting Service. EPPO Reporting Service. Paris, France: EPPO. [http://archives.eppo.org/EPPOreporting/Reporting\\_Archives.htm](http://archives.eppo.org/EPPOreporting/Reporting_Archives.htm).
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO).** 2014. PQR database. Paris, France: European and Mediterranean Plant Protection Organization. <http://www.eppo.int/DATABASES/pqr/pqr.htm>
- Ferreira, M. T. & Moreira, I. S.** 1995. The invasive component of a river flora under the influence of Mediterranean agricultural systems. Plant invasions: general aspects and special problems.

- Workshop held at Kostelec nad Cernými lesy, Czech Republic, 16-19 September 1993. pp. 117-127.
- Ferreira, M. T. & Moreira, I. S.** 1999. River plants from an Iberian basin and environmental factors influencing their distribution. *Hydrobiologia*. 228: 101-107.
- Ferreira, T. & Moreira, I.** 1990. Weed evolution and ecology in drainage canals of central Portugal. In: *Proceedings of the 8th international symposium on aquatic weeds*, Uppsala, Sweden, 13-17 August 1990. 97-102.
- Fernández, O. A., Sutton, D. L., Lallana, V. H., Sabbatini, M. R. & Irigoyen, J. H.** 1993. Aquatic weed problems and management in South and Central America. In: **Pieterse, A. H. & Murphy, K. J.** (Eds.). *The ecology and management of nuisance aquatic vegetation. Aquatic weeds*. Oxford University Press, Oxford, U.K. pp. 406-425.
- Foloni, L. L. & Pitelli, R. A.** 2005. Assessment of sensitivity of several aquatic weeds to carfentrazone-ethyl under controlled environment. *Planta Daninha*. 23(2): 329-334.
- Foxcroft, L. C. & Richardson, D. M.** 2003. Managing alien plant invasions in the Kruger National Park, South Africa. In: *Plant invasions: ecological threats and management solutions*. Leiden, Netherlands. Backhuys Publishers. 385-403.
- Gassmann, A., Cock, M. J. W., Shaw, R. & Evans, H. C.** 2006. The potential for biological control of invasive alien aquatic weeds in Europe: a review. In: *11th International Symposium on Aquatic Weeds 'Macrophytes in Aquatic Ecosystems: From Biology to Management'*, Moliets et Maâ, France, 2002. *Hydrobiologia*. 570: 217-222.
- Generalitat Valenciana.** 2015. Actuaciones de Control de Especies Invasoras. Memoria Anual 2014. Informe técnico 02/2015. Valencia, España. 37 p.
- Glomski, L. A. M., Poovey, A. G. & Getsinger, K. D.** 2006. Effect of carfentrazone-ethyl on three aquatic macrophytes. *Journal of Aquatic Plant Management*. 44: 67-69.
- Gray, C. J., Madsen, J. D., Wersal, R. M. & Getsinger, K. D.** 2007. Eurasian watermilfoil and parrotfeather control using carfentrazone-ethyl. *Journal of Aquatic Plant Management*. 45: 43-46.
- Great Lakes Panel on Aquatic Nuisance Species (GLPANS).** 2008. Prohibited species in the Great Lakes Region. Disponible en: <http://glc.org/projects/invasive/panel/> [Consultado 22 de julio de 2016].
- Gregory, P.** 2003. Attack of the aliens (aquatic invasive plants that is). Watch out some plants are more than just another pretty face. *Aquatic Gardener*. 16(4): 29-34.
- Grime, J. P.** 1980. Plant strategies and vegetation processes. *Journal of Ecology*. 68(2): 704-706.
- Gujarathi, N. P., Haney, B. J. & Linden, J. C.** 2005. Phytoremediation potential of *Myriophyllum aquaticum* and *Pistia stratiotes* to modify antibiotic growth promoters, tetracycline, and oxytetracycline, in aqueous wastewater systems. *Int. J. Phytoremediation*. 7: 99-112.
- Gunasekera, L.** 2001. Parrot's feather: emerging aquatic weed in Northern Victoria. *Under Control*. 18: 13.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Gunasekera, L., Krake, K. & Pigott, P.** 2002. New aquatic weed threats in northern Victoria. In: Jacob H. S., Dodd, J. & Moore, J. H. *13th Australian Weeds Conference: weeds "threats now and forever?"*, Sheraton Perth Hotel, Perth, Western Australia, 8-13 September 2002: papers and proceedings Victoria Park, Australia: Plant Protection Society of Western Australia Inc. pp. 124-125.
- Habeck, D. H.** 1974. Caterpillars of *Parapoynx* in relation to aquatic plants in Florida. *Hyacinth Control Journal*. 12: 15-18.
- Habeck, D. H. & Wilkerson, R.** 1980. The life cycle of *Lysathia ludoviciana* (Fall) (Coleoptera: Chrysomelidae) on parrotfeather, *Myriophyllum aquaticum* (Velloso) Verdc. *Coleopterists Bulletin*. 34(2): 167-170.
- Haller, W. T., Gettys, L. & Ketterer, E.** 2006. Feeding preference and consumption rates of aquatic vegetation by the channeled apple snail. In: *ICAIS 14th Internat. Conf. Aquat. Invasive Species*, May 14-19, Key Biscayne, FL.76.
- Haller, W. T., Sutton, D. L. & Barlow, W. C.** 1974. Effects of salinity on growth of several aquatic macrophytes. *Ecology*. 55: 891-894.
- Harguinteguy, C. A., Scheriber, R. & Pignata, M. L.** 2013. *Myriophyllum aquaticum* as a biomonitor of water heavy metal input related to agricultural activities in the Xanaes River (Cordoba, Argentina). *Ecological Indicators*. 27: 8-16.
- Henderson, L. & Cilliers, C. J.** 2002. Invasive Aquatic Plants. Plant Protection Research Institute, Pretoria, South Africa, Handbook. 16: 88.
- Hofstra, D. E., Champion, P. D. & Dugdale, T. M.** 2006. Herbicide trials for the control of parrotsfeather. *Journal of Aquatic Plant Management*. 44: 13-18.
- Holm, L. G., Pancho, J. V., Herberger, J. P. & Plucknett, D. L.** 1991. A Geographical Atlas of World Weeds. New York, USA: John Wiley and Sons.
- Hussner, A. & Lösch, R.** 2005. Alien aquatic plants in a thermally abnormal river and their assembly to neophyte-dominated macrophyte stands. *Limnologica*. 35: 18-30.
- Hussner, A., Meyer, C. & Busch, J.** 2009. The influence of water level and nutrient availability on growth and root system development of *Myriophyllum aquaticum*. *Weed Research*. 49: 73-80.
- Hussner, A., Nehring, S. & Hilt, S.** 2014. From first reports to successful control: a plea for improved management of alien aquatic plant species in Germany. *Hydrobiologia* 737: 321-331. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-013-1757-5>.
- IFAS Center for Aquatic and Invasive Plants.** 2016 *Myriophyllum aquaticum*, University of Florida/ <http://www.maine.gov/dep/water/invasives/parrotfeather.html>.
- Illinois-Indiana Sea Grant (IISG).** 2011. Sea Grant Database of Aquatic Species Regulations. <http://www.iiseagrant.org/speciesregs/index1.asp?commonName=parrot%27s+feather>. [Consultado: 21 de Julio de 2016].
- Jacot-Guillarmod, A.** 1977. *Myriophyllum*, an increasing water weed menace for South Africa. *South African Journal Science*. 73: 89-90.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



