



**SERVICIOS DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ANÁLISIS
DE RIESGO DETALLADOS PARA ESPECIES INVASORAS DE ALTO
RIESGO PARA MÉXICO: ANÁLISIS DE RIESGO DE ESPECIES DE
TAMARIX CON POTENCIAL INVASOR EN MÉXICO**

PROGRAMA DE NACIONAS UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD)

IC-2017-061

Proyecto: 00089333 “Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI”

Ricardo Rodríguez Estrella

Octubre, 2018

Reporte final

“Las opiniones, análisis y recomendaciones de política incluidas en este informe no reflejan necesariamente el punto de vista del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, como tampoco de su junta ejecutiva ni de sus estados miembros.”



Al servicio
de las personas
y las naciones

Reporte final Análisis de riesgo de especies de *Tamarix* con potencial invasor en México

Objetivo: Fortalecer el conocimiento acerca del potencial invasor en México de las especies de *Tamarix* (*Tamarix aphylla*, *T. chinensis*, *T. ramosissima*, *T. gallica* y *T. hohenackeri*), objeto de esta consultoría, para apoyar la toma de decisiones respecto a la implementación de las acciones preventivas, control y manejo.

Área geográfica objeto del informe: Todo el país, México.

Autores: Ricardo Rodríguez-Estrella

Modo de citar el informe: **PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo)**. 2018. Análisis de riesgo de especies de *Tamarix* con potencial invasor en México. Informe final entregado a la CONABIO y al PNUD en el marco del proyecto GEF 0089333 “Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI”. **Rodríguez-Estrella, R., J.J. Pérez Navarro, A.A. Sánchez Velasco, Y. Ferrer Sánchez, C.J. Pérez Estrada & L. Sánchez Velasco**. Grupo laboratorio Análisis Espacial, Ecología y Conservación, CIBNOR, La Paz, Baja California Sur, México. 409 pp. + 3 Anexos + 3 Apéndices.

Modo de citar con los autores: **Rodríguez-Estrella, R., J.J. Pérez Navarro, A.A. Sánchez Velasco, Y. Ferrer Sánchez, C.J. Pérez Estrada & L. Sánchez Velasco**. 2018. Análisis de riesgo de especies de *Tamarix* con potencial invasor en México. Informe final entregado a la CONABIO y al PNUD en el marco del proyecto GEF 0089333 “Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI”. Grupo laboratorio Análisis Espacial, Ecología y Conservación, CIBNOR, La Paz, Baja California Sur, México.

Fecha de inicio y terminación del proyecto: 1 de septiembre de 2017 al 31 de octubre de 2018.

Vínculos con los objetivos estratégicos y las metas de la Estrategia Nacional sobre especies invasoras: La consultoría atiende con la información analizada primeramente la acción transversal 5, que es generar conocimiento para la toma de decisiones informadas; atiende los tres objetivos estratégicos de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en

México, pero particularmente tiene mayor incidencia en 1. Prevenir, detectar y reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de especies invasoras, y en particular las metas 1.1, 1.2, 1.3, 1.4; y apoyaría fuertemente con la información y el análisis a 2. Establecer programas de control y erradicación de poblaciones de especies invasoras que minimicen o eliminen sus impactos negativos y favorezcan la restauración y conservación de los ecosistemas. Contribuye con la meta 2.1.

Resumen: El análisis de riesgo WRA con la información detallada indica que *Tamarix aphylla*, *T. chinensis*, *T. ramosissima*, *T. gallica* y *T. hohenackeri* deben ser rechazadas para su comercio e ingreso a México, debido a los riesgos de volverse una especie altamente invasora. La modelación por afinidad climática muestra que hay una alta probabilidad de invasión en México por las 5 especies, sobre todo en zonas áridas y semi-áridas, e inclusive en la región mediterránea. Los riesgos de hibridación en México de las especies de *Tamarix* que se sabe hibridizan, son extensos dentro del norte del país, en especial en Sonora,



Chihuahua, Coahuila y parte de Nuevo León, así como en la península de Baja California.