PN  
UD  
Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Jeanes, J. A.** 1996. Page on *Myriophyllum aquaticum*. In: Flora of Victoria, 3. Melbourne, Australia: Inkata Press. 900 p.
- Joyner, B. G. & Freeman, T. E.** 1973. Pathogenicity of *Rhizoctonia solani* to aquatic plants. *Phytopathol.* 63: 681-685.
- Kadono, Y.** 2004. Alien Aquatic Plants Naturalized in Japan: History and Present Status. *Global Environmental Research.* 8(2): 163-169.
- Kay, S. H. & Hoyle, S. T.** 2001. Mail order, the Internet, and invasive aquatic weeds. *Journal of Aquatic Plant Management.* 39: 88-91.
- Kelly, J. & Maguire, C. M.** 2009. Parrots feather (*Myriophyllum aquaticum*). Invasive Species Action Plan. Prepared for NIEA and NPWS as part of Invasive Species Ireland. Disponible en: [http://invasivespeciesireland.com/wp-content/uploads/2010/10/Myriophyllum\\_aquaticum\\_ISAP.pdf](http://invasivespeciesireland.com/wp-content/uploads/2010/10/Myriophyllum_aquaticum_ISAP.pdf) [Consultado: 30 de julio de 2016].
- Kendig, A. & Defelice, M.** 1993. Aquatic weed control in Missouri. Aquatic weed control in Missouri. Univ. Missouri Columbia, Cooperative Extension Serv.
- Kissman, K. G. & Groth, D.** 1995. Plantas Infestantes e Nocivas: Tomo III. Sao Paulo, Brazil: BASF S.A., Publ. 683 p.
- Kley, J. E. & Hine, D. N.** 1998. The wetland vegetation of Caddo Lake. *Texas Journal of Science.* 50(4): 267-290.
- Les, D. H. & Mehrhoff, L. J.** 1999. Introduction of nonindigenous aquatic vascular plants in Southern New England: a historical perspective. *Biological Invasions.* 1(2-3): 281-300.
- Li, Z-Y. & Hsieh, C-F.** 1996. New materials of the genus *Myriophyllum* L. (Haloragaceae) in Taiwan. *Taiwania.* 41(4): 322-328.
- Lorenzi, H.** 1982. Weeds of Brazil, terrestrial and aquatic, parasitic, poisonous and medicinal. Nova Odessa, Brazil: H. Lorenzi. 425 p.
- Lorenzi, H. J. & Jeffery, L. S.** 1987. Weeds of the United States and their control. New York, USA; Van Nostrand Reinhold Co. Ltd. 355 p.
- Lot, A. & Novelo, A.** 2004. Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la Ciudad de México y sus alrededores. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 206 p.
- Mabulu, L. Y.** 2005. *Myriophyllum aquaticum* (aquatic plant). Global Invasive Species Database. <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=401&fr=1&sts=sss&lang=EN>.
- Maltchik, L., Oliveira, G. R., Rolon A. S. & Stenert C.** 2005. Diversity and stability of aquatic macrophyte community in three shallow lakes associated to a floodplain system in the South of Brazil. *Interciencia.* 30(3): 166-170.
- Maine, M. A., Panigatti, M. C. & Pizzaro, M. J.** 1998. Role of macrophytes in phosphorus removal in Parana Medio wetlands. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 45(1): 23-24.
- Mareš, L.** 1999. *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. <http://www.biolib.cz/en/image/id70937/>.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Martínez, J. M.** 2016. Monitoreo de las plantas acuáticas exóticas invasoras en cuerpos de aguas seleccionados en México. Primer Reporte trimestral 2016 de las actividades presentado a la CONABIO y a PNUD en el marco del proyecto GEF "Aumentar las Capacidades de México para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI", IMTA, Morelos, México.
- Maskell, L. C., Bullock, J. M., Smart, S. M., Thompson, K. & Hulme, P. E.** 2006. The distribution and habitat associations of non-native plant species in urban riparian habitats. *Vegetation Science*. 17(4): 499-508.
- McCann, J. A., Arkin, L. N. & Williams, J. D.** 1996. Nonindigenous aquatic and selected terrestrial species of Florida: status, pathway and time of introduction, present distribution, and significant ecological and economic effects. Nonindigenous aquatic and selected terrestrial species of Florida: status, pathway and time of introduction, present distribution, and significant ecological and economic effects. University of Florida, Center for Aquatic Plants, unpaginated.
- McFarland, D. G., Nelson, L. S., Grodowitz, M. J., Smart, R. M. & Owens, C. S.** 2004. *Salvinia molesta* D. Mitchell (Giant Salvinia) in the United States: A review of species ecology and approaches to management. Final Report. Vicksburg, Mississippi: US Army Corps of Engineer. Engineer Research and Development Center. 35 p.
- Meacham, P.** 2001. Washington State aquatic nuisance species management plan. Washington Department of Fish and Wildlife for the Washington Aquatic Nuisance Species Coordinating Committee. WDFW 517.
- Medina, V. F., Larson, S. L., Bergstedt, A. E. & McCutcheon, S. C.** 2000. Phyto-removal of trinitrotoluene from water with batch kinetic studies. *Water Resources*. 34(10): 2713-2722.
- Mereles, F. & Degen, R.** 1993. *Haloragaceae*. In: **Spichiger, R. & Ramella, L.** (Eds.). Flora de Paraguay. Conservatoire Jardin Botaniques, Ville De Genève, Missouri Botanical Garden. 19: 1-14.
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio ambiente (MAPAMA).** 2013. Catálogo español de especies exóticas invasoras. [http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/myriophyllum\\_aquaticum\\_2013\\_tcm7-307076.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/myriophyllum_aquaticum_2013_tcm7-307076.pdf). Consultado 25-11-2016.
- Mitchell, D. S.** 1985. African aquatic weeds and their management. The Ecology and Management of African Wetland Vegetation. Dordrecht, Netherlands: W. Junk. pp. 177-202.
- Mitchell, D. S., Pieterse, A. H. & Murphy, K. J.** 1993. Aquatic weed problems and management in Africa. In: **Pieterse, A. H. & Murphy, K. J.** (Eds.). *Aquatic Weeds*. Oxford, UK: Oxford University Press. pp. 341-354.
- Mixon, W. W.** 1974. Hydout, an improved formulation for aquatic weed control. In: *Proceedings 27th Annual Meeting Southern Weed Science Society*. 27: 307-309.
- Montanari, S.** 2016. *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. Forum Acta Plantarum. <http://www.actaplantarum.org/floraitaliae/viewtopic.php?t=87547>.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Monteiro, A. & Moriera, I.** 1990. Chemical control of parrotfeather (*Myriophyllum aquaticum*). In: *Proceedings of the 8th international symposium on aquatic weeds*, Uppsala, Sweden, 13-17 August 1990. pp. 163-164.
- Moreira, I., Monteiro, A. & Ferreira, T.** 1999. Biology and control of parrotfeather (*Myriophyllum aquaticum*) in Portugal. *Ecol. Env. and Cons.* 5(3): 171-179.
- Muranaka, T., Ishii, J., Miyawaki, S. & Washitani, I.** 2005. Vascular plants to be designated as Invasive Alien Species according to the Invasive Alien Species Act of Japan. *Conservation Ecology.* 10(1): 19-33.
- Murphy, K. J.** 1995. Aquatic Weeds. In: **Nierenberg, W. A.** (Ed.). *Encyclopedia of Environmental Biology*: San Diego, USA: Academic Press. 1: 71-80.
- Murphy, K. J., Dickinson, G., Thomaz, S. M., Bini, L. M., Dick, K., Greaves, K., Kennedy, M. P., Livingstone, S., McFerran, H., Milne, J. M., Oldroyd, J. & Wingfield, R. A.** 2003. Aquatic plant communities and predictors of diversity in a sub-tropical river floodplain: the upper Rio Paraná, Brazil. *Aquatic Botany.* 77(4): 257-276.
- Muyt, A.** 2001. Bush invaders of South-East Australia: a guide to the identification and control of environmental weeds found in South-East Australia. Meredith, Australia. XVI. 304.
- Negrisola, E., Tofoli, G. R., Velini, E. D., Martins, D. & Cavenaghi, A. L.** 2003. Chemical control of *Myriophyllum aquaticum*. *Planta Daninha.* 21: 89-92.
- Nel, J. L., Richardson, D. M., Rouget, M., Mgidi, T. N., Mdzeke, N., Maitre, D. C., Wilgen, B. W., Schonegevel, L., Henderson, L. & Naser, S.** 2004. A proposed classification of invasive alien plant species in South Africa: towards prioritizing species and areas for management action. *South African. Science.* 100(1-2): 53-64.
- Nelson, E. N. & Couch, R. W.** 1983a. History of the introduction and distribution of *Myriophyllum aquaticum* in North America. In: Proc. First International Symp. Watermilfoil & Related Haloragaceae Species, 23-24 July 1985, Vancouver, BC, Canada. Vicksburg, Mississippi. *Aquatic Plant Management Society.* pp. 19-26.
- Nelson, E. N. & Couch, R. W.** 1983b. *Myriophyllum* in Oklahoma, USA. *Proc. Okla. Acad. Sci.* 63: 103-104.
- Neyland, R.** 2007. The effects of Hurricane Rita on the aquatic vascular flora in a large fresh-water marsh in Cameron Parish, Louisiana. *Castanea.* 72(1): 1-7.
- Núñez, C. O., Cantero, J. J. & Petryna, L.** 1998. Hydrophytes from the south of the Province of Cordoba. *Rev. Universidad Nacional de Rio Cuarto.* 18(1): 37-82.
- Nwoko, C. O.** 2010. Trends in phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants. *African Journal of Biotechnology.* 9(37): 6010-6016.
- Olckers, T.** 2004. Targeting emerging weeds for biological control in South Africa: the benefits of halting the spread of alien plants at an early stage of their invasion. *South African Journal of Science.* 100(1-2): 64-68.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Orchard, A. E.** 1981. A revision of South American *Myriophyllum* (Haloragaceae) and its repercussions on some Australian and North American species. *Brunonia*. 4: 27-65.
- Orchard, A. E.** 1987. Page on *Myriophyllum aquaticum*. *In: Flora of the Perth Region*. pp. 363-364.
- Orr, B. K. & Resh, V. H.** 1992. Influence of *Myriophyllum aquaticum* cover on *Anopheles* mosquito abundance, oviposition, and larval microhabitat. *Oecologia*. 90: 474-482.
- Owens, C. S., Grodowitz, M. J. & Nibling, F.** 2004. What we did on our summer vacation: a survey of invasive aquatic plants on the Lower Rio Grande. *In: Aquatic Plant Manage. Soc., 44th Annual Meeting Program*, Tampa, FL. 30-31.
- Parker, J. D., Caudill, C. C. & Hay, M. E.** 2007. Beaver herbivory on aquatic plants. *Oecologia*. 151 (4): 616-625.
- Parsons, J.** 1996. Non-native aquatic plants in Washington state. *In: Symposium on Non-Indigenous Species in Western Aquatic Ecosystems*, 15th Ann. Meeting Western Aquatic Plant Manage. Soc., North Am. Lake Manage. Soc. Regional Meeting. Portland State Univ. *Lakes and Reservoirs Program*. 96(8): 55-59.
- Parsons, J., Fullerton, A. & Marx, G.** 2002. Washington State Dept. Ecology, Environmental Aquatic Plants, Technical Assistance Program, Report. No. 03-03-033. <http://www.ecy.wa.gov/biblio/0303033.html>.
- Patterson, G. G. & Davis, B. A.** 1991. Distribution of aquatic macrophytes in 15 lakes and streams in South Carolina, 1985. Columbia, USA: South Carolina Aquatic Plant Manage. Council, South Carolina Water Resources. Commission. US Geological Survey, Water-Resources Investigations Report. 5: 89-4132.
- Peltre, M. C., Dutartre, A., Barbe, J., Haury, J., Muller, S. & Ollivier, M.** 2002. Aquatic plant proliferations in France: biological and ecological features of the main species and favourable environments. Impact on ecosystems and interest for plant management. *Bull. Fr. Peche. Piscic.* 366: 259-280.
- Peltre, M. C. & Muller, S.** 2002. Distribution of spreading aquatic plants on the French hydrographic system in 2000. *In: Proc. 11th EWRS (Euro. Weed Res. Soc.) Intl. Symp. Aquatic Weeds*, Sept. 2-6, Moliets et Maa, France. 427-430.
- Perkins, K., Sytsma, M. D. & Wagner, D.** 1995. Aquatic plant management in Oregon. *In: Abstracts, 35th Annual Meeting, Aquatic Plant Manage. Soc.*, 9-12 July 1995, Bellevue, WA. 8-9.
- Pine, R. T. & Anderson, L. W. J.** 1991. Plant preferences of triploid grass carp. *Journal of Aquatic Plant Management*. 29: 80-82.
- Pitelli, R. A., Nachtigal, G. F., Pereira, A. M., Borsari, R. & Vierira, E.** 2000. Macrophytes population changes in Santana Reservoir, Rio de Janeiro, Brazil: five years of history. *Aquatic Plant Management Society*. Fortieth Annual Meeting. July 16-20. San Diego, California, USA.
- Richardson, R. J., Roten, A. M., West, S., True, L. & Gardner, A. P.** 2008. Response of selected aquatic invasive weeds to flumioxazin and carfentrazone-ethyl. *Journal of Aquatic Plant Management* 46: 154-158.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Ritter, N. P. & Crow, G. E.** 1999. First record of *Myriophyllum aquaticum* (Haloragaceae) in Bolivia. (Primera documentación de *Myriophyllum aquaticum* (Haloragaceae) en Bolivia.) *Ecología en Bolivia*. 32: 37-39.
- Ramoeli, P. S.** 1995. Lesotho - country's progress report. *In: 20th Meeting SARCCUS Subcommittee for Aquatic Weeds*. Sept. 24-27. Lesotho. Namibia: Ministry Of Agric. Water And Rural Development, Dept. Water Affairs.
- Randall, R. P.** 2002. A global compendium of weeds. *A global compendium of weeds*, XXX. 905.
- Rebillard, J. P., Dutartre, A., Fare, A. & Ferroni, J. M.** 2002. Management of the development of aquatic plants in the Adour-Garonne River Basin (South-West of France). *In: Proc. 11th EWRS (Euro. Weed Res. Soc.) Intl. Symp. Aquatic Weeds*, Sept. 2-6, Moliets et Maa, France. 307-310.
- Rejmanek, M. & Randall, J. M.** 1994. Invasive alien plants in California: 1993 summary and comparison with other areas in North America. *Madroño*. 41(3): 161-177.
- Revilla, E. P., Sastroutomo, S. S. & Rahim, M. A. A.** 1991. Survey on aquarium plants of quarantine importance and their associated nematodes. *Biotropica*. 40: 205-215.
- Ritter, N. P. & Crow, G. E.** 1999. Primera documentación de *Myriophyllum aquaticum* (Haloragaceae) en Bolivia. *Ecología en Bolivia*. 32: 37-39.
- Robinson, M.** 2002. Two firsts. *Volunteer Monitor*. 14(2): 26.
- Romero-Ortiz, L., Ramírez-Vives, F., Álvarez-Silva, C. & Miranda-Arce, M. G.** 2011. Uso de hidrófitas en un sistema anaerobio para el tratamiento de agua residual de rastro. D. F. México. *Polibotánica*. 31: 157-161.
- Roy, B., Popay, I., Champion, P., James, T. & Rahman, A.** 2004. An illustrated guide to common weeds of New Zealand. Ed. 2. Rotorua. New Zealand. New Zealand Plant Protection Society. 314.
- Sabbatini, M. R., Murphy, K. J. & Irigoyen, J. H.** 1998. Vegetation-environment relationships in irrigation channel systems of southern Argentina. *Aquatic Botany*. 60: 119-133.
- Saito, K., Matsumoto, M., Sekine, T., Murakoshi, I., Morisaki, N. & Iwasaki, S.** 1989. Inhibitory substances from *Myriophyllum brasiliense* on the growth of blue-green algae. *Natural Products*. 52(6): 1221-1226.
- Schardt, J. D. & Schmitz, D. C.** 1990. Florida aquatic plant survey. Technical report #91 GGA (Tallahassee, Florida Department of Natural Resources, Bureau of aquatic Plant).
- Schessl, M.** 1999. Floristic composition and structure of floodplain vegetation in the northern Pantanal of Mato Grosso. *Brazil. Python*. 39(2): 303-336.
- Schmidt-Mumm, U. & Posada, J. A.** 2000. Adiciones a las Haloragaceae de Colombia: *Proserpinaca palustris*. *Caldasia*. 22(1): 146-149.
- Shibayama, H.** 1988. Ecology of aquatic weeds in creeks of the paddy growing area in the lower reaches of the Chikugo river. *Bulletin of the Kyushu National Agricultural Experiment Station*. 25(1): 1-75.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Sidorkewicz, N. S., Sabbatini, M. R. & Irigoyen, J. H.** 2000. The spread of *Myriophyllum elatinooides* Gaudich. and *M. aquaticum* (Vell.) Verd. from stem fragments. In: *Abstracts, Third Intern. Weed Sci. Congress*, Foz Do Iguassu, Brazil, June 6-11. 224-225.
- Sikka, H. C., Lynch, R. S. & Lindenberger, M.** 1974. Uptake and metabolism of dichlobenil by emerged aquatic plants. *Agricultural and Food Chemistry*. 22(2): 230-234.
- Solarz, S. L. & Newman, R. M.** 2001. Variation in hostplant preference and performance by the milfoil weevil, *Eubrychiopsis lecontei* Dietz, exposed to native and exotic watermilfoils. *Oecologia*. 126: 66-75.
- Stanley, T. D.** 1986. Page on *Myriophyllum aquaticum*. In: *Flora of South-Eastern Queensland*. pp. 230-231.
- Stephens, K. M. & Dowling, R. M.** 2002. *Wetland plants of Queensland*. Collingwood, Victoria, Australia: CSIRO Publishing. 160 p.
- Steubing, L., Ramirez, C & Alberdi, M.** 1980. Energy content of water and bog plant associations in the region of Valdivia (Chile). *Vegetatio*. 43: 153-161.
- Stiers, I., Crohain, N., Josens, G. & Triest, L.** 2011. Impact of three aquatic invasive species on native plants and macroinvertebrates in temperate ponds. *Biol. Invasions*. 13: 2715-2726.
- Sutton, D. L.** 1985. Biology and ecology of *Myriophyllum aquaticum*. In: **Anderson, L. W. J.** (Ed.). *Proc. 1st Int. Symp. on water milfoil (Myriophyllum spicatum) and related Haloragaceae species*. Aquatic Plant Management Society. Vicksburg. pp. 59-71.
- Sutton, D. L & Bingham, S. W.** 1970. Uptake and translocation of 2-4-D-1-14C in parrot feather. *Weed Science*. 18: 193-196.
- Sutton, D. L. & Blackburn, R. D.** 1971. Uptake of copper by parrot feather. *Weed Science*. 19: 282-285.
- Sutton, D. L., Durham, D. A., Bingham, S. W. & Foy, C. L.** 1969. Influence of simazine on apparent photosynthesis of aquatic plants and herbicide residue removal from water. *Weed Science*. 17: 56-59.
- Sykes, W. R.** 1982. Checklist of dicotyledons naturalized in New Zealand. 12. Haloragales, Myrtales, Proteales, Theales, Violales (excluding Violaceae). *New Zealand. J. Bot.* 20: 73-80.
- Sytsma, M. D.** 1998. Overview of nonindigenous aquatic plant impacts and management in the Pacific Northwest. In: *Proc. Eighth Intern. Zebra Mussel and Aquat. Nuisance Species Conf.*, March 16-19, 1998. CA, USA: California Sea Grant Coll. System.
- Sytsma, M. D. & Anderson, L. W. J.** 1993. Biomass, nitrogen, and phosphorus allocation in parrotfeather (*Myriophyllum aquaticum*). *Journal of Aquatic Plant Management*. 31: 244-248.
- Tabacchi, E. & Planty-Tabacchi, A. M.** 2002. Changes in alien and native weedy vegetation along rivers: what's new? In: *Proc. 11th EWRS (Euro. Weed Res. Soc.)*. Sept. 2-6. Moliets et Maa, France. *Intl. Symp. Aquatic Weeds*. pp. 439-442.
- Tanner, C. C.** 2000. Plant establishment and management in constructed wastewater treatment wetlands. *Water and Wastes in New Zealand*. 115: 28-33.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Teles, A. N. & Pinto da Silva, A. R.** 1975. A "pinheirinha" (*Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc., uma agressiva infestante acuática. *Agronomia Lusitania*. 36: 307-323.
- Tellman, B.** 2002. Invasive exotic species in the Sonoran Region. Tucson, AZ, USA: Univ. Arizona Press, Arizona-Sonora Desert Museum.
- Tur, N.** 2005. Haloragaceae. *En: Burkart, A. & Bacigalupo, N. M.* (Eds.). Fl. II Entre Ríos. *Colecc. Ci. Inst. Nac. Tecnol. Agropecu.* IV(13): 541-543. <http://exa.unne.edu.ar/biologia/diversidadv/documentos/ANGIOSPERMAS/Core%20Eudicotiled%F3neas%20Basales/Haloragaceae.pdf>.
- Turgut, C., Grezichen, A. & Fomin, A.** 2003. Toxicity of sulfonylurea herbicides to dicotyledonous macrophyte *Myriophyllum aquaticum* in a 14 day bioassay. *Fresenius Environmental Bulletin*. 12 (6): 619-622.
- Turner, B. L., Nichols, H., Denny, G. & Doron, O.** 2003. Atlas of the vascular plants of Texas. Vol. 1. Sida. *Botanical Miscellany*. No. 24. Brit Press, Botanical Res. Institute of Texas. 1-648.
- United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service (USDA-NRCS).** 2007. The Plants Database. Baton Rouge. USA: National Plant Data Center. <http://plants.usda.gov/>.
- Velde-van der, G., Nagelkerken, I., Rajagopal, S. & Bij de Vaate, A.** 2002. Invasions by alien species in inland freshwater bodies in Western Europe: the Rhine delta. *In: Invasive aquatic species of Europe-distribution. Impacts and management.* Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers. pp. 360-372.
- Verma, U. & Charudattan, R.** 1993. Host range of *Mycoleptodiscus terrestris*, a microbial herbicide candidate for Eurasian watermilfoil, *Myriophyllum spicatum*. *Biological Control*. 3(4): 271-280.
- Vogt, C. & Mereles, M. F.** 2005. Una contribución al estudio de los humedales de la cuenca del Arroyo Neembucu. Depto. Neembucu, Paraguay. *Rojasiana*. 7(1): 5-20.
- Wagner, K. J., Mitchel, D. F., Berg, J. J. & Gendron, W. C.** 2008. Milfoil ecology control and implications for drinking water supplies. Awwa Research Foundation. U.S.A. 219 p.
- Wells, R. D. S., Bannon, H. J. & Hicks, B. J.** 2003. Control of macrophytes by grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) in a Waikato drain, New Zealand. New Zealand. *Marine and Freshwater Research*. 37(1): 85-93.
- Wersal, R. M., Baker, E., Larson, J., Dettloff, K., Fusaro, A. J., Thayer, D. D. & Pfungsten, I. A.** 2016. *Myriophyllum aquaticum* USGS Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL, and NOAA Great Lakes Aquatic Nonindigenous Species Information System, Ann Arbor, MI. <http://nas.er.usgs.gov/queries/GreatLakes/FactSheet.aspx?NoCache=4%2F4%2F2015+2%3A19%3A43+AM&SpeciesID=235&State=&HUCNumber=DGreatLakes> [Consultado: 27 de Julio de 2016].
- Wersal, R. M. & Madsen, J. D.** 2007. Comparison of Imazapyr and Imazamox for Control of Parrotfeather (*Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc.). *Journal of Aquatic Plant Management*. 45: 132-136.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Wersal, R. M. & Madsen, J. D.** 2010. Comparison of subsurface and foliar herbicide applications for control of parrotfeather (*Myriophyllum aquaticum*). *Invasive Plant Science and Management*. 3: 262-267.
- Westerdahl, H. E. & Getsinger, K. D.** 1988. Aquatic Plant Identification and Herbicide Use Guide; Vol II: Aquatic Plants and Susceptibility to Herbicides. Technical Report A-88-9, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Wheeler, J. R., Marchant, N. G. & Lewington, M.** 2002. Page on *Myriophyllum aquaticum*. Flora of the South West. 2- 640.
- Wilson, P. G.** 1991. Page on *Myriophyllum aquaticum*. Flora of New South Wales. 216.
- Wisconsin Department of Natural Resources (WIDNR).** 2011. Aquatic Invasive Species Literature Review. [http://dnr.wi.gov/invasives/classification/pdfs/Myriophyllum aquaticum. pdf](http://dnr.wi.gov/invasives/classification/pdfs/Myriophyllum_aquaticum.pdf). [Consultado: 21 de julio de 2016].
- Yu, D., Wangerin, W. L., Li, Z. Y. & Funston, A. M.** 2002. Taxonomic revision of the genus *Myriophyllum* (Haloragaceae) in China. *Rhodora*. 104(920): 396-421.
- Zimmermann, H. G., Moran, V. C. & Hoffmann, J. H.** 2004. Biological control in the management of invasive alien plants in South Africa, and the role of the Working for Water programme. South African. *Science*. 100(1-2): 34-40.
- Zolczynski, J. & Jernigan, J.** 2002. Giant Salvinia: a new aquatic menace in Alabama. *Outdoor Alabama*. 74(3): 13-15.

## *Myriophyllum spicatum* L.

Sp. Pl. 2: 992, 1973



Figura 24. Foto de *Myriophyllum spicatum*. Tomada de <http://edivert-monetang-e-monsite.com/pages/content/myriophylle-myriophyllum.html>.

Bonilla-Barbosa, J. R. 2016. Análisis de riesgo de plantas acuáticas exóticas con potencial invasor en México: *Myriophyllum spicatum*. Realizado dentro del proyecto GEF 0089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## CLASIFICACIÓN

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae Haeckel, 1866

División Magnoliophyta Cronquist, Takht. & Zimmerm., 1966

Clase: Magnoliopsida Cronquist, Takht. & Zimmerm., 1966

Orden: Haloragales Novák, 1954

Familia: Haloragaceae, R. Br., 1814

Género: *Myriophyllum* L., 1753

Especie: *Myriophyllum spicatum* L., 1753

## SINONIMIAS

*Myriophyllum spicatum* var. *exalbescens* (Fernald) Jeps., 1925

*Myriophyllum spicatum* subsp. *exalbescens* (Fernald) A. E. Murray, 1982

## TAXONOMÍA Y NOMENCLATURA

Existen actualmente 54 especies reconocidas de *Myriophyllum* (Cook, 1990; Chambers *et al.*, 2008), pero sólo dos son importantes especies acuáticas invasoras: *Myriophyllum aquaticum* y *M. spicatum*.

*Myriophyllum spicatum* difiere de *M. aquaticum* por tener las brácteas con el margen entero a ligeramente serrado, brotes no emergentes, hojas en verticilos de 4 con 13 a 35 segmentos por hoja, de tintes rojizos, mientras que *M. aquaticum* tiene sus brotes emergentes y las brácteas son pinnatífidas; *M. odoratum* con hojas en verticilos de 5 y *M. alterniflorum* con hojas no verticiladas, son alternas, con 6 a 18 segmentos pero si se confunde morfológicamente con *M. sibiricum* con *M. spicatum* (Couch y Nelson, 1990).

Algunos autores reconocen a *Myriophyllum spicatum* var. *exalbescens* como un taxón independiente de *M. spicatum* es que es reconocida por no ser una especie y variedad invasora (Cook, 1993).

## DESCRIPCIÓN

La descripción es considerada de varios autores como Aiken *et al.* (1979), Orchard (1981) y Wagner *et al.* (2008).

Hidrófita enraizada sumergida, perenne; rizoma de 50 cm a 6 m de largo, pardo-rojizos; raíces fibrosas; hojas verdes, las inferiores generalmente de 1.5-3 cm de largo, cada una con 13-35 segmentos, finos, suaves, las maduras son coriáceas, 4 por verticilo, decaen por la edad. Espigas de 5-15 cm de largo, emergen del agua; flores en verticilos de 6 a 7, en verticilos en las axilas de las



brácteas, con una hermafrodita y el resto son masculinas; pétalos 4, de color rosa a rojo, de 3 a 4 mm de largo, caedizos. Frutos una nuez, subglobosa, 4-lobados. Turiones ausentes.

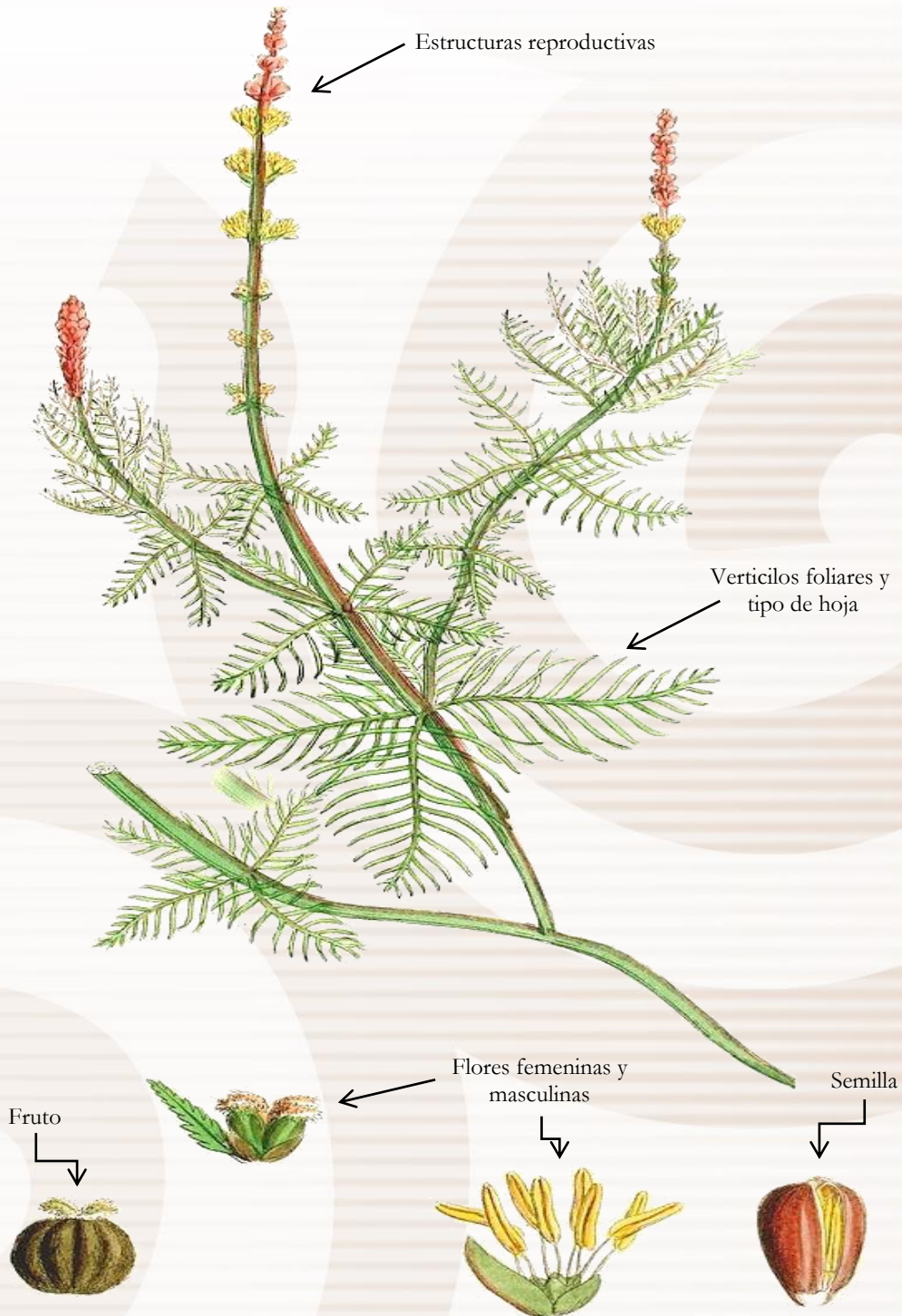


Figura 25. Morfología de *Myriophyllum spicatum*. Ilustración tomada de Watson y Dallwitz (1992).



Figura 26. Foto de las inflorescencias dispuestas en espiga de *Myriophyllum spicatum*. Tomada de <http://edivert-monetang.e-monsite.com/pages/content/myriophylle-myriophyllum.html>.

## NOMBRES COMUNES

“Ähriges Tausendblatt” (Alemania); “eurasian watermilfoil”, “spiked watermilfoil” (Estados Unidos), “myriophylle a epis” (Francia), “aarvederkruid” (Holanda); “hozakinofusamo” (Japón).

## ORIGEN

*Myriophyllum spicatum* es una especie de origen Paleártico, es nativa de Europa, Asia y Norte de África (Faegri, 1982; CISEH y USDA, 2010).

## DISTRIBUCIÓN NATURAL

### En el mundo

*Myriophyllum spicatum* es especie principalmente conocida de las regiones templadas del nuevo y viejo mundo, del Reino Unido y Canadá. Se ha registrado en por lo menos 57 países, principalmente en la región Paleártica.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

La distribución geográfica a nivel mundial en este apartado indica solamente las poblaciones nativas.

**África:** Argelia y Egipto (Sistema del Nilo) (Holm *et al.*, 1991; Springuel y Murphy, 1991; Ali y Soltan, 2006).

**Asia:** Irán (Holm *et al.*, 1991; Filizadeh, 2002).

**Europa:** Alemania, Austria, Bélgica, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia (Lago Vortsjarv), Finlandia, Francia, Irlanda, Islandia, Italia, Liechtenstein, Lituania, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Rusia, República Checa, Reino Unido: Islas del canal, Siberia, Serbia, Suecia, Suiza (Fitter, 1978; Caffrey, 1982, Picoli y Gerdol, 1983; Dutartre, 1986; Hulina, 1990; Volobaev, 1992; Kozhova y Izhboldina, 1993; Martinez-Murphy *et al.*, 1993; Taberner y Moya, 1993; Urbanc-Bercic y Blejec, 1993; Trainauskaite y Yankyavichyus, 1994; Sinkeviciene, 1998; Janauer, 1999; Wade, 1999; Stankovic *et al.*, 2000; Catarino *et al.*, 2001; Adamec y Husák, 2002; Debeljak *et al.*, 2002; Eriksson *et al.*, 2004; Ruggiero *et al.*, 2004; Prigioni *et al.*, 2005; Feldmann y Nöges, 2007; Selig *et al.*, 2007).

## DISTRIBUCIÓN POR INTRODUCCIONES A NIVEL MUNDIAL Y MÉXICO

### Introducción intencional

#### En el mundo

Es una planta exótica invasora en países tropicales de Sudáfrica, además del neártico (Estados Unidos y Canadá). Moody (1989) indica que *M. spicatum* es una maleza en el arroz trasplantado en Bangladesh, India, Napompeth, Tailandia y Vietnam.

La distribución geográfica a nivel mundial en el siguiente apartado indica solamente las poblaciones introducidas.

**África:** Botswana, Kenia (humedales alrededor del lago Victoria), Namibia, Sudáfrica, Zambia, Zimbabue y Togo (Cook, 1990; Holm *et al.*, 1991; Chikwenhere, 1998; Gichuki *et al.*, 2001; Henderson y Cilliers, 2002; Akpavi *et al.*, 2005).

**Asia:** Bangladesh, Bután, Camboya, China: Anhui (Lago Taihu), Hubei (Lago Lianzi), Nei Menggu, Shaanxi (Cuenca del río Han), Shanxi (río Sanggan), Tíbet; India: Jammu y Cachemira; Indonesia, Israel, Japón, Jordania, República Popular de Corea, República de Corea, Pakistán, Filipinas, Taiwán, Tailandia, Turquía y Vietnam (Habib-el-Rahman *et al.*, 1969; Bates *et al.*, 1984; Moody's, 1989; Holm *et al.*, 1991; Ticku y Zutshi, 1991; Lui, 1994; Napompeth y Bahía-Petersen, 1994; Li y Hsieh, 1996; Chen *et al.*, 2000; Zhao y Wang, 2002; Yeon *et al.*, 2003; Jia y Zhang, 2006; Song *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2008).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

**Norteamérica:** Canadá: Columbia Británica, Ontario, Quebec; Estados Unidos: Alabama, Alaska, Arizona, California, Carolina del Norte, Carolina del Sur, Colorado, Connecticut, Dakota del Sur, Delaware, Florida, Georgia, Idaho, Illinois, Indiana, Iowa, Isla Rhode, Kentucky, Louisiana, Maine, Maryland, Massachusetts, Michigan, Minnesota, Mississippi, Montana, Nevada, New Jersey, Nuevo México, Nueva York, Ohio, Oklahoma, Oregón, Pennsylvania, Tennessee, Texas, Vermont, Virginia, Washington, Wisconsin (Lorenzi y Jeffery, 1987; Furnier y Mustaphi, 1992; Anderson, 1993; Hartleb *et al.*, 1993; Steward, 1993; Gerber y Les, 1994; Santha *et al.*, 1994; Eiswerth *et al.*, 2000; Eichler *et al.*, 2001; Owens *et al.*, 2001; Phillips, 2001; Whyte y Francko, 2001; Madsen y Welling, 2002; Zolczynski y Jernigan, 2002; Lavoie *et al.*, 2003; Herrick y Wolf, 2005; Madsen, 2005; Pinder *et al.*, 2005; Findlay *et al.*, 2006; USDA-NRCS, 2007).

**México:** No se ha observado algún registro de esta especie en el país, al menos en ejemplares de herbario (el ejemplar que se colectó y registró para el estado de Durango no es esta especie, corresponde a *Myriophyllum aquaticum*), ni en literatura, y al visitar los mercados con venta de organismos acuáticos más importantes de la Ciudad de México como Mixuca, Venustiano Carranza y tiendas de acuario pequeñas en diferentes estados de la República. Realmente la especie registrada es *M. aquaticum*.

**Europa:** Reino Unido: Inglaterra y Gales (Hinojosa Garro *et al.*, 2008).

**Oceanía:** Australia (Holm *et al.*, 1991).

## BIOLOGÍA, ECOLOGÍA E HISTORIA NATURAL

### Biología reproductiva

*Myriophyllum spicatum* puede hibridarse con algunas especies nativas de Norteamérica particularmente en los Estados Unidos como *M. sibiricum* (Moody's y Les, 2003).

Como muchos miembros de su familia depende principalmente de la propagación vegetativa por medio de fragmentos de los tallos, que de la reproducción sexual para la dispersión. La polinización es llevada a cabo por el viento (Moody's y Les, 2003).

Temperaturas superiores a los 15 °C son necesarias para la germinación exitosa de las semillas, y los niveles de germinación en las semillas se reducen significativamente cuando estas están por debajo de los 2 cm de profundidad, de manera adicional, el período de sequía influye también en el éxito de la germinación (Hartleb *et al.*, 1993; Standifer y Madsen, 1997).

### Hibridación

*Myriophyllum spicatum* es capaz de hibridarse con la especie nativa *M. sibiricum*, para producir *M. sibiricum* × *spicatum*, híbrido que tiene un número intermedio de número de segmentos en las hojas



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



PN  
UD  
Al servicio  
de las personas  
y las naciones

entre las dos especies parentales. Estos híbridos están presentes en Michigan, Minnesota, Washington y Wisconsin, son más agresivas como plantas invasoras (Moody y Less, 2002; Pflingsten *et al.*, 2016). En México no existe ninguna de estas dos especies.

### Requerimientos ambientales

Esta maleza se presenta en una amplia variedad de cuerpos de agua como las lagunas, ríos, lagos, estanques, embalses naturales y artificiales, canales de irrigación, pantanos, entre otros (Aiken *et al.*, 1979; Grime, 1979; Springuel y Murphy, 1991; Bossard *et al.*, 2000; Clarke y Newman, 2002; Boylen *et al.*, 2006).

Prefiere aguas claras, dulces aunque puede tolerar ligeramente las salobres, alta luminosidad, baja salinidad, altos contenidos de calcio y nutrientes. Raramente crece a más de tres metros de profundidad (Aiken *et al.*, 1979; Abernethy *et al.*, 1996; Bossard *et al.*, 2000; Clarke y Newman, 2002; Eriksson *et al.*, 2004; Boylen *et al.*, 2006; Selig *et al.*, 2007). Tolerancia ciertos niveles de parámetros ambientales tales como oxígeno disuelto (2-12 mg/l), salinidad (0.3 -05 ppm), pH (6.5-9) y temperatura del agua de 0-30 °C.

Dependiendo de factores estacionales y la disponibilidad de nutrientes, *Myriophyllum spicatum*, se propaga rápidamente y persiste en todas las estaciones del año (Spencer y Bowes, 1993). Es un usuario no obligado del bicarbonato, sin embargo, aumenta su productividad en aguas con alto contenido de este compuesto (Van *et al.*, 1976).

Obtiene la mayoría de sus nutrientes (60-90% de fósforo) del sedimento a través de sus raíces (Wetzel, 1975; Nichols y Keeney, 1976), aunque factores tales como el desarrollo del perifiton en el follaje pueden influir en las rutas de absorción de nutrientes (Strand y Weisner, 2001).

Existen evidencias que el N o P de los sedimentos puede limitar el crecimiento dependiendo de las condiciones ambientales (Knud-Hansen, 2006; Spencer *et al.*, 2006).

Hay estudios que evidencian de que las poblaciones de *M. spicatum* pueden soportar muy altas concentraciones de metales pesados como el cobre, en donde las plantas sobrevivieron a concentraciones de 1040 mg/kg de Cu, 6660 de Mn y 57 de Co presentes en el tejido (Samecka-Cymerman y Kempers, 2004).

### MECANISMOS DE DISPERSIÓN

#### Dispersión natural

La expansión de las plantas de *Myriophyllum spicatum* a través de vectores naturales, especialmente de aves acuáticas, ya sea a través del tracto digestivo o plumaje, es siempre un medio posible de dispersión, pero también se dispersa naturalmente mediante el movimiento de las aguas que llevan



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

plantas completas o fragmentos de ellas como el tallo, a nuevos sitios tales como las aguas salobres (lagunas) y aguas dulces (canales de irrigación, lagos, estanques, reservorios y ríos).

Muchas especies de plantas acuáticas depositan sus semillas en los sedimentos de los cuerpos de agua donde ellas se desarrollan. Las aves migratorias que visitan estos sitios, se alimentan directamente de estas semillas como sucede con *Myriophyllum spicatum* o en su caso pueden adherirse a su plumaje al nadar y refrescarse (Champion y Clayton, 2000).