Distintos usos de *Tamarix* en la península de Baja California. Fotografías de Ricardo Rodríguez-Estrella



Tamarix invadiendo dunas costeras. Playa El Pabellón, San Quintín, Baja California. Fotografía de Alma A. Sánchez Velasco

INDICE

Resumen.....	16
Introducción.....	20
Conocimiento general de <i>Tamarix</i>	22
Análisis de riesgo y contexto.....	29
Situación taxonómica de <i>Tamarix</i>	30
Familia Tamaricaceae.....	30
<i>Tamarix</i> Linnaeus.....	31
Contexto de la invasión.....	37
<i>Tamarix aphylla</i>	
1. Introducción.....	38
a. Taxonomía.....	38
b. Sinónimos.....	39
c. Nombres comunes.....	39
d. Especies de <i>Tamarix</i> con las que puede hibridizar.....	39
2. Descripción.....	39
3. Biología e historia natural.....	50
4. Ecología	53
5. Estatus.....	60
a. Distribución nativa.....	60
b. Distribución de invasión.....	61
6. Usos y comercialización.....	63
A. Historia de la comercialización.....	68
a. Origen de los individuos comercializados.....	68
b. Condiciones de cultivo.....	69
c. Análisis económico.....	70

B. Rutas de introducción.....	71
7. Potencial de establecimiento y colonización.....	72
a. Potencial de colonización.....	72
b. Potencial de dispersión.....	73
8. Evidencias de impactos.....	74
a. Impactos/beneficios socioeconómicos.....	74
b. Impactos a la salud.....	75
c. Impactos ambientales y a la biodiversidad.....	75
9. Control y mitigación.....	77
10. Normatividad	82
a. Legislación Mexicana.....	83
b. Legislación Internacional.....	83
11. Información para el Análisis de Riesgo de <i>T. aphylla</i>	97
12. Riesgo de invasión de <i>Tamarix aphylla</i> en México en función de la similitud climática	110
13. Resultado del Análisis de Riesgo de <i>Tamarix aphylla</i>	112
14. Conclusión.....	112

Tamarix chinensis

1. Introducción.....	113
a. Taxonomía.....	113
b. Sinónimos.....	113
c. Nombres comunes.....	114
d. Especies de <i>Tamarix</i> con las que puede hibridizar.....	114
2. Descripción.....	114
3. Biología e historia natural.....	123
4. Ecología	127
5. Estatus.....	133
a. Distribución nativa.....	133
b. Distribución de invasión.....	134
6. Usos y comercialización.....	136
A. Historia de la comercialización.....	137

a.	Origen de los individuos comercializados.....	137
b.	Condiciones de cultivo.....	137
c.	Análisis económico.....	139
B.	Rutas de introducción.....	139
7.	Potencial de establecimiento y colonización.....	141
a.	Potencial de colonización.....	141
b.	Potencial de dispersión.....	143
8.	Evidencias de impactos.....	144
a.	Impactos/beneficios socioeconómicos.....	144
b.	Impactos a la salud.....	145
c.	Impactos ambientales y a la biodiversidad.....	145
9.	Control y mitigación.....	148
10.	Normatividad	150
a.	Legislación Mexicana.....	151
b.	Legislación Internacional.....	151
11.	Información para el Análisis de Riesgo de <i>T. chinensis</i>	168
12.	Riesgo de invasión de <i>Tamarix chinensis</i> en México en función de la similitud climática.....	181
13.	Resultado del Análisis de Riesgo de <i>Tamarix chinensis</i>	183
14.	Conclusión.....	183

Tamarix ramosissima

1.	Introducción.....	184
a.	Taxonomía.....	184
b.	Sinónimos.....	184
c.	Nombres comunes.....	185
d.	Especies de <i>Tamarix</i> con las que puede hibridizar.....	185
2.	Descripción.....	185
3.	Biología e historia natural.....	197
4.	Ecología	202
5.	Estatus.....	210
a.	Distribución nativa.....	210

b. Distribución de invasión.....	211
6. Usos y comercialización.....	212
A. Historia de la comercialización.....	213
a. Origen de los individuos comercializados.....	215
b. Condiciones de cultivo.....	217
c. Análisis económico.....	218
B. Rutas de introducción.....	218
7. Potencial de establecimiento y colonización.....	220
a. Potencial de colonización.....	220
b. Potencial de dispersión.....	221
8. Evidencias de impactos.....	222
a. Impactos/beneficios socioeconómicos.....	222
b. Impactos a la salud.....	224
c. Impactos ambientales y a la biodiversidad.....	224
9. Control y mitigación.....	227
10. Normatividad	231
a. Legislación Mexicana.....	232
b. Legislación Internacional.....	232
11. Información para el Análisis de Riesgo de <i>T. ramosissima</i>	254
12. Riesgo de invasión de <i>Tamarix ramosissima</i> en México en función de la similitud climática	266
13. Resultado del Análisis de Riesgo de <i>Tamarix ramosissima</i>	268
14. Conclusión.....	268

Tamarix gallica

1. Introducción.....	269
a. Taxonomía.....	269
b. Sinónimos.....	269
c. Nombres comunes.....	270
d. Especies de <i>Tamarix</i> con las que puede hibridizar.....	270
2. Descripción.....	270
3. Biología e historia natural.....	276

4. Ecología	278
5. Estatus.....	282
a. Distribución nativa.....	282
b. Distribución de invasión.....	283
6. Usos y comercialización.....	284
A. Historia de la comercialización.....	285
a. Origen de los individuos comercializados.....	285
b. Condiciones de cultivo.....	287
c. Análisis económico.....	288
B. Rutas de introducción.....	288
7. Potencial de establecimiento y colonización.....	290
a. Potencial de colonización.....	290
b. Potencial de dispersión.....	291
8. Evidencias de impactos.....	292
a. Impactos/beneficios socioeconómicos.....	292
b. Impactos a la salud.....	292
c. Impactos ambientales y a la biodiversidad.....	293
9. Control y mitigación.....	294
10. Normatividad	297
a. Legislación Mexicana.....	297
b. Legislación Internacional.....	287
11. Información para el Análisis de Riesgo de <i>T. gallica</i>	311
12. Riesgo de invasión de <i>Tamarix gallica</i> en México en función de la similitud climática.....	322
13. Resultado del Análisis de Riesgo de <i>Tamarix gallica</i>	324
14. Conclusión.....	324

Tamarix hohenackeri

1. Introducción.....	325
a. Taxonomía.....	325
b. Sinónimos.....	326
c. Nombres comunes.....	326

2. Descripción.....	327
3. Biología e historia natural.....	327
4. Ecología	328
5. Estatus.....	329
a. Distribución nativa.....	330
b. Distribución de invasión.....	330
6. Usos y comercialización.....	332
A. Historia de la comercialización.....	332
a. Origen de los individuos comercializados.....	332
b. Condiciones de cultivo.....	333
c. Análisis económico.....	333
B. Rutas de introducción.....	333
7. Potencial de establecimiento y colonización.....	334
a. Potencial de colonización.....	334
b. Potencial de dispersión.....	335
8. Evidencias de impactos.....	335
a. Impactos/beneficios socioeconómicos.....	335
b. Impactos a la salud.....	336
c. Impactos ambientales y a la biodiversidad.....	336
9. Control y mitigación.....	336
10. Normatividad	337
a. Legislación Mexicana.....	338
b. Legislación Internacional.....	338
11. Información para el Análisis de Riesgo de <i>T. hohenackeri</i>	346
12. Riesgo de invasión de <i>Tamarix hohenackeri</i> en México en función de la similitud climática.....	355
13. Resultado del Análisis de Riesgo de <i>Tamarix hohenackeri</i>	358
14. Conclusión.....	358
 Modelación de riesgo para la distribución de híbridos potenciales entre especies de <i>Tamarix</i> en México.....	 359
a. Híbridos <i>Tamarix ramosissima</i> X <i>Tamarix chinensis</i>	359