### Dispersión artificial

Especies de *Myriophyllum*, como la mayoría de otras plantas acuáticas invasoras, se introducen en gran medida entre regiones geográficamente separadas como consecuencia de actividades humanas (principalmente por el comercio de plantas acuáticas para acuarios).

Además, fragmentos de la planta son transportadas fácilmente por los barcos, que es el mecanismo más probable para la dispersión de las especies en los últimos años, en cuanto a Asuán en el alto Egipto y Estados Unidos (Springuel y Murphy, 1991; Mills *et al.*, 2000; Wagner *et al.*, 2008).

La acuicultura y el escape de jardines acuáticos, la pesca, la venta por internet y el comercio en viveros son los factores más importantes en la introducción y dispersión de esta especie en el mundo (Springuel y Murphy, 1991).

### Estatus (reportes como especie invasora en otros sitios)

Se considera que fue introducida en el área de la Bahía Chesapeake en los años 1880's (Aiken *et al.*, 1979). El primer registro en cuerpos de agua en Washington, DC, fue en 1942 (Couch y Nelson, 1985), y hacia el año 2002 había sido registrada en 45-48 de los 50 estados de los Estados Unidos y la porción sur de Canadá a Columbia Británica (Madsen y Welling, 2002; Wagner *et al.*, 2008).

## USOS Y COMERCIALIZACIÓN

### Historia de la comercialización

#### Ornamental

El uso más conocido de *Myriophyllum spicatum* es dentro del acuarismo o en jardines acuáticos debido al papel benéfico para los medios acuáticos (como planta oxigenadora) y por su alto valor estético (Gregory, 2003; Wagner *et al.*, 2008).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## POTENCIAL DE ESTABLECIMIENTO Y COLONIZACIÓN

### Potencial invasor

*Myriophyllum spicatum* es una maleza acuática invasora sumergida/emergente característica de regiones templadas. Es un problema particular debido a que puede invadir diversos ecosistemas acuáticos tanto lóticos como lénticos, donde impide el flujo del agua y causa alta variedad de problemas ambientales. Una vez que coloniza una nueva región se extiende rápidamente, principalmente por la fragmentación de su tallo (vegetativamente).

### Potencial de colonización

Una vez establecido en un nuevo lugar, su propagación es a través de fragmentos vegetativos o por semillas, aunque este último mecanismo sexual de formación de flores, frutos y semillas es de menor importancia (Sidorkewicz *et al.*, 2000).

## EVIDENCIAS DE IMPACTOS

### Impactos/beneficios socioeconómicos

*Myriophyllum spicatum*, se desarrolla perfectamente en diversos ecosistemas acuáticos, causa efectos perjudiciales, afecta infraestructuras en las hidroeléctricas disminuyendo la producción de energía, afecta negativamente la acuicultura, la pesca, la agricultura, la navegación, la recreación y el turismo, así como el mayor riesgo de inundaciones que están asociados a la vida humana (Couch y Nelson, 1985; Anderson, 1993; Murphy *et al.*, 1993; Steward, 1993; O'Hare *et al.*, 2007).

Eiswerth *et al.* (2000) indica que el límite inferior para el impacto de la invasión de *M. spicatum* en la cuenca alta del Lago Tahoe con un valor recreacional (California/Nevada) en dólares es de \$ 0.5 millones anuales.

Se ha tenido éxito en los Estados Unidos que predicen y modelan el riesgo de invasión de cuerpos de agua dulce por *M. spicatum*, con el fin de minimizar el impacto y la gestión de costos (Buhan y Padilla, 2000; Boylen *et al.*, 2006; MacPherson *et al.*, 2006).

### Impactos a la salud (humana, enfermedades, parásitos, etc.)

Algunos organismos patógenos, han sido capaces de desarrollarse con mayor rapidez cuando se manifiestan cambios substanciales en el ambiente acuático por el crecimiento desmedido de este tipo de especies de plantas acuáticas como *M. spicatum*, siendo los culícidos (Diptera, Culicidae) uno de los grupos más destacados. Estos dípteros poseen la capacidad de ser vectores que transmiten



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

enfermedades de importancia médica como la malaria, virus del Nilo, paludismo, entre otras (Alarcón-Elbal, 2013).

## Impactos ambientales y a la biodiversidad

*Myriophyllum spicatum* es una especie que tiene rápido crecimiento y alto potencial reproductivo tanto sexual como asexual. Sus propágulos pueden permanecer viables por más de un año los cuales son altamente adaptables a diferentes ecosistemas y condiciones ambientales (Couch y Nelson, 1985; Anderson, 1993; Murphy *et al.*, 1993; Steward, 1993), lo que le permite ser una especie agresiva.

Se desarrolla perfectamente en diversos ecosistemas acuáticos perturbados, tolerante a condiciones ambientales adversas, deteriora ecosistemas y hábitat acuáticos a través de la evapotranspiración y eutrofización al causar anoxia (disminución de oxígeno en el agua), modifica la hidrología del sistema acuático y el régimen de nutrientes, disminuye la biodiversidad acuática lo que ocasiona pérdida de especies nativas (Couch y Nelson, 1985; Anderson, 1993; Murphy *et al.*, 1993; Steward, 1993). Causa efectos letales en las comunidades de plantas acuáticas nativas (Boylen *et al.*, 1999).

*Myriophyllum spicatum* cubre extensas áreas en donde infesta por lo que otras especies nativas sumergidas son afectadas produciendo un efecto devastador (Madsen *et al.*, 1991), por lo menos en el corto a mediano plazo, por lo que es capaz de sombrear la zona superficial de los cuerpos de agua en donde existe otra especie invasora como *Potamogeton crispus*, disminuyendo con ello su invasividad (Aiken *et al.*, 1979).

Keast (1984) encontró que *M. spicatum* en los lagos de Ontario, Canadá, disminuyó la abundancia y diversidad de insectos acuáticos y de otros macroinvertebrados bénticos nativos.

Keast (1984) también encontró que había 3-4 veces más peces que se alimentaban en comunidades de plantas nativas que en camas de *M. spicatum*. La cubierta densa permite altas tasas de supervivencia de peces jóvenes, sin embargo, los peces piscívoros más grandes perdieron espacio de forrajeo y fueron menos eficientes para obtener su presa (Lillie y Budd, 1992).

Madsen *et al.* (1995) encontró que el crecimiento y el vigor de la pesquería de aguas cálidas se redujo debido a la densidad de la cubierta esta planta acuática.

*Myriophyllum spicatum* también tiene menos valor como fuente de alimento para las aves acuáticas que las plantas nativas que reemplaza (Aiken *et al.*, 1979).

Las grandes infestaciones de *M. spicatum* también alteran la hidrología de los cuerpos de agua e incluso crear condiciones de aguas eutrofizadas, que resulta en la disminución de los niveles de oxígeno disuelto y altera la temperatura y el pH del agua donde estas plantas se desarrollan. Además, afectan el ciclo de los nutrientes al absorber el fósforo de los sedimentos y liberarlos durante su muerte, lo que contribuye a la eutrofización de estanques y lagos. Las poblaciones de *Myriophyllum spicatum* y el agua estancada también crean hábitat para los parásitos que causan la proliferación de mosquitos (Pfungsten *et al.*, 2016).





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

Existe información relacionada con el efecto alelopático de *Myriophyllum spicatum* sobre bacterias y algas, donde los extractos de acetona que producen los brotes de *M. spicatum* tienen fuerte acción inhibitoria frente a diversas cianobacterias, cocoides y filamentosas; en menor cantidad hacia los clorofitos y diatomeas. Se han realizado bioensayos de aislamiento con un polifenol hidrolizable, tellimagrandin II, que resultó ser la principal sustancia inhibitoria. *Myriophyllum spicatum* también contiene grandes cantidades de este compuesto (1.5% de peso seco). Parte de la actividad inhibitoria se debe a la formación de complejos y la inactivación de enzimas extracelulares de algas (fosfatasa alcalina) de polifenoles hidrolizables de *M. spicatum* (Gross *et al.*, 1996; Nakai *et al.*, 2012).

## CONTROL Y MITIGACIÓN (TIPOS DE MEDIDAS O ESTRATEGIAS, COSTOS, ETC.)

### Medidas preventivas

Las invasiones de *Myriophyllum spicatum* parecen seguir un patrón estándar de rápido incremento seguido por la estabilización y reducción en muchos cuerpos de agua, invadidos por esta especie a lo largo del rango geográfico en donde ha sido introducida (Smith y Barko, 1996). Esto es en parte, al menos, del resultado del impacto que ha aumentado gradualmente con el tiempo por la acción de no tener enemigos naturales (Painter y McCabe, 1988).

Debido a la preocupación que se tiene por el crecimiento de la planta en los sitios que infesta, es recomendable usar varios métodos de control sean químicos, físicos o biológicos (Newman, 1999; Peltre *et al.*, 2002).

En Canadá y en otros lugares, se han considerado medidas cuarentenarias con campañas de información pública, así como la inspección de embarcaciones para tratar de minimizar el traslado del material vegetal a lugares no infestados como ríos y lagos.

En el noreste de los Estados Unidos y oeste de Canadá, que han sufrido gravemente la infestación de *M. spicatum* (Anderson, 1993), se hicieron intentos para poner en cuarentena las áreas contra la invasión por la maleza, mediante programas de educación pública, avisos de peligro se colocan en los puertos para tratar de minimizar el riesgo de introducción de propágulos en los sistemas acuáticos no infestados.

La cuarentena también se utiliza contra *M. spicatum* en Nueva Zelanda, junto con un protocolo de evaluación de riesgo de malezas (Champion y Clayton, 2001). Ha habido intentos sin éxito, de regular la venta de esta y otras especies invasoras cultivadas en viveros (Caton, 2005).

### Concientización pública

Es importante informar a las personas que practican el acuarismo y al público en general sobre los impactos que tiene *Myriophyllum spicatum* en diferentes rubros. Además, de que se deben elaborar programas de educación ambiental para evitar que en el caso de que ya no se desee tener a estas



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



PN  
UD  
Al servicio  
de las personas  
y las naciones

plantas en sus acuarios, no los arrojen a los cuerpos de agua. Lo anterior, puede ser por medio de campañas a través de la internet o con carteles informativos que den a conocer los efectos negativos de esta especie, así como para apoyar las acciones de detección y alerta temprana sobre posibles invasiones (Meacham, 2001).

### Control mecánico o físico

*Myriophyllum spicatum* exhibe un ejemplo clásico de una estrategia de tolerancia a la perturbación como muchas malezas sumergidas (Murphy, 1995). Posee una combinación de atributos fisiológicos, morfológicos y reproductivos que la hacen altamente resistente para las medidas de control basadas en el corte o la perturbación física de los individuos, debido a que se regeneran rápidamente (entre 30 a 120 días) (Collett *et al.*, 1981; Mikol, 1985)

A pesar del éxito limitado a largo plazo (Painter, 1988) un amplio rango de medidas de control mecánico continúa empleándose contra las especies invasoras con costos de US \$100.000 dólares o más al año (Boylen *et al.*, 1996; McNabb, 1998). Un informe reciente del impacto de la recolección de *M. spicatum* (como parte de un problema de malezas nativas en el lago de Ginebra, Suiza) fue proporcionado por Demierre y Perfetta (2002). Su extracción anual ha demostrado ser eficaz en los embalses, exponiendo la maleza en las zonas menos profundas a condiciones de congelación o con secadoras durante la temporada de fría (Pieterse y Murphy, 1993).

Los costos de control de *M. spicatum* en Canadá son citados por Anderson (1993) quien indica que han sido desde US \$ 125 dólares/ha hasta US \$ 26,000 dólares/ha.

### Control químico

Es muy sensible a una amplia variedad de herbicidas de uso en el agua, incluyendo las triazinas como el terbutryno y la simazina (Murphy, 1982), diquat y dichlobenil (MAFF, 1986) y el 2, 4-D (MEBC, 1980). Utilizando formulaciones de liberación controlada, Hall *et al.* (1984) encontraron que la concentración mínima necesaria de fluridon es de menos al 50% para controlar *M. spicatum*.

El fluridon se ha utilizado de vez en cuando (a pesar de los altos costos: \$ 800 a 1000 dólares en forma peletizada y de \$ 1000 a 2000 dólares en forma líquida) contra las poblaciones de *M. spicatum* en lagos de Michigan y Minnesota (Heilman *et al.*, 2003; Pedlow *et al.*, 2006; Valle *et al.*, 2006; Wagner *et al.*, 2008).

Getsinger *et al.* (1994) encontró que el metil-bensulfuron podría dar un control excelente sobre *M. spicatum*, debido a que en un período de 12 semanas de exposición eliminó a la planta al 95%.

El uso de triclopyr, fue un buen control ya que redujo más del 85% la biomasa de *Myriophyllum spicatum* con concentraciones variables en periodos de exposición de 18 a 72 horas (Netherland y Getsinger, 1992). Para el endothall, periodos de exposición de 12 a 48 horas redujeron más del 85%

de la biomasa de esta maleza (Netherland *et al.*, 1991), mientras que las tasas de aplicación baja de endothall combinado con 2, 4-D también demostró ser eficaz (Skogerboe y Getsinger, 2005).

En el pasado, el 2, 4-D fue el herbicida ampliamente preferido en muchas partes donde fue introducido, por ejemplo, Canadá, pero esos programas fueron abandonados en gran parte por motivos de peligro ambiental y los costos (Dearden, 1985), dejando al control biológico y al físico como las opciones principales. Sin embargo, los programas de control basado en el 2, 4-D aún se utilizan en los Estados Unidos (Bugbee y White, 2005).

Getsinger (2002) proporciona una revisión reciente de la eficiencia del triclopyr, el fluridon y el endothall como controles selectivos contra *M. spicatum* en los lagos del norte de los estados Unidos. Glomski *et al.* (2006) y Gray *et al.* (2007) proporcionan evidencia de que el etil-carfentrazona, solo o en combinación con 2, 4-D puede ser un herbicida efectivo para el tratamiento contra *M. spicatum*.

Con relación a costos, Steward (1993) da una cifra de US \$252-417/ha para el control químico de *M. spicatum* en Carolina del Sur, Estados Unidos.

Sin embargo, es importante considerar que algunos de los efectos negativos en los ecosistemas acuáticos, debido al uso de estos herbicidas que son muy tóxicos, es que provocan a largo plazo la muerte de organismos acuáticos (Syngenta, 2014).

## Control biológico

El control biológico de *M. spicatum* ha sido importante, por lo que se han llevado a cabo programas de control con diversas especies de organismos y que a continuación se indican.

**Insectos**, son agentes de biocontrol de *M. spicatum* y su uso se ha llevado a cabo en diversos países como alimento incluyendo a *Bagous geniculatus* y *Bagous vicinus* que se alimentan del tallo, particularmente en Pakistán (Habib *et al.*, 1969) pero resultaron no ser eficaces.

Otros insectos, como el curculionido *Eubrychiopsis lecontei* en Sudáfrica (Weyl y Coetzee, 2014), el pirálido *Acentria ephemerella* y el quironómido *Cricotopus myriophylli* en Norteamérica, están entre los más investigados como biocontroladores de *M. spicatum*, debido a que se alimentan de los tallos, razón por la que son insectos prometedores para el control de *M. spicatum* (Newman y Maher, 1995; Johnson *et al.*, 2000; Johnson y Blossey, 2002; Roley y Newman, 2006).

En experimentos llevados a cabo en estanques al aire libre en Vermont, dieron efectos significativos de las larvas de la polilla *Acentria nivea* y el gorgojo *Eubrychiopsis lecontei* creciendo activamente sobre tallos en *M. spicatum* (Creed y Sheldon, 1994). Julien (1992) hizo registros sobre los intentos hechos para transferir escarabajos de *Phytobius [Litodactylus] leucogaster* de California a Florida para el control de *M. spicatum*, pero su establecimiento no fue confirmado. Otros organismos importantes son *Rhopalosiphum nymphaeae* que son insectos herbívoros sobre *M. spicatum*.

Jester *et al.* (2000), indican que para el control efectivo de *M. aquaticum*, es necesario una densidad de un escarabajo o gorgojo para combatir dos tallos de la planta.

**Mamíferos**, el castor herbívoro (*Myocastor coypus*), aunque es una especie invasora y causa impactos negativos en los ecosistemas acuáticos donde está presente, tales como en los estados de Tamaulipas y Chihuahua (México), en Norteamérica e Italia, es considerado a ser uno de los más indicados para reducir la abundancia de esta especie debido a que es su alimento preferido (Prigioni *et al.*, 2005; Mifsut y Martínez, 2007).

**Peces**, la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) aunque es una especie invasora, ha tenido resultados exitosos contra *M. spicatum* (Adamec y Husak, 2002), sin embargo, la planta tiende a ser de baja preferencia en la alimentación de la carpa herbívora (Pine y Anderson, 1991), aunque también la carpa común (*Cyprinus carpio*) igualmente una especie exótica, ha sido la menos exigente en su alimentación. Steward (1993) da una cifra de US \$254/ha para su control mediante el uso de la carpa herbívora.

**Hongos**, especies de hongos patógenos que han tenido más éxito sobre *M. spicatum* son *Mycleptodiscus terrestris* (Verma y Charudattan, 1993), especialmente integrado con tratamientos de 2, 4-D (Nelson y Shearer, 2005), aunque *Colletotrichum gloeosporioides* también ha logrado resultados prometedores.

La integración de micoherbicidas y químicos como el endothal han demostrado ser exitosos en ensayos a pequeña escala (Sorsa *et al.*, 1988).

Otras especies patógenas importantes que pueden ser empleadas para el control de *M. spicatum* son: *Acremonium curvulum*, *Fusarium* sp., *Glomerella cingulata* y *Micoleptodiscus terrestris*, actuando particularmente sobre el tallo.

## NORMATIVIDAD (INTERNACIONAL O NACIONAL EN CASO DE HABERLAS)

*Myriophyllum spicatum* está catalogada como una maleza que debe ser declarada prohibida en todo el mundo. Es una maleza declarada obligatoriamente como prohibida en muchos estados y provincias de los Estados Unidos (21 estados), Canadá y Sudáfrica (Anderson, 1993; Wagner *et al.*, 2008; Weyl y Coetzee, 2014).

Varias Agencias de Gobierno en los Estados Unidos, Canadá y Nueva Zelanda han elaborado planes de gestión detallados para hacer frente al impacto de *M. spicatum* (Parsons *et al.*, 2003).

En México no existe normatividad debido a que la especie no está presente.



## ANÁLISIS DE RIESGO

Familia: Haloragaceae Resultado: Especie de Alto Riesgo

Nombre científico: *Myriophyllum spicatum* L.

Nombre común: “Ähriges Tausendblatt” (Alemania); Nombre: Jaime Raúl Bonilla Barbosa  
“eurasian watermilfoil”, “spiked watermilfoil” (Estados Unidos), “myriophylle a epis” (Francia), “aarvederkruid” (Holanda); “hozakinofusamo” (Japón).

### Historia y Biogeografía

1. Domesticación/Cultivo	A	1.1 Especie altamente domesticable? si la respuesta es no ir a la pregunta 2.1	SI
		No se conoce, pero considerando su capacidad reproductiva y adaptabilidad a los diferentes tipos de ecosistemas acuáticos y condiciones ambientales, si podría ser domesticable.	
	C	1.2 Se ha convertido en una especie naturalizada donde crece?	SI
		<i>Myriophyllum spicatum</i> es especie principalmente conocida de las regiones templadas del nuevo y viejo mundo, del Reino Unido y Canadá. Se ha registrado en por lo menos 57 países, principalmente en la región Paleártica.	
	C	1.3 En una maleza con variedades	SI
		Algunos autores reconocen a <i>Myriophyllum spicatum</i> var. <i>exalbescens</i> como un taxón independiente de <i>M. spicatum</i> , pero de acuerdo con Cook (1993) solamente existe la especie. Sin embargo, es importante a mi parecer hacer estudios morfológicos y moleculares para delimitar a este complejo.	
2. Clima y distribución		2.1 Especie adaptada al clima de México (0- bajo, 1- medio, 2- alto)	2
		No está presente en el país, pero no se descarta que pueda desarrollarse en condiciones de cultivo, debido a las condiciones de temperatura del agua que son adecuadas (Pfungsten <i>et al.</i> , 2016).	
		2.2 Calidad del clima en fecha de colecta (0- bajo, 1- medio, 2- alto)	0
		No se ha colectado en el país, por lo que se desconoce el tiempo climático.	
	C	2.3 Amplia adaptabilidad climática (versatilidad ambiental)	SI
		De acuerdo con la información emitida de su distribución, se puede desarrollar bajo condiciones climáticas tropicales y templadas.	



- C 2.4 Nativa o naturalizada en regiones con periodos de sequias largos NO

No aplica

- 2.5 La especie tiene un historial de introducción repetido fuera de su área de distribución natural? SI

La distribución geográfica a nivel mundial en el siguiente apartado indica solamente las poblaciones introducidas. Es una planta exótica invasora en países tropicales de Sudáfrica, además del neártico (Estados Unidos y Canadá). Moody (1989) indica que *M. spicatum* es una maleza en el arroz trasplantado en Bangladesh, India, Napompeth, Tailandia y Vietnam.

- C 3.1 Naturalizada más allá del rango nativo SI

*Myriophyllum spicatum* es especie principalmente conocida de las regiones templadas del nuevo y viejo mundo, del Reino Unido y Canadá. Se ha registrado en por lo menos 57 países, principalmente en la región Paleártica.

- E 3.2 Jardín/maleza de disturbio NO

No aplica

- A 3.3 Maleza de agricultura/hortalizas/forestal SI

Moody (1989) indica que *M. spicatum* es una maleza en el arroz trasplantado en Bangladesh, India, Napompeth, Tailandia y Vietnam.

### 3. Maleza de otro lugar

- E 3.4 Maleza ambiental SI

Esta maleza se presenta en una amplia variedad de cuerpos de agua como las lagunas, ríos, lagos, estanques, embalses naturales y artificiales, canales de irrigación, pantanos, entre otros (Aiken *et al.*, 1979; Grime, 1979; Springuel y Murphy, 1991; Bossard *et al.*, 2000; Clarke y Newman, 2002; Boylen *et al.*, 2006).

Prefiere aguas claras, dulces aunque puede tolerar ligeramente las salobres, alta luminosidad, baja salinidad, altos contenidos de calcio y nutrimentos. Raramente crece a más de tres metros de profundidad (Aiken *et al.*, 1979; Abernethy *et al.*, 1996; Bossard *et al.*, 2000; Clarke y Newman, 2002; Eriksson *et al.*, 2004; Boylen *et al.*, 2006; Selig *et al.*, 2007). Tolera ciertos niveles de parámetros ambientales tales como oxígeno disuelto (2-12 mg/l), salinidad (0.3 -05 ppm), pH

(6.5-9) y temperatura del agua de 0-30 °C.

Dependiendo de factores estacionales y la disponibilidad de nutrientes, *Myriophyllum spicatum*, se propaga rápidamente y persiste en todas las estaciones del año (Spencer y Bowes, 1993). Es un usuario no obligado del bicarbonato, sin embargo, aumenta su productividad en aguas con alto contenido de este compuesto (Van *et al.*, 1976).

Obtiene la mayoría de sus nutrientes (60-90% de fósforo) del sedimento a través de sus raíces (Wetzel, 1975; Nichols y Keeney, 1976), aunque factores tales como el desarrollo del perifiton en el follaje pueden influir en las rutas de absorción de nutrientes (Strand y Weisner, 2001).

Existen evidencias que el N o P de los sedimentos puede limitar el crecimiento dependiendo de las condiciones ambientales (Knud-Hansen, 2006; Spencer *et al.*, 2006).

Hay estudios que evidencian de que las poblaciones de *M. spicatum* pueden soportar muy altas concentraciones de metales pesados como el cobre, en donde las plantas sobrevivieron a concentraciones de 1040 mg/kg de Cu, 6660 de Mn y 57 de Co presentes en el tejido (Samecka-Cymerman y Kempers, 2004).

#### Biología y Ecología

A	4.1 Produce espinas, aguijones o nudos	NO
	No aplica	
C	4.2 Alelopática	SI

Existe información relacionada con el efecto alelopático de *Myriophyllum spicatum* sobre bacterias y algas, donde los extractos de acetona que producen los brotes de *M. spicatum* tienen fuerte acción inhibitor frente a diversas cianobacterias, cocoides y filamentosas; en menor cantidad hacia los clorofitos y diatomeas. Se han realizado bioensayos de aislamiento con un polifenol hidrolizable, tellimagrandin II, que resultó ser la principal sustancia inhibitora. *Myriophyllum spicatum* también contiene grandes cantidades de este compuesto (1.5% de peso seco). Parte de la actividad inhibitora se debe a la formación de complejos y la inactivación de enzimas extracelulares de algas (fosfatasa alcalina) de polifenoles hidrolizables de *M. spicatum* (Gross *et al.*, 1996).

C	4.3 Parásita	NO
	No aplica	
A	4.4 Desagradable para los animales de pastoreo	NO

#### 4. Rasgos indeseables



	No se conocen datos sobre este tema.	
C	4.5 Tóxico para los animales	NO
	No existe información al respecto.	
C	4.6 Huésped de plagas y patógenos reconocidos	NO
	No existe información al respecto.	
C	4.7 Causa alergias o tóxica para los humanos	NO
	No existe información al respecto. Sin embargo, se conoce que algunos organismos patógenos, han sido capaces de desarrollarse con mayor rapidez cuando se manifiestan cambios substanciales en el ambiente acuático por el crecimiento desmedido de <i>M. spicatum</i> , siendo los culícidos (Diptera, Culicidae) uno de los grupos más destacados. Estos dípteros poseen la capacidad de ser vectores que transmiten enfermedades de importancia médica como la malaria, virus del Nilo, paludismo, entre otras (Alarcón-Elbal, 2013).	
E	4.8 Crea un riesgo de incendio en los ecosistemas naturales	NO
	No aplica	
E	4.9 Es una planta tolerante a la sombra en alguna etapa de su ciclo de vida	NO
	No aplica	
E	4.10 Crece en suelos infértiles	NO
	Obtiene la mayoría de sus nutrimentos (60-90% de fósforo) del sedimento a través de sus raíces (Wetzel, 1975; Nichols y Keeney, 1976), aunque factores tales como el desarrollo del perifiton en el follaje pueden influir en las rutas de absorción de nutrientes (Strand y Weisner, 2001). Existen evidencias que el N o P de los sedimentos puede limitar el crecimiento dependiendo de las condiciones ambientales (Knud-Hansen, 2006; Spencer <i>et al.</i> , 2006).	
E	4.11 Es trepadora o asfixiante en su hábito de crecimiento	NO
	No aplica	
E	4.12 Forma densas matas	SI



Si lo hace de acuerdo con su mecanismo de propagación asexual, pero no se ha indicado en la literatura.

5. Tipo de planta	E	5.1 Acuática	SI
		Hidrófita enraizada sumergida (Wagner <i>et al.</i> , 2008).	
	C	5.2 Césped	NO
		No aplica	
	E	5.3 Planta leñosa que fija nitrógeno	NO
	No aplica		
	C	5.4 Geófito	NO
		No aplica	
6. Reproducción	C	6.1 Evidencia de fracaso reproductivo en el hábitat natural	NO
		No existe ningún fracaso, por lo que una vez establecido en un nuevo lugar, su propagación es a través de fragmentos vegetativos o por semillas, aunque este último mecanismo sexual de formación de flores, frutos y semillas es de menor importancia (Sidorkewicj <i>et al.</i> , 2000).	
	C	6.2 Produce semillas viables	SI
		No se conocen datos precisos en este tema.	
	C	6.3 Hibridiza naturalmente	NO
		<i>Myriophyllum spicatum</i> puede hibridarse con algunas especies nativas de Norteamérica particularmente en los Estados Unidos como <i>M. sibiricum</i> (Moody's y Les, 2003).	
	C	6.4 Auto-fecundación	NO
		No se conoce información al respecto.	
	C	6.5 Requiere polinizadores específicos	NO
		La polinización es llevada a cabo por el viento (Moody's y Les, 2003).	
	C	6.6 Reproducción por mecanismo vegetativo	SI
		Como muchos miembros de su familia depende	



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

7. Mecanismos de dispersión

	principalmente de la propagación vegetativa por medio de fragmentos de los tallos (Moody's y Les, 2003).	
C	6.7 Tiempo de fecundación mínimo (años)	NO
	No se conocen datos relacionados con el tema.	
A	7.1 Propágulos dispersados involuntariamente	NO
	No se conocen en esta especie.	
C	7.2 Propágulos dispersados intencionalmente por el ser humano	SI
	La acuicultura y el escape de jardines acuáticos, la pesca, la venta por internet y el comercio en viveros son los factores más importantes en la introducción y dispersión de esta especie en el mundo (Springuel y Murphy, 1991).	
A	7.3 Propágulos dispersados como un producto de la contaminación	NO
	No se tiene conocimiento en este sentido.	
C	7.4 Propágulos dispersados por el viento	NO
	No se tiene conocimiento que sea este mecanismo el adecuado para su dispersión.	
E	7.5 Propágulos dispersados por medios acuáticos	SI
	La expansión de las plantas de <i>Myriophyllum spicatum</i> es naturalmente mediante el movimiento de las aguas que llevan plantas completas o fragmentos de ellas como el tallo, a nuevos sitios tales como las aguas salobres (lagunas) y aguas dulces (canales de irrigación, lagos, estanques, reservorios y ríos).	
E	7.6 Propágulos dispersados por las aves	SI
	La expansión de las plantas de <i>Myriophyllum spicatum</i> a través de vectores naturales, especialmente de aves acuáticas, ya sea a través del tracto digestivo o plumaje, es siempre un medio posible de dispersión.	
C	7.7 Propágulos dispersados por otros animales (externamente)	SI
	No se conoce en este sentido.	
C	7.8 Propágulos dispersados por otros animales (internamente)	NO



No se conoce en este sentido.

8. Persistencia

C 8.1 Producción prolífica de semillas SI

No se conoce sobre este tema.

A 8.2 Evidencia de que se forma un banco persistente de propágulos (> 1 año) SI

No se conoce al respecto.

A 8.3 Bien controlada por herbicidas SI

Muy sensible a una amplia variedad de herbicidas de uso en el agua, incluyendo las triazinas como el terbutryno y la simazina (Murphy, 1982), diquat y dichlobenil (MAFF, 1986) y el 2, 4-D (MEBC, 1980), el fluridon (Hall *et al.*, 1984), el metil-bensulfuron (Getsinger *et al.*, 1994), el triclopyr, (Netherland y Getsinger, 1992), el endothall, (Netherland *et al.*, 1991), el endothall combinado con 2, 4-D (Skogerboe y Getsinger, 2005), el 2, 4-D (Bugbee y White, 2005).

C 8.4 Tolera o se beneficia por mutilación, cultivo o fuego NO

No aplica

E 8.5 Enemigos naturales eficaces presentes en México SI

No está presente en el país, por lo que tampoco se conocen enemigos naturales.