b. Híbridos <i>Tamarix ramosissima</i> X <i>Tamarix aphylla</i>	361
c. Híbridos <i>Tamarix ramosissima</i> X <i>Tamarix gallica</i>	363
d. Híbridos <i>Tamarix aphylla</i> X <i>Tamarix chinensis</i>	365
Conclusiones generales.....	368
Literatura citada.....	371
Anexo 1. Análisis de riesgo, Procedimiento.....	410
Anexo 2. Procedimiento para modelar el riesgo de invasión de cada especie de <i>Tamarix</i> en México en función de la similitud climática.....	412
Anexo 3. Tratamiento con herbicidas para control de <i>Tamarix</i>	424
Apéndice 1. Formatos de análisis de riesgo WRA completados por especie de <i>Tamarix</i>	430
Apéndice 2. Formatos de análisis de riesgo AQIS completados por especie de <i>Tamarix</i>	441
Apéndice 3. Sobreposición de registros por especie de <i>Tamarix</i> en su área nativa y de invasión con el mapa de climas del mundo (World Maps of Koppen-Geiger Climate Classification).....	447

Lista de Figuras

Figura 1. Diagrama de hibridación potencial entre las especies de <i>Tamarix</i> en Norte América.....	34
Figura 2. Porción de la filogenia de <i>Tamarix</i> construida a partir de secuencias de ITS ribosomal nuclear y trnS-trnG de cloroplasto (tomado de Arianmanesh <i>et al.</i> 2016).....	35
Figura 3. Algunas características distintivas de <i>T. aphylla</i>	41
Figura 4. Botones florales, flores e inflorescencias de <i>T. aphylla</i>	44
Figura 5. Hojas, ramas, troncos, rebrotes y crecimiento arbustivo y arbóreo de <i>T. aphylla</i>	49
Figura 6. Hábitats donde puede establecerse y crecer <i>T. aphylla</i>	55
Figura 7. Interacciones de insectos con <i>Tamarix aphylla</i>	59
Figura 8. Mapas mostrando la distribución nativa e invasora de <i>Tamarix aphylla</i>	62
Figura 9. Algunos usos que se da a <i>Tamarix aphylla</i>	67
Figura 10. Modelos de Maxent para el riesgo de invasión de <i>Tamarix aphylla</i> en México y Norte y Centroamérica.....	111
Figura 11. Algunas características distintivas de <i>Tamarix chinensis</i>	116
Figura 12. Botones florales, flores e inflorescencias de <i>Tamarix chinensis</i>	120
Figura 13. Hojas, ramas, forma de crecimiento arbustivo de <i>T. chinensis</i>	122
Figura 14. Interacciones de <i>T. chinensis</i> con insectos polinizadores.....	132
Figura 15. Mapas mostrando la distribución nativa e invasora de <i>T. chinensis</i>	135
Figura 16. Uso de <i>T. chinensis</i> como planta ornamental.....	138
Figura 17. Modelos de Maxent para el riesgo de invasión de <i>Tamarix chinensis</i> en México y Norte y Centroamérica.....	182
Figura 18. Algunas características distintivas de <i>Tamarix ramosissima</i>	187
Figura 19. Flores, inflorescencias, frutos y semillas de <i>Tamarix ramosissima</i>	192
Figura 20. Hojas, ramas, plántulas, plantas juveniles, y árbol de <i>Tamarix ramosissima</i>	196

Figura 21. Crecimiento de planta de <i>T. ramosissima</i> en hábitat natural. Interacciones de esta especie con insectos y otras especies. Se muestran también imágenes del escarabajo que es usado para el control biológico de <i>Tamarix</i>	209
Figura 22. Mapas mostrando la distribución nativa e invasora de <i>T. ramosissima</i>	212
Figura 23. Algunos usos que se dan a <i>Tamarix ramosissima</i>	214
Figura 24. Modelos de Maxent para el riesgo de invasión de <i>Tamarix ramosissima</i> en México y Norte y Centroamérica.....	267
Figura 25. Algunas características distintivas de <i>Tamarix gallica</i> y <i>T. hohenackeri</i>	271
Figura 26. Flores e inflorescencias de <i>Tamarix gallica</i>	274
Figura 27. Hojas y ramas de <i>Tamarix gallica</i>	275
Figura 28. <i>T. gallica</i> creciendo en hábitat costero natural y en hábitat de invasión. Interacciones de esta planta con insectos.....	281
Figura 29. Mapas mostrando la distribución nativa e invasora de <i>Tamarix gallica</i>	284
Figura 30. Modelos de Maxent para el riesgo de invasión de <i>Tamarix gallica</i> en México y Norte y Centroamérica.....	323
Figura 31. Mapas mostrando la distribución nativa e invasora de <i>Tamarix hohenackeri</i>	331
Figura 32. Modelos de Maxent para el riesgo de invasión de <i>Tamarix hohnackeri</i> en México y Norte y Centroamérica.....	356
Figura 33. Modelo de riesgo de invasión mundial para <i>T. hohenackeri</i> de acuerdo al mapa de favorabilidad por la construcción del elipsoide.....	357
Figura 34. Modelos de Maxent para el híbrido <i>T. ramosissima</i> X <i>T. chinensis</i> proyectados a México, representando el riesgo de hibridación para México y dentro de la región de Norteamérica y Centroamérica.....	360
Figura 35. Modelos de Maxent para el híbrido <i>T. ramosissima</i> X <i>T. aphylla</i> proyectados a México, representando el riesgo de hibridación para México y dentro de la región de Norteamérica y Centroamérica.....	362
Figura 36. Modelos de Maxent para el híbrido <i>T. ramosissima</i> X <i>T. gallica</i> proyectados a México, representando el riesgo de hibridación para México y dentro de la región de Norteamérica y Centroamérica.....	364

Figura 37. Modelos de Maxent para el híbrido *T. aphylla* X *T. chinensis* proyectados a México, representando el riesgo de hibridación para México y dentro de la región de Norteamérica y Centroamérica.....366

Nota sobre las fotos incluidas en este reporte:

Todas las fotos tienen autorización de los autores y de organizaciones para usarse con los fines académicos de esta publicación.

Participantes:

M. en C. José Juan Pérez Navarro

Ing.For. Alma A. Sánchez Velasco

Dra. Yarelys Ferrer Sánchez

M. en C. Claudia J. Pérez Estrada

Ing.For. Lizbeth Sánchez Velasco

Agradecimientos. A todos los autores de las fotos que amablemente autorizaron su uso. A las organizaciones que autorizaron el uso de fotos. A Tomás López Avendaño por su apoyo y participación en recopilación y análisis de información de *T. chinensis*.

RESUMEN

El género *Tamarix* es nativo del Este Medio del área mediterránea, Asia Central y el Sur de África, principalmente Asia. Algunas especies de *Tamarix* se introdujeron en Norteamérica hace aproximadamente más de 120 años, a principios de los 1800s, básicamente transportándolos como árboles y arbustos ornamentales, y para uso como cortinas rompevientos y agentes de control de la erosión. Desde entonces, escaparon las poblaciones de algunas especies de su condición de cultivo o confinamiento, y se estima que actualmente han invadido más de 1,000,000 de hectáreas en EUA, Canadá y México. Los árboles y arbustos de *Tamarix* han invadido principalmente zonas áridas y semi-áridas. Una mayor área de invasión ha ocurrido en EUA, y se esperan incrementos significativos del área de invasión en México. Por ello, es totalmente pertinente y oportuno realizar un análisis de riesgo de las especies de *Tamarix* ocurriendo en México y para las que es factible pueda volverse una especie invasora. Como ejemplo, una de las especies, *T. ramosissima*, se encuentra entre las 100 peores especies invasoras en el mundo. De esta manera, la información del análisis de riesgo que presentamos aquí permitirá ayudar a prevenir el ingreso, de manera comercial o intencional, de árboles de *Tamarix* que pueden volverse especies invasoras, así como que se generen estrategias para su manejo en el caso de las que ya se encuentren en el país. Se presenta la información de la revisión detallada de las especies de *Tamarix aphylla*, *T. chinensis*, *T. ramosissima*, *T. gallica* y *T. hohenackeri* sobre los distintos temas del conocimiento de su biología, ecología, sobre su comercio, uso y rutas de introducción, así como de la legislación. El potencial de invasión de estas especies se desconocía en el país. Se presenta el análisis de riesgo y la modelación de probabilidad de riesgo de invasión en función de la similitud climática y altitudinal. Un total de 443 registros de las cinco especies de *Tamarix* en México fueron utilizados para los modelos del análisis de riesgo (*T. aphylla*, 102; *T. chinensis*, 127; *T. ramosissima*, 202; *T. gallica*, 11; y *T. hohenackeri*, 1), así como un total de 1,085 registros de las cinco especies en su rango nativo, y 4,277 registros en su rango de invasión; se tuvo un total de 5,362 registros de las cinco especies con los que se hicieron los modelos de riesgo de invasión. Asimismo, se hizo una modelación de riesgo de invasión considerando los híbridos de las especies para las que

se ha reportado ocurre la hibridación en su rango de invasión. Dentro de México, *T. aphylla* se ha reportado en Sonora, Baja California, Chihuahua, Coahuila y Estado de México; *T. chinensis*, en Baja California, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Estado de México, Ciudad de México, Sinaloa, Sonora y Veracruz; *T. ramosissima* en Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Sinaloa y Sonora, Veracruz; *T. gallica*, en Baja California, Chihuahua, Ciudad de México, Coahuila, Colima, Jalisco, Mexicali, Tamaulipas; y *T. hohenackeri* en Ensenada, Baja California. El uso de las especies de *Tamarix* en México, ha sido como planta ornamental, como cortina rompevientos, y en algunas zonas para control de la erosión. La información recopilada fue suficiente y de buena calidad para realizar el análisis de riesgo WRA (Weed Risk Assessment) para cada una de las 5 especies. Con los resultados del puntaje del análisis de riesgo WRA se concluye que *Tamarix aphylla*, *T. chinensis*, *T. ramosissima*, *T. gallica* y *T. hohenackeri* deben ser rechazadas para su comercio e ingreso a México, debido a los riesgos de volverse una especie altamente invasora, con los consecuentes efectos negativos en los ecosistemas. De hecho, en algunas zonas de México ya se encuentra considerada como especie invasora y se le ha dado un manejo, básicamente de control con el objetivo de erradicación posterior. La modelación para obtener la probabilidad de invasión en México por afinidad climática muestra que hay un riesgo alto de invasión por las 5 especies. *T. aphylla* presenta un elevado riesgo de invasión en el Noroeste y Noreste de México considerando la similitud climática que hay con las áreas de su distribución nativa e invadida. Dentro del Norte de México, no queda restringida ni limitada su zona de invasión. *T. chinensis* presenta un elevado riesgo de invasión en gran parte de México, sobre todo en el Norte y Centro en las zonas áridas de México, incluida la parte norteña de la península de Baja California, pero también en zonas menos áridas de Chihuahua, Coahuila, en la zona tropical de Sinaloa y hasta la templada de Chiapas. Al incluir Norte y Centro América no queda restringida ni limitada su zona de invasión. *T. ramosissima* presenta un alto riesgo de invasión en el Norte y parte del Centro, en las zonas áridas de México; los altos riesgos se predicen sobre todo para Chihuahua, Coahuila, Sonora y la península de Baja California; por el centro hay una franja que baja y bordea Veracruz; no queda restringida ni limitada a pequeñas áreas su zona de invasión en cualquiera de los

casos. *T. gallica* presenta un muy alto riesgo de invasión en casi todo México, pero sobre todo es alto en el norte del país, básicamente en Sonora, Chihuahua, Durango y Coahuila, y la parte norte costera de Sinaloa. En EUA el riesgo es muy alto sobre todo en todos los estados fronterizos con México. Para Centroamérica, el riesgo es muy bajo; no queda restringida ni limitada su zona de invasión potencial en México. *T. hohenackeri* presenta un muy alto riesgo de invasión considerando la similitud climática que hay en México con las áreas de su distribución nativa, en prácticamente todo el país, excepto las zonas muy costeras del sur en el Pacífico y Atlántico. No se pudo obtener un escenario completo con la región invadida por el bajo número de registros encontrados para su distribución de invasión; no queda restringida ni limitada su zona de invasión potencial en México. Al proyectar para México la distribución geográfica potencial de los híbridos de las diferentes especies de *Tamarix*, se encontró que para el híbrido de *T. ramosissima* y *T. chinensis*, hay un riesgo en algunas zonas del norte del país, localizados dentro de las zonas áridas y semiáridas, en particular en parte de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Baja California, bajando la mitad de península de Baja. Se muestran riesgos de hibridación en Nuevo Mexico, Arizona y California, y parte de Texas, en la frontera con México; para el híbrido *T. ramosissima* y *T. aphylla*, al considerar el clima según la región invadida y de los registros de presencia en México, se denota que hay un riesgo localizado y aislado en algunas partes de Sonora y Chihuahua, además de la península de Baja California. Al considerar el escenario en función del clima de la distribución nativa, no se predice riesgo de invasión. Se muestran riesgos de hibridación en el suroeste EUA, en particular en Arizona, en la frontera con México; para el híbrido *T. ramosissima* y *T. gallica* al considerar el clima tanto de la región nativa como de los registros de presencia en México, hay un riesgo en la parte norte del país, en las zonas áridas y semiáridas, de manera extensa, pero en particular Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Durango, y a lo largo de dos terceras partes de la península de Baja y en la zona costera de Sinaloa; se presenta una franja con riesgo bajando hacia el altiplano mexicano. Al considerar el clima de la región invadida, se añade una parte del norte de Chihuahua. Hay riesgos de hibridación en el suroeste de EUA, en Arizona, Nuevo Mexico y Texas, colindando en la frontera con México; para el híbrido *T. chinensis* y *T. aphylla*, al

considerar el escenario en función del clima de la distribución nativa, que el riesgo se da en la parte costera del Pacífico en la península de Baja California, así como en la parte media y sur de la misma; también en una zona muy localizada de Tamaulipas. Al considerar el clima de la región invadida y también en función de los registros en México, el riesgo ocurre en una parte del norte de Baja California, y está localizado en Chihuahua y Coahuila, así como en la zona costera de Sonora y parte de Sinaloa. Se muestran riesgos de hibridación en California y Arizona colindando con México. Los riesgos de hibridación son extensos en la península de Baja California, pero se encuentran localizados y aislados en las otras zonas del país. Los riesgos de hibridación de las especies de *Tamarix* consideradas en este reporte ocurren en particular en el Norte del país, en especial en Sonora, Chihuahua, Coahuila y, así como en la península de Baja California en cuya distribución potencial coincidirían estos híbridos distintos. Las regiones indicadas deben ser consideradas con mayor atención en el futuro para cualquier programa de manejo y control de *Tamarix* en México, debido a que los híbridos de las especies de este género son más invasivos que las especies parentales individuales. La invasión por estas cinco especies de *Tamarix* puede provocar pérdida de biodiversidad, problemas con la disponibilidad de agua, impactos en la calidad del suelo y acceso a zonas y pérdida de sitios para recreación, en las zonas de México donde se expandan sus poblaciones.

Introducción

Las invasiones biológicas son una de las mayores amenazas a la biodiversidad a nivel mundial. Las invasiones biológicas representan para los ecosistemas la incorporación exitosa de especies que modifican las interacciones entre los taxa nativos u originales del sistema, generan interacciones nuevas, y con ello pueden volverse inclusive especies clave después de un tiempo; pero de manera relevante, son parte del proceso de homegeneización de los sistemas biológicos en el mundo. Las interacciones pueden ser en general negativas dentro de un sistema, aunque pueden beneficiar a algunos de los elementos. El análisis de los efectos y consecuencias que producen las especies invasoras son difíciles de discernir dado que estas especies pueden comportarse de manera distinta entre ecosistemas donde se establecen, e inclusive entre sitios (Ehrenfeld 2010). Se predice que este problema se volverá peor conforme el cambio global se incrementa (Mooney & Hobbs 2000).

Las invasiones biológicas comprenden el proceso de introducción, establecimiento y expansión a lo largo del mundo de especies exóticas, que vienen de otras áreas geográficas (Elton 1958). Por lo general, las invasiones son producidas por la introducción accidental, pero en casos también ésta