NOTA: A= Agricultura, E= Ambiental, C= Combinado



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## LITERATURA CITADA

- Abernethy, V. J., Sabbatini, M. R. & Murphy, K. J.** 1996. Response of *Elodea canadensis* Michx., and *Myriophyllum spicatum* L. to shade, cutting and competition in experimental culture. *Hydrobiologia*. 340(1-3): 219-224.
- Adamec, L. & Husák, S.** 2002. Control of eurasian watermilfoil in NNR Brehynský fishpond near Doksy, Czech Republic. *Journal of Aquatic Plant Management*. 40: 45-46.
- Aiken, S. G., Newroth, P. R. & Wile, I.** 1979. The biology of Canadian weeds. 34. *Myriophyllum spicatum* L. Canadian. *Plant Science*. 59(1): 201-215.
- Akpavi, S., Batawila, K., Djaneye-Boundjou, G., Afidégnon, D., Foucault, B. de., Akpagana, K. & Bouchet, P.** 2005. Contribution to the knowledge of the ecology of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laub. (Pontederiaceae) and *Pistia stratiotes* L. (Araceae) in the east maritime region of Togo. *Acta Botanica Gallica*. 152(3): 269-280.
- Alarcón-Elbal, P. M.** 2013. Plantas invasoras acuáticas y culicidos: un binomio peligroso. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Sección Biológica 107. Disponible en <http://rshn.geo.ucm.es/cont/publis/boletines/179.pdf>.
- Ali, M. M. & Soltan, M. A.** 2006. Expansion of *Myriophyllum spicatum* (eurasian water milfoil) into Lake Nasser, Egypt: invasive capacity and habitat stability. *Aquatic Botany*. 84(3): 239-244.
- Anderson, L. W. J.** 1993. Aquatic weed problems and management in the western United States and Canada. Ch. 19a. *In: Pieterse, A. H. & Murphy, K. J.* (Eds.). *Aquatic Weeds*. Oxford, UK: Oxford Scientific Press. pp. 371-391.
- Bate, A. L., Matthews, L. J. & Petr, T. O.** 1984. Aquatic weed problems-Republic of Turkey. *Abstracts, 24th annual meeting Aquatic Plant Management Society*. 1. July 15-18. 1984, Richmond, Virginia, USA.
- Bossard, C. C., Randall, J. M. & Hoshovsky, M. C.** 2000. *Invasive plants of California's wildlands*. Berkeley: University of California Press. 360 p.
- Boylen, C. W., Eichler, L. W., Bartkowski, J. S. & Shaver, S. M.** 2006. Use of Geographic Information Systems to monitor and predict non-native aquatic plant dispersal through north-eastern North America. *Hydrobiologia*. 570: 243-248.
- Boylen, C. W., Eichler, L. W. & Madsen, J. D.** 1999. Loss of native aquatic plant species in a community dominated by Eurasian watermilfoil. *Hydrobiologia*. 563: 207-211.
- Boylen, C. W., Eichler L. W. & Sutherland, J. W.** 1996. Physical control of Eurasian watermilfoil in an oligotrophic lake. *Hydrobiologia*. 560: 213-218.
- Buhan, L. A. J. & Padilla, D. K.** 2000. Predicting the likelihood of eurasian watermilfoil presence in lakes, a macrophyte monitoring tool. *Ecological Applications*. 10: 1442-1455.
- Bugbee, G. J. & White, J. C.** 2005. Control of *Cabomba*, eurasian milfoil and water lily in Lake Quonnipaug with herbicides and hydroraking 2002. Bulletin of Connecticut Agricultural Experiment Station, No.1002. 16 p.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Caton, B. P.** 2005. Availability in Florida nurseries of invasive plants on a voluntary “do not sell” list. USDA-APHIS. Raleigh, NC. 9 p.
- Caffrey, J. M.** 1982. Notes on hydrophytes in selected waters of Galway and Monaghan. *Irish Naturalists*. 20: 509-560.
- Catarino, L., Moreira, I., Ferreira, T. & Duarte, M. C.** 2001. Plantas acuáticas: infestantes de valas e canais. Lisboa, Portugal: ISA Press, Instituto Superior de Agronomía.
- Center for Invasive Species and Ecosystem Health & USDA.** 2010. Eurasian water-milfoil *Myriophyllum spicatum* L. Baton Rouge, USA: National Plant Data Center <http://www.invasive.org/browse/subinfo.cfm?sub=3055>.
- Chambers, P. A., Lacoul, P., Murphy, K. J. & Thomaz, S. M.** 2008. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia*. 595: 9-26.
- Champion, P. D. & Clayton, J. S.** 2000. Border control for potential aquatic weeds. Stage 1. Weed risk model. Department of Conservation. Wellington, New Zealand. *Science for Conservation*. 184: 141.
- Champion, P. D. & Clayton, J. S.** 2001. Border control for potential aquatic weeds. Stage 2. Weed risk assessment. Department of Conservation. Wellington, New Zealand. *Science for Conservation*. 185: 30.
- Chen, Z. Y., Lei, Z. X., Zhou, J., Wen, F. C. & Chen, J. K.** 2000. Monthly quantitative and biomass dynamics of six submerged macrophyte populations in Liangzi Lake. *Acta Hydrobiologica Sinica*. 24(6): 582-588.
- Chikwenhere, G. P.** 1998. History of water hyacinth and its control on Lake Chivero in Zimbabwe. In: Zimmerman, H. G. (Ed.). *First Global Working Group Meeting for the Biological and Integrated Control of Water Hyacinth, IOBC International Organization For Biological Control*, St. Lucia Park Hotel, Harare, Zimbabwe, 16-19 November 1998.
- Clarke, S. & Newman, J. R.** 2002. Assessment of alien invasive aquatic weeds in the UK. In: *13th Australian Weeds Conference: weeds "threats now and forever"*. Sheraton Perth Hotel, Perth, Western Australia, 8-13 September 2002: papers and proceedings. Victoria Park, Australia: Plant Protection Society of Western Australia Inc. pp. 142-145.
- Collett, L. C., Collina, A. J., Gibbs, P. J. & West, R. J.** 1981. Shallow dredging as a strategy for the control of sublittoral macrophytes: a case study in the Tuggerah Lakes. New South Wales. *Australian Marine and Freshwater Research*. 32: 563-572.
- Cook, C. D. K.** 1990. Aquatic Plant Book. The Hague, The Netherlands: SPB Academic. 228 p.
- Cook C. D. K.** 1993. Origin, autecology and spread of some of the world's most troublesome aquatic weeds. Ch. 3. In: **Pieterse, A. H. & Murphy, K. J.** (Eds.). *Aquatic Weeds*. Oxford Scientific Press. Oxford, UK. pp. 31-38.
- Couch, R. W. & Nelson, E. N.** 1985. *Myriophyllum spicatum* in North America. In: **Anderson, L. W. J.** (ed.). *Proc. 1st Int. Symposium on watermilfoil and related Haloragaceae species. Aquatic Plant Management Society*. Vicksburg. pp. 8-18.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Couch, R. W. & Nelson, E. N.** 1990. The exotic *Myriophyllum* of North America. In: *Proceedings of the 8th international symposium on aquatic weeds*, Uppsala, Sweden, 13-17 August 1990. pp. 83-84.
- Creed, R. P. Jr. & Sheldon, S. P.** 1994. The effect of two herbivorous insect larvae on Eurasian watermilfoil. *Journal of Aquatic Plant Management*. 32: 21-26.
- Dearden, P.** 1985. Technological hazards and 'upstream' hazard management strategies: the use of the herbicide 2,4-D to control Eurasian water milfoil in the Okanagan Valley, British Columbia, Canada. *Applied Geography*. 5(3): 229-242.
- Debeljak, L., Fasaic, K., Adámek, Z. & Odak, T.** 2002. Relations between the development of submersed macrophytes and carp production in fish ponds. *Bulletin VÚRH Vodnany*. 38(4): 175-180.
- Demierre, A. & Perfetta, J.** 2002. Macrophyte harvesting management in Lake Geneva (Switzerland). In: *Proc. 11th Envs (Euro. Weed Res. Soc.) Intl. Symp. Aquatic Weeds, Moliets et Maa*, France. pp. 345-347.
- Dutartre, A.** 1986. Dispersal of aquatic vascular plants. Bibliographic review, examples of some weeds of aquatic environments in coastal areas of Aquitaine. In: *Comptes Rendus de la 13e Conference du COLUMA*. 1: 255-264.
- Eichler, L. W., Howe, E. A. & Boylen, C. W.** 2001. The use of stream delta surveillance as a tool for early detection of Eurasian watermilfoil. *Journal of Aquatic Plant Management*. 39: 79-82.
- Eiswerth, M. E., Donaldson, S. G. & Johnson, W. S.** 2000. Potential environmental impacts and economic damages of eurasian watermilfoil (*Myriophyllum spicatum*) in western Nevada and northeastern California. *Weed Technology*. 14(3): 511-518.
- Eriksson, B. K., Sandström, A., Isæus, M., Schreiber, H. & Karas, P.** 2004. Effects of boating activities on aquatic vegetation in the Stockholm archipelago. Baltic Sea. Estuarine. *Coastal and Shelf Science*. 61(2): 339-349.
- Faegri, K.** 1982. The *Myriophyllum spicatum* group in North Europe. *Taxon*. 31: 467-471.
- Feldmann, T. & Nöges, P.** 2007. Factors controlling macrophyte distribution in large shallow Lake Vörtsjärv. *Aquatic Botany*. 87(1): 15-21.
- Filizadeh, Y.** 2002. Noxious paddy and aquatic weeds of Iran. In: *Proc. 11th Envs (Euro. Weed Res. Soc.) Intl. Symp. Aquatic Weeds, Moliets et Maa*, France. pp. 281-282.
- Findlay, S., Wigand, C. & Nieder, W. C.** 2006. Submersed macrophyte, distribution and function in the tidal freshwater Hudson River. In: *The Hudson River Estuary*. Cambridge University Press. Cambridge, UK. pp. 230-241.
- Fitter, A.** 1978. An atlas of the wild flowers of Britain and Northern Europe. London, UK: Collins.
- Furnier, G. R. & Mustaphi, M. M.** 1992. Isozyme variation in Minnesota populations of Eurasian watermilfoil. *Aquatic Botany*. 43(3): 305-309.
- Gerber, D. T. & Les, D. H.** 1994. Comparison of leaf morphology among submersed species of *Myriophyllum* (Haloragaceae) from different habitats and geographical distributions. *American Botany*. 81(8): 973-979.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Getsinger, K. D.** 2002. Selective control of Eurasian water milfoil in northern lakes. *The Michigan Riparian*. 37: 16-18.
- Getsinger, K. D., Dick, G. O., Crouch, R. M. & Nelson, L. S.** 1994. Mesocosm evaluation of bensulfuron methyl activity on eurasian watermilfoil, vallisneria, and american pondweed. *Journal of Aquatic Plant Management*. 32: 1-6.
- Gichuki, J., Guebas, F. D., Mugo, J., Rabuor, C. O., Triest, L. & Dehairs, F.** 2001. Species inventory and the local uses of the plants and fishes of the Lower Sondu Miriu wetland of Lake Victoria, Kenya. *Hydrobiologia*. 458: 99-106.
- Glomski, L. A. M., Poovey, A. G. & Getsinger, K. D.** 2006. Effect of carfentrazone-ethyl on three aquatic macrophytes. *Journal of Aquatic Plant Management*. 44: 67-69.
- Gray, C. J., Madsen, J. D., Wersal, R. M. & Getsinger, K. D.** 2007. Eurasian watermilfoil and parrotfeather control using carfentrazone-ethyl. *Journal of Aquatic Plant Management*. 45: 43-46.
- Gregory, P.** 2003. Attack of the aliens (aquatic invasive plants). Watch out some plants are more than just another pretty face. *Aquatic Gardener*. 16(4): 29-34.
- Grime, J. P.** 1979. Plant strategies and vegetation processes. Chichester, UK: John Wiley.
- Gross, E. M., Meyer, H. & Schilling, G.** 1996. Release and ecological impact of algicidal hydrolysable polyphenols in *Myriophyllum spicatum*. *Phytochemistry*. 41(1): 133-138.
- Habib-ur-Rahman, Mushtaq, M., Baloch, G. M. & Ghani, M. A.** 1969. Preliminary observations on the biological control of watermilfoil (*Myriophyllum* spp.). Technical Bulletin CIBC, 11. Wallingford, UK: CAB International. pp. 165-171.
- Hall, J. F., Westerdahl, H. E. & Stewart, T. J.** 1984. Growth response of *Myriophyllum spicatum* and *Hydrilla verticillata* when exposed to continuous low concentrations of fluridone. Technical Report A-84-1, US Army Engineers Waterways Experimental Station. Vicksburg, MS. USA.
- Hartleb, C. F., Madsen, J. D. & Boylen, C. W.** 1993. Environmental factors affecting seed germination in *Myriophyllum spicatum* L. *Aquatic Botany*. 45(1): 15-25.
- Heilman, M. A., Netherland, M. D., Smith, C., Getsinger, K. D., Henderson, D., Moore, R. & Hausler, P.** 2003. Selective whole-lake management of the aquatic invasive *Myriophyllum spicatum* (Eurasian watermilfoil) with low dose treatment of fluridone herbicide: Houghton Lake, Michigan. In: *7th Int. Conf. Ecol. Manage of Alien Plant Invasions (EMAPI)*. Nov. 3-7. 2003. Ft. Lauderdale, FL. pp. 37-38.
- Henderson, L. & Cilliers, C. J.** 2002. Invasive Aquatic Plants. Plant Protection Research Institute, Pretoria, South Africa, Handbook. (16): 88.
- Herrick, B. M. & Wolf, A. T.** 2005. Invasive plant species in diked vs. undiked Great Lakes wetlands. *J. Great Lakes Res.* 31: 277-287.
- Hinojosa-Garro, D., Mason, C. F. & Underwood, G. J. C.** 2008. Macrophyte assemblages in ditches of coastal marshes in relation to land-use, salinity and water quality. Fundamental and Applied. *Limnology*. 172(4): 325-337.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Holm, L. G., Pancho, J. V., Herberger, J. P. & Plucknett, D. L.** 1991. A Geographical Atlas of World Weeds. New York, USA: John Wiley and Sons.
- Hulina, N.** 1990. Aquatic weeds in open canals in the upper Sava river valley (Croatia-Yugoslavia). *Proceedings of the 8th international symposium on aquatic weeds*. Uppsala, Sweden, 13-17 August 1990. pp. 123-129.
- Janauer, G. A.** 1999. Macrophytes of the River Danube: a diversity study of the Austrian stretch. *Archiv fur Hydrobiologie. Supplement*. 115(3): 399-412.
- Jester, L. L., Bozek, M. A., Helsel, D. R. & Sheldon, S. P.** 2000. *Eubrychiopsis lecontei* distribution, abundance, and experimental augmentations for the Eurasian watermilfoil control in Wisconsin lakes. *Journal of Aquatic Plant Management*. 38: 88-97.
- Jia, Y. C. & Zhang, F.** 2006. Species diversity of wetland vegetation in Sanggan River watershed, Shanxi. *Bulletin of Botanical Research*. 26(3): 364-369.
- Johnson, R. L. & Blossey, B.** 2002. Eurasian watermilfoil. In: Biological control of invasive plants in the Eastern United States. Morgantown, WV: U.S. Dept. Agr. *Forest Service*. 79-90.
- Johnson, R. L., Dusen, P. J. V., Toner, J. A. & Hairston, N. G.** 2000. Eurasian watermilfoil biomass associated with insect herbivores in New York. *Journal of Aquatic Plant Management*. 38: 82-88.
- Julien, M. H.** 1992. Biological control of Weeds: A world catalogue of Agents and their target Weeds. 3rd ed. Commonwealth Agriculture Bureaux, Wallingford, Oxon, U. K.
- Keast, A.** 1984. El macrófito acuático introducido, *Myriophyllum spicatum*, como hábitat para los peces y sus presas de macroinvertebrados. *J. Zool.* 62: 1289-1303.
- Knud-Hansen, C. F.** 2006. Empirical evidence of Eurasian watermilfoil suppression via ammonia-N limitation promoted by sediment oxidation through long-distance circulation. In: *Program, 46th Ann. Meeting, Aquatic Plant Management Society*, July 16-19, Portland. 34.
- Kozhova, O. M. & Izhboldina, L. A.** 1993. Spread of *Elodea canadensis* in Lake Baikal. *Hydrobiologia*. 259(3): 203-211.
- Lavoie, C., Jean, M., Delisle, F. & Létourneau, G.** 2003. Exotic plant species of the St Lawrence River wetlands: a spatial and historical analysis. *Journal of Biogeography*, 30(4): 537-549.
- Li, C., Zhou, K. S. & Jiang, L. H.** 2008. Species diversity and structure of main plant communities in Lalu wetland. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*. 28(12): 2514-2520.
- Li, Z. Y. & Hsieh, C. F.** 1996. New materials of the genus *Myriophyllum* L. (Haloragaceae) in Taiwan. *Taiwania*. 41(4): 322-328.
- Lillie, R. A. & Budd, J.** 1992. Arquitectura del hábitat de *Myriophyllum spicatum* L. como un índice de la calidad del hábitat para los peces y macroinvertebrados. *Diario de Ecología de Agua Dulce* 7(2): 113-125.
- Lorenzi, H. J. & Jeffery, L. S.** 1987. Weeds of the United States and their control. Van Nostrand Reinhold Co. New York. 355 p.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Lui, G. C.** 1994. Observation on hydrophilic fibrovascular plants living under ice of Baiyinhua reservoir. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*. 9(1): 121-125.
- MacPherson, A. J., Moore, R. & Provencher, B.** 2006. A dynamic principal-agent model of human-mediated aquatic species invasions. *Agricultural and Resource Economics Review*. 35(1): 144-154.
- Madsen, J. D.** 2005. Assessment of Lake Gaston *Hydrilla* management efforts in 2005: a final report to the Lake Gaston Weed Control Council. Assessment of Lake Gaston hydrilla management efforts in 2005: a final report to the Lake Gaston Weed Control Council. Mississippi State, MS: Georesources Inst. Report 5001. 19 p.
- Madsen, J. D. & Getsinger, K. D.** 2005. Selective control of invasive submersed aquatic plants. *In: Invasive Plants: Arming to Defend and Win, Southeast Exotic Pest Plant Council's Seventh Ann. Conf.*, Birmingham, Alabama. pp. 34-35.
- Madsen, J. D., Sutherland, J. W., Bloomfield, J. A., Eichler, L. W. & Boylen, C. W.** 1991. The decline of native vegetation under dense eurasian watermilfoil canopies. *Journal of Aquatic Plant Management*. 29: 94-99.
- Madsen, J. D. & Welling, C. H.** 2002. Eurasian watermilfoil (*Myriophyllum spicatum* L.). *Lakeline*. 22: 29-30.
- Madsen, J. D., van Dick, R. M. & Honnell, D. R.** 1995. La influencia de una planta acuático exótica sumergida, *Myriophyllum spicatum*, la calidad del agua, la vegetación y las poblaciones de peces de Kirk Pond, Oregón. Actas: 29<sup>a</sup> Reunión Anual, Programa de Investigación de Control de Plantas Acuáticas. US Army Corps of Engineers Station Experimental.
- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Publications (MAFF).** 1986. Guidelines for the use of herbicides on weeds in or near watercourses and lakes. London, UK: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Publications. Booklet 2078.
- Martinez-Taberner, A. & Moyà, G.** 1993. Submerged vascular plants and water chemistry in the coastal marsh Albufera de Mallorca (Balearic Islands). *Hydrobiologia*. 271(3): 129-139.
- McNabb, T.** 1998. Use of mechanical control for aquatic plant management. *In: Proc. Eighth Intern. Zebra Mussel and Aquat. Nuisance Species Conf.*, March 16-19, 1998, California Sea Grant Coll. System, CA. pp. 39.
- Ministry of Environment, British Columbia (MEBC).** 1980. Studies on aquatic macrophytes. 19. *Eurasian watermilfoil* treatments with 2,4-D in the Okanagan valley, 1977-1978. Vol. 3. Herbicide application effects on Eurasian watermilfoil. Victoria, Canada: Ministry of Environment, British Columbia.
- Meacham, P.** 2001. Washington State aquatic nuisance species management plan. Washington Department of Fish and Wildlife for the Washington Aquatic Nuisance Species Coordinating Committee. WDFW 517.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Mifsut, M. J. I. & Martínez, J. M.** 2007. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México. IMTA-CONABIO-GECI-AridAmérica-The Nature Conservancy. México. 73 p.
- Mikol, G. F.** 1985. Effects of harvesting on aquatic vegetation and juvenile fish populations at Saratoga Lake, New York. *Journal of Aquatic Plant Management*. 23: 59-63.
- Mills, E. L., Chrisman, J. R. & Holeck, K. T.** 2000. The role of canals in the spread of nonindigenous species in North America. *In: Nonindigenous freshwater organisms: vectors, biology, and impacts*. Boca Raton, FL: Lewis Publ. pp. 347-379.
- Moody, K.** 1989. Weeds reported in rice in South and Southeast Asia. International Rice Research Institute. Los Baños, Laguna, Philippines. 551 p.
- Moody, M. L. & Les, D. H.** 2003. Hybrid watermilfoil (*Myriophyllum spicatum* X *M. sibiricum*, Haloragaceae) distribution and population structure in Minnesota and Wisconsin. In: Aquatic Plant Management Society, 43rd Annual Meeting Program. Portland, Maine. 23 p.
- Murphy, K. J.** 1995. Aquatic Weeds. *In: Nierenberg, W. A.* (Ed.). Encyclopedia of Environmental Biology. Academic Press. San Diego, USA. 1: 71-80.
- Murphy, K. J., Robson, T. O., Arsenovic, M. & Van der-Zweerde, W.** 1993. Aquatic weed problems and management in Europe. Chapter 15. *In: Pieterse, A. H. & Murphy, K. J.* (Eds.). Aquatic Weeds. Oxford Scientific Press. Oxford, UK. pp. 295-317.
- Nakai, S., Zou, G., Okuda, T., Nishijima, W., Hosomi, M. & Okada, M.** 2012. Los polifenoles y ácidos grasos responsables de los efectos alelopáticos anti-cianobacterias de macrófitos sumergidos *Myriophyllum spicatum*. *Ciencia y Tecnología del Agua*. 66(5): 993-999.
- Napompeth, B. & Bahía-Petersen, J.** 1994. Biological control of paddy and aquatic weeds in Thailand. In: Integrated management of paddy and aquatic weeds in Asia. *Proceedings of an international seminar*. Tsukuba, Japan, 1992. FFTC book series. 45: 122-127.
- Nelson, L. S. & Shearer, J. F.** 2005. 2,4-D and *Mycoleptodiscus terrestris* for control of Eurasian watermilfoil. *Journal of Aquatic Plant Management*. 43: 29-34.
- Netherland, M. D. & Getsinger, K. D.** 1992. Efficacy of triclopyr on Eurasian watermilfoil: concentration and exposure time effects. *Journal of Aquatic Plant Management*. 30: 1-5.
- Netherland, M. D., Green, W. R. & Getsinger, K. D.** 1991. Endothal concentration and exposure time relationships for the control of Eurasian watermilfoil and hydrilla. *Journal of Aquatic Plant Management*. 29: 61-67.
- Newman, J.** 1999. Spiked water milfoil. Spiked water milfoil. Berkshire, UK: Centre for Aquatic Plant Manage. 2 p.
- Newman, R. M. & Maher, L. M.** 1995. New records and distribution of aquatic insect herbivores of watermilfoils (Haloragaceae: *Myriophyllum* spp.) in Minnesota. *Entomological News*. 106(1): 6-12.
- Nichols, D. S. & Keeney, D. R.** 1976. Nitrogen nutrition of *Myriophyllum spicatum*: uptake and translocation of <sup>15</sup>N by shoots and roots. *Freshwater Biology*. 6(2): 145-154.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Nichols, S. A. & Lathrop, R. C. 1994. Impact of harvesting on aquatic plant communities in Lake Wingra, Wisconsin. *Journal of Aquatic Plant Management*. 32: 33-36.
- O'Hare, M. T., Hutchinson, K. A. & Clarke, R. T. 2007. The drag and reconfiguration experienced by five macrophytes from a lowland river. *Aquatic Botany*. 86(3):253-259.
- Orchard, A. E. 1981. A revision of South American *Myriophyllum* (Haloragaceae) and its repercussions on some Australian and North American species. *Brunonia*. 4: 27-65.
- Owens, C. S. Madsen, J. D., Smart, R. M. & Stewart, R. M. 2001. Dispersal of native and nonnative aquatic plant species in the San Marcos River, Texas. *Journal of Aquatic Plant Management*. 39: 75-79.
- Painter, D. S. 1988. Long-term effects of mechanical harvesting on eurasian watermilfoil. *Journal of Aquatic Plant Management*. 26: 25-29.
- Painter, D. S. & McCabe, K. J. 1988. Investigation into the disappearance of Eurasian watermilfoil from the Kawartha lakes. *Journal of Aquatic Plant Management*. 26: 3-12.
- Parsons, J., Fullerton, A. & Marx, G. 2002. Assistance program 2002 activity report. Olympia, Washington: Washington State Department Ecology, Environmental Assessment Program. 35 p.
- Pedlow, C. L., Dibble, E. D. & Getsinger, K. D. 2006. Littoral habitat heterogeneity and shifts in plant composition relative to a fall whole-lake fluridone application in Perch lake, Michigan. *Journal of Aquatic Plant Management*. 44: 26-31.
- Peltre, M. C., Dutartre, A., Barbe, J., Haury, J. & Tremolieres, M. 2002. Aquatic plant proliferations in France: biological and ecological features of the main species and favourable environments. Impact on ecosystems and interest for plant management. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*. 366: 259-280.
- Peltre, M. C. & Muller, S. 2002. Distribution of spreading aquatic plants on the French hydrographic system in 2000. *In: Proc. 11th EWRS (Euro. Weed Res. Soc.) Intl. Symp. Aquatic Weeds*, Sept. 2-6, Moliets et Maa, France. 427-430.
- Pfingsten, I A, Berent, L., Jacono, C. C. & Richerson, M. M. 2016, *Myriophyllum spicatum* L., Glansis, <https://nas.er.usgs.gov/queries/greatlakes/FactSheet.aspx?SpeciesID=237>.
- Phillips, G. S. 2001. History and development of the eurasian watermilfoil program in Iowa. *J. Iowa Academy Science*. 108: 175-179.
- Piccoli, F. & Gerdol, R. 1983. Correlation between macrophyte vegetation and some water properties in the irrigation system of the lower river Po plain. *Giornale Botanico Italiano*. 117(5-6): 261-270.
- Pieterse, A. H. & Murphy, K. J. 1993. Aquatic weeds. Oxford University Press. Oxford, UK.
- Pinder, J. E., Hinton, T. G. & Whicker, F. W. 2005. Foliar uptake of cesium from the water column by aquatic macrophytes. *Environmental Radioactivity*. 85(1): 23-47.
- Pine, R. T. & Anderson, L. W. J. 1991. Effect of triploid grass carp on submersed aquatic plants in northern California ponds. *California Fish and Game*. 77(1): 24-35.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Prigioni, C., Balestrieri, A. & Remonti, L.** 2005. Food habits of the coypu, *Myocastor coypus*, and its impact on aquatic vegetation in a freshwater habitat of NW Italy. *Folia Zoologica*. 54(3): 269-277.
- Roley, S. S. & Newman, R. M.** 2006. Developmental performance of the milfoil weevil, *Eubrychiopsis lecontei* (Coleoptera: Curculionidae), on northern watermilfoil, eurasian watermilfoil, and hybrid (northern × Eurasian) watermilfoil. *Environmental Entomology*. 35(1): 121-126.
- Ruggiero, A., Solimini, A. G. & Carchini, G.** 2004. Limnological aspects of an Apennine shallow lake. *Annales de Limnologie*. 40 (2): 89-99
- Samecka-Cymerman, A. & Kempers, A. J.** 2004. Toxic metals in aquatic plants surviving in surface water polluted by copper mining industry. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 59(1): 64-69.
- Santha, C. R., Martyn, R. D., Neill, W. H. & Strawn, K.** 1994. Control of submersed weeds by grass carp in waterlily production ponds. *Journal of Aquatic Plant Management*. 32: 29-33.
- Selig, U., Schubert, M., Eggert, A., Steinhardt, T., Sagert, S. & Schubert, H.** 2007. The influence of sediments on soft bottom vegetation in inner coastal waters of Mecklenburg-Vorpommern (Germany). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 71(1-2): 241-249.
- Sidorkewicz, N. S., Sabbatini, M. R. & Irigoyen, J. H.** 2000. The spread of *Myriophyllum elatinoides* Gaudich. and *M. aquaticum* (Vell.) Verd. from stem fragments. In: *Abstracts, Third Intern. Weed Sci. Congress*, Foz Do Iguassu, Brazil, June 6-11. pp. 224-225.
- Sinkeviciene, Z.** 1998. New data on *Zannichellia palustris* L. and its communities in Lithuania. (Nauji duomenys apie *Zannichellia palustris* L. ir jos bendrijas Lietuvoje.). *Botanica Lithuanica*. 4(3): 335-340.
- Skogerboe, J. G. & Getsinger, K. D.** 2005. Selective control of Eurasian watermilfoil and curlyleaf pondweed using low application rates of endothall combined with 2,4-D. In: Program, 45th Ann. Meeting. *Aquatic Plant Management Society*. July 10-13. San Antonio, Texas. 31 p.
- Smith, C. S. & Barko, J. W.** 1996. Evaluation of a *Myriophyllum spicatum* decline in reservoirs of the Tennessee and Cumberland Rivers. Vicksburg, MS: Aquatic Plant Control Res. Progr. US Army Corps Engr., Waterways Exper. Station. 18 p.
- Song, L. R., Chen, W., Peng, L. A., Wan, N., Gan, N. Q. & Zhang, X. M.** 2007. Distribution and bioaccumulation of microcystins in water columns: a systematic investigation into the environmental fate and the risks associated with microcystins in Meiliang Bay, Lake Taihu. *Water Research* (Oxford). 41(13): 2853-2864.
- Sorsa, K. K., Nordheim, E. V. & Andrews, J. H.** 1988. Integrated control of eurasian water milfoil, *Myriophyllum spicatum*, by a fungal pathogen and a herbicide. *Journal of Aquatic Plant Management*. 26: 12-17.
- Spencer, W. & Bowes, G.** 1993. Ecophysiology of the world's most troublesome aquatic weeds. Chapter 4. In: **Pieterse, A. H. & Murphy, K. J.** (Eds.). *Aquatic Weeds*. Oxford, UK: Oxford Scientific Press. pp. 39-73.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO

COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Spencer, D. F., Ksander, G. & Blank, B.** 2006. Evidence for phosphorus limited growth of eurasian watermilfoil in the Truckee River (California). *In: Program, 46th Ann. Meeting. Aquatic Plant Management Society*. July 16-19, Portland. 44 p.
- Springuel, I. & Murphy, K. J.** 1991. Euhydrophyte communities of the River Nile and its impoundments in Egyptian Nubia. *Hydrobiologia*. 218: 35-47.
- Standifer, N. E. & Madsen, J. D.** 1997. The effect of drying period on the germination of eurasian watermilfoil seeds. *Journal of Aquatic Plant Management*. 35: 35-36.
- Stankovic, Z., Pajevic, S., Vuckovic, M. & Stojanovic, S.** 2000. Concentrations of trace metals in dominant aquatic plants of the Lake Provala (Vojvodina, Yugoslavia). *Biologia Plantarum*. 43(4): 583-585.
- Steward, K. K.** 1993. Aquatic weed problems and management in the eastern United States. *In: Pieterse, A. H. & Murphy, K. J.* (Eds.). *Aquatic Weeds*. Oxford Scientific Press. Oxford, UK. pp. 391-405.
- Strand, J. A. & Weisner, S. E. B.** 2001. Morphological plastic responses to water depth and wave exposure in an aquatic plant (*Myriophyllum spicatum*). *Ecology*. 89(2): 166-175.
- Syngenta.** 2014. Indicaciones de uso (Reglone), <http://www3.syngenta.com/country/es/sp/productos/Documents/ft/ft-reglone.pdf>.
- Ticku, A. & Zutshi, D. P.** 1991. Effect of weed harvesting on the fish population of Dal Lake. International. *Ecology and Environmental Sciences*. 17 (3): 217-224.
- Trainauskaite, I. & Yankyavichyus, K.** 1994. Heated water effect on macrophyte development in Lake Drukiiai (the Ignalina NPP water reservoir-cooler). *Ekologija*. 1: 37-45.
- Urbanc-Bercic, O. & Blejec, A.** 1993. Aquatic macrophytes of Lake Bled: changes in species composition, distribution and production. *Hydrobiologia*. 262(3): 189-194.
- United States Department Agriculture (USDA-NRCS)** 2007. The Plants Database. Baton Rouge, USA: National Plant Data Center. <http://plants.usda.gov/>.
- Van, T. K., Haller, W. T. & Bowes, G.** 1976. Comparison of the photosynthetic characteristics of three submersed aquatic plants. *Plant Physiology*. 58(6): 761-768.
- Verma, U. & Charudattan, R.** 1993. Host range of *Mycoleptodiscus terrestris*, a microbial herbicide candidate for eurasian watermilfoil, *Myriophyllum spicatum*. *Biological Control*. 3(4): 271-280.
- Volobaev, P. A.** 1992. The genus *Myriophyllum* L. in Siberia. *Sibirskii Biologicheskii Zhurnal*. 2: 67-72.
- Wade, P. M.** 1999. The impact of human activity on the aquatic macroflora of Llangorse Lake, South Wales. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst*. 9: 441-459.
- Wagner, K. J., Mitchell, D. F., Berg, J. J. & Gendron, W. C.** 2008. Milfoil ecology, control and implications for drinking water supplies. Awwa Research Foundation and U. S. Environmental Protection Agency. Washington, D. C. USA. 219 p.
- Watson, L. & Dallwitz, M. J.** 1992. The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. <http://delta-intkey.com/angio/www/haloragi.htm>.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Weyl, P. S. R. & Coetzee, J. A.** 2014. The invasion status of *Myriophyllum spicatum* L. in southern Africa. Zoology and Entomology Dept., Rhodes University, Grahamstown, 6139, South Africa.
- Wetzel, R. G.** 1975. *Limnology*. W. B. Saunders Co. Philadelphia, London, and Toronto. 743 p.
- Whyte, R. S. & Francko, D. A.** 2001. Dynamics of a pioneer population of eurasian watermilfoil (*Myriophyllum spicatum* L.) in a shallow Lake Erie wetland. *Journal of Aquatic Plant Management*. 39: 136-139.
- Yeon, K. G., Yoon, H. S. & Joo, G. J.** 2003. Introduction of exotic vascular plants (*Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes*) in the West Nakdong River, South Korea. *In: Aquatic Plant Management Society, 43rd Annual Meeting Program*, Portland, Maine. 27 p.
- Zhao, H. & Wang, D.** 2002. The species and distribution of the water vascular plants at the Han river basin in Hanzhong. Shaanxi Province. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*. 22(6): 1445-1450.
- Zolczynski, J. & Jernigan, J.** 2002. Giant Salvinia: a new aquatic menace in Alabama. *Outdoor Alabama*. 74: 13-15.

## ANÁLISIS DE RIESGO

El análisis de riesgo es el estudio de las causas de las posibles amenazas y los daños de probables eventos no deseados como consecuencias que estas pueden producir. El sistema de análisis de riesgo está compuesto por tres elementos: análisis de riesgo, gestión de riesgos y comunicación de riesgos (Ziller *et al.*, 2007). Una vez realizado el análisis, fue preciso decidir con respecto a la especie o grupo de especies en cuestión en este caso de las plantas acuáticas, que deben elaborarse planes de acción que son de alto riesgo, ya sea en el sentido de impedir su introducción para *Caulerpa taxifolia*, *Myriophyllum spicatum* y *Vallisneria spiralis*, o de establecer actividades de control y/o erradicación para aquellas ya establecidas como *Egeria densa*, *Hydrilla verticillata*, *Myriophyllum aquaticum* y *Salvinia molesta*. La comunicación de riesgos se refiere a la difusión de los resultados del análisis y del plan de acción a seguir entre el público, con el objeto de evitar impedimentos a las acciones de manejo originadas en la falta de comprensión por la población (Ziller *et al.*, 2007; Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2014).

La introducción de especies exóticas se debe, en parte, al comercio internacional (Hernández *et al.*, 2002), y sigue el curso de los diversos procesos que conlleva la mejora de los medios de transporte (CONABIO, Aridamérica, GEI, TNC, 2006). En el caso particular de las especies acuáticas, Welcomme (1992) indica que, a nivel internacional, las especies acuáticas invasoras se propagan por medio de la acuicultura y el acuarismo, que en México se cumplen las dos.

La invasión de las especies exóticas se considera como uno de los principales problemas del siglo XXI y en numerosas ocasiones diversos autores se han referido a este fenómeno como la segunda causa de pérdida de biodiversidad (Díaz *et al.*, 2006; Clavero *et al.*, 2009). En México, los impactos de las especies invasoras suelen pasar inadvertidos debido a la gran diversidad biológica que posee el país y a la falta de monitoreo continuo e identificación taxonómica precisa.

En la problemática de las especies exóticas invasoras, los análisis de riesgo son herramientas importantes a utilizar tanto para apoyar la prevención de la introducción o traslocación, como para evaluar los impactos de las especies establecidas (MMARN, 2012), sin embargo, los análisis de riesgo que analizan o evalúan el establecimiento y propagación de posibles especies invasoras aún están en desarrollo y adaptación, solo en pocos países se han implementado sistemas de evaluación (Capdevila *et al.*, 2006; Golubov *et al.*, 2014).

De lo anterior es importante indicar algunos estudios relacionados con el tema que nos ocupa. El gobierno australiano diseñó el Sistema de Evaluación de Riesgos, con el fin de determinar si las especies exóticas de plantas (malezas en general) que se pretendan introducir en Australia podrían convertirse en invasoras, para el que se basaron de 48 preguntas, tomando en cuenta las características de las especies de plantas que se deseaban importar, tales como preferencias climáticas, atributos biológicos y métodos de reproducción y dispersión, con lo que se generó una puntuación que determina si la especie evaluada es rechazada, aceptada o continua en evaluación, y si diera un excelente resultado se podría adecuar a cualquier región del mundo (Pheloung *et al.*, 1999).

Este diseño también predice si la especie puede ser una maleza que afecte la agricultura y el ambiente (Walton *et al.*, 1998).

Este mismo sistema de análisis de riesgo se adaptó y ajustó en Nueva Zelanda y Hawái, en el que para este último se diseñó el Hawái Pacific Weed Risk Assessment (HPWRA) System, el cual proporciona información sobre el potencial invasor de plantas en Hawái y otras islas del pacífico (Clifford y Kobayashi, 2012) y Florida, apoyado con el diseño del Weed Risk Assessments for Florida (Gordon *et al.*, 2008).

En países Sudamericanos, como en Chile se estableció un programa integrado de evaluación de riesgo a partir del modelo del Sistema Australiano, con el fin de evaluar especies invasoras en Áreas Naturales Protegidas (Pheloung *et al.*, 1999).

En Colombia se desarrolló un “Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia” en el que se elaboraron propuestas y métodos de análisis de riesgos de impacto de especies introducidas, que incluían especies de plantas acuáticas continentales y marinas, actualizando listas y propuestas de categorización de especies invasoras para su manejo en el país (Baptiste *et al.*, 2010).

Para el caso particular de México, los análisis de riesgo para especies invasoras se han desarrollado recientemente para el manejo de invasiones biológicas (Golubov *et al.*, 2014). Dentro de la estrategia nacional para la prevención, control y erradicación de especies invasoras en el país, en donde uno de los grandes objetivos es la implementación de herramientas de análisis de riesgo en actividades relacionadas con importación, uso, comercio o movimiento de especies exóticas, invasoras o nativas trasladadas (Barrios *et al.*, 2014).

Actualmente en otros países, para la elaboración de análisis de riesgo para especies exóticas invasoras, se utilizan herramientas ajustadas de otros, como el caso de las especies acuáticas, en las que se emplean las directrices trinacionales para la evaluación de riesgo de las especies invasoras desarrolladas por la Comisión de Cooperación Ambiental de Norteamérica. Para especies de aguas continentales emplearon herramientas metodológicas desarrolladas en Inglaterra, y para plantas acuáticas los lineamientos sanitarios aprobados por la Organización Norteamericana de Protección de Plantas (Barrios *et al.*, 2014), pero en México no se ha desarrollado algún método o directriz para este grupo botánico, hasta el desarrollo de la presente investigación.

Esto resulta indispensable para proteger a los ecosistemas acuáticos de las introducciones no intencionales. Para las introducciones intencionales, existe un proceso definido, basado en el análisis de los riesgos potenciales de las especies que se pretende introducir, incluido el riesgo de invasión. A este respecto, se ha señalado al análisis de riesgo como una herramienta que permite evaluar la posibilidad de que una especie se convierta en problemática al ser introducida en un nuevo ecosistema (Copp *et al.*, 2005a).

Este tipo de Análisis de Riesgo para el grupo de especies de plantas acuáticas, ayuda a determinar las acciones prioritarias encaminadas a evitar el establecimiento de nuevas especies exóticas invasoras.



## CONCLUSIONES

Considerando la severidad de los daños de las especies en este Análisis de Riesgo, se deben crear, promover y aplicar medidas locales e internacionales para que la introducción de nuevas especies, y en particular *Caulerpa taxifolia*, *Myriophyllum spicatum* y *Vallisneria spiralis* se evite de ser necesario.

De las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo de acuerdo con el Global Invasive Species Database, *Salvinia molesta* es la especie en este Análisis de Riesgo, que coincide con los dos criterios establecidos: la severidad de su impacto sobre la diversidad biológica y las actividades humanas.

Cuando se introduce una especie de planta acuática en un ecosistema, el impacto total no es, generalmente, tangible de forma inmediata, sino que se nota a lo largo del tiempo, por lo que se pueden modificar o cambiar hábitats enteros, volviéndolos inhabitables para las comunidades acuáticas nativas.

Las acciones preventivas de rutas o vías potenciales de introducción de estas especies de plantas acuáticas y de sus invasiones en los ecosistemas acuáticos deben ser conocidas para conocer detalladamente su potencial invasivo y su regulación.

La información sobre las rutas y la identificación de las especies de plantas acuáticas en este Análisis de Riesgo debe compartirse a nivel nacional mediante la creación de bases de datos locales a las que se puede recurrir en caso de un riesgo de invasión en nuestro país.

El manejo efectivo de las especies acuáticas exóticas invasoras que han sido introducidas y establecidas en México requieren de conocer su biología, así como de los procesos ecológicos implícitos en su establecimiento y dispersión, además del monitoreo de los sitios en los que actualmente se desarrollan para detectar impactos y tendencias antes de que se desarrollen problemas más serios.

Es necesario la implementación de sistemas de prevención eficaces y la voluntad política para modificar y hacer cumplir la ley, por lo que se debe considerar una estrategia que obligue a no introducir este tipo de plantas acuáticas por las diversas vías.

Se requiere tener personal altamente capacitado y especializado en esta disciplina, con un conocimiento detallado y actualizado sobre Análisis de Riesgo y del grupo de plantas acuáticas.

No se han contrastado los beneficios económicos con los daños ecológicos que este grupo de plantas acuáticas ocasionan o podrían ocasionar en los ecosistemas acuáticos de nuestro país.

Se prevé un estrés considerable para las poblaciones nativas en quienes las habilidades de supervivencia serán puestas a prueba a causa de las poblaciones exóticas establecidas.

Se debe considerar la posibilidad de establecer leyes que impongan multas y castigos penales a quienes liberen deliberadamente plantas acuáticas potencialmente invasoras como ya se realizan en otros países de Europa.

Es fundamental tener planes de manejo adecuados para este grupo de plantas acuáticas.

Es importante analizar si estas especies de plantas acuáticas en sus lugares de origen, o fuera de su área natural de distribución, presentaron problemas para consolidarse en actividades productivas rentables.

No hay criterios acordados acerca del daño, dispersión o tamaño de población mínimos requeridos para que una especie exótica se considere invasora. Lo que sí es claro es que un número pequeño de individuos, puede ser suficiente para generar, a través de su reproducción y dispersión, un daño ambiental extenso en ecosistemas nuevos.

Las plantas acuáticas invasoras poseen la capacidad no sólo de moverse por medio de un gran número de vías, sino también de establecerse, prosperar y dominar nuevos ecosistemas acuáticos, y son actualmente una de las mayores preocupaciones para la conservación en el mundo, por lo que iniciativas útiles que contribuyan a mejorar las prácticas de gestión y a reducir la incidencia de las invasiones biológicas de plantas acuáticas deben ser llevadas a cabo en todo el país y, en general, en el mundo.

Finalmente, es importante considerar que dos hechos fundamentales quedan demostrados: los escapes son inevitables y las invasiones son irreversibles.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## RECOMENDACIONES

Hasta el momento no existe un protocolo oficial en la Secretaría de Medio Ambiente o las dependencias de gobierno encargadas de ello, con el objeto de llevar a cabo análisis de riesgo para especies invasoras, aunque el tema se ha estado discutiendo en diferentes foros.

Es indispensable aplicar este tipo de herramientas para apoyar y sustentar la toma de decisiones relacionadas con los impactos de estas especies a la biodiversidad acuática.

La generación de conocimiento y el intercambio de información en este grupo de plantas acuáticas son elementos fundamentales para llevar a cabo los Análisis de Riesgo.

Los análisis de riesgo deben de ser documentos dinámicos, revisados de manera periódica para incluir información actualizada cada semestre o anualmente.

Es necesario aplicar el principio precautorio en las decisiones relacionadas con el uso, introducción, comercialización o manejo de las especies de plantas acuáticas exóticas invasoras.

Por último, es importante indicar que se están elaborando las directrices para el Análisis de Riesgo de Plantas Acuáticas Exóticas y Nativas Invasoras de México.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## LITERATURA CITADA

- Aguirre, M. A., Samaniego, A. H., García, G. C., Luna, L. M., Rodríguez, M. M. & Casillas, F.** 2005. El control y la erradicación de fauna introducida como instrumento de restauración ambiental: historia, retos y avances en México. *En: Sánchez, O., Peters, E., Márquez-Huitzil, R., Vega, E., Portales, G., Valdés, M. y Azuara, D.* (Eds.). Temas sobre restauración ecológica. SEMARNAT, INE, USFWS, Unidos para la Conservación, AC. México, D. F. pp. 215-229.
- Bonilla-Barbosa, J. R. & Santamaría, B.** 2014. Plantas acuáticas exóticas y trasladadas invasoras, En: Mendoza, R. & Koleff, P. (coords.), Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. pp. 223-247.
- Capdevila, L., Iglesias, A., Orueta, J. F. & Zilletti, B.** 2006. Especies exóticas invasoras: diagnóstico y bases para la prevención y el manejo. Ministerio de Medio Ambiente. Organismo Autónomo de Parque Nacionales. Naturaleza y Parques Nacionales. Serie Técnica. Madrid, España. 138 p.
- Champion, P.** 2004. Managing tomorrow's weeds today –a risk assessment approach to aquatic weed management. *Water and Atmos.* 12: 14-15.
- Contreras-Balderas, S.** 1999. Annotated checklist of introduced invasive fishes in Mexico, with examples of some recent introductions. Chapter 2. *En: Claudi, R. & Leach, J. H.* (Eds.). Nonindigenous freshwater fishes vectors, biology, and impacts. Lewis, Washington. pp. 33-54.
- Dutartre, A. & Capdevielle, P.** 1982. Répartition actuelle de quelques végétaux vasculaires aquatiques introduits dans le sud-ouest de la France. In: **Symoens, J. J., Hooper, S. S. & Compère, P.** (Eds.). Studies on aquatic vascular plants. *Proceedings of the International Colloquium on Aquatic Vascular Plants.* Royal Botanical Society of Belgium, Bruselas. pp. 390-393.
- Espinosa, F. J. & Sarukhán, J.** 1997. Manual de malezas del Valle de México. Fondo de Cultura Económica, México.
- Figuerola, J. & Green, A.** 2002. Dispersal of aquatic organisms by water-birds: A review of past research and priorities for future studies. *Freshwater Biology.* 47: 483-494.
- Gordon, D., Onderdonk, D., Fox, A., Stocker, R. & Gantz, C.** 2008. Predicting invasive plants in Florida using the Australian Weed Risk Assessment. *Invasive Plant. Science and Management.* 1: 178-195.
- Gutiérrez, E., Ruiz, E., Huerta, R., Uribe, E. & Martínez, M.** 1997. Avances y perspectivas del control del lirio acuático en México. *Memoria de la Reunión Regional sobre Control Integrado del Lirio Acuático.* Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-FAO. Cuernavaca, México. pp. 23-30.
- Harrison, I. J. & Stiassny, M. J.** 1999. The quiet crisis: A preliminary listing of the freshwater fishes of the world that are extinct or 'missing in action'. *In: MacPhee, R. D. E. & Hans-Dieter, S.* (Eds.). Extinctions in near time. Causes, contexts, and consequences. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York. pp. 271-331.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

- Holm, L. G., Plucknett, D. L., Pancho, J. V. & Herberger, J. P.** 1977. The world's worst weeds. Distribution and biology. The University Press of Hawaii, Honolulu.
- Hopkins, C. C. E.** 2001. Actual and potential effects of introduced marine organisms in Norwegian waters, including Svalbard. Directorate for nature management. Norwegian. Research Report No. 1: 54 p.
- Kolar, C. & Lodge, D.** 2002. Ecological predictions and risk assessment for alien species. *Science*. 298: 1233-1236.
- Kriesch, P.** 2007. Training and implementation guide for pathway definition, risk analysis, and risk prioritization. National Invasive Species Council. Aquatic Nuisance Species Task Force (ANSTF) and National Invasive Species Council (NISC) Prevention Committee, USA.
- Lassuy, D. R.** 2002. Introduced species as a factor in extinction and endangerment of native fish species. *Workshop: Management, Implications and Co-occurring Native and Introduced Fishes Proceedings*. Portland. pp. 27-28.
- Lonsdale, W. M.** 1999. Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. *Ecology*. 80: 1522-1536.
- Mack, R. N., Simberloff, D., Lonsdale, W. M., Evans, H., Clout, M. & Bazzaz, F. A.** 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*. 10(3): 689-710.
- McDougall, K., Alexander, J., Haider, S., Pauchard, A., Walsh, N. & Kueffer, C.** 2010. Alien flora of mountains: Global comparisons for the development of local preventive measures against plant invasions. *Diversity and Distributions*. 17: 103-111.
- Mendoza-Alfaro, R. E., Koleff-Osorio, P., Ramírez-Martínez, C., Álvarez-Torres, P., Arroyo-Damián, M., Escalera-Gallardo, C. & Orbe-Mendoza, A.** 2011. La evaluación de riesgos por especies acuáticas exóticas invasoras: una visión compartida para Norteamérica. *Ciencia Pesquera*. 19: 65-75.
- Novelo, A. & Martínez, M.** 1989. *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae), problemática maleza acuática de reciente introducción en México. *An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. Mex. Serie Botánica*. 58: 97-102.
- Pheloung, P., Williams, P. A. & Halloy, S. R.** 1999. A weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluating plant introductions. *Journal of Environmental Management*. 57: 239-251.
- Ramos, J., Quiroz, A. de J., Ramírez, J. P. & Lot, A.** 2004. Manual de hidrobotánica. Muestreo y análisis de la vegetación acuática. AGT Editores, México. 124 p.
- Rixon, C. A. M., Duggan, I. C., Bergeron, N. M. N., Ricciardi, A. & Macisaac, H. J.** 2005. Invasion risks posed by the aquarium trade and live fish markets on the Laurentian Great Lakes. *Biodivers. Conserv.* 14: 1365-1381.
- Rzedowski, J. & Calderón de Rzedowski, G.** 1990. Nota sobre el elemento africano en la flora adventicia de México. *Acta Bot. Mex.* 12: 21-24.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS



CONABIO  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

**Sutter II, G. W. & Barnthouse, L. W.** 2007. Ecological risk assessment. CRC Press, Taylor y Francis Group.

**Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).** 2000. A guide to designing legal and institutional frameworks on alien invasive species. IUCN Specialist Group on Alien Species. IUCN Commission on Ecology, Gland. pp. 71-75.

**Villaseñor, J. L. & Espinosa, F. J.** 1998. Catálogo de malezas de México. UNAM-Fondo de Cultura Económica, México.

**Williamson, M.** 1996. Biological invasions. Chapman and Hall, Nueva York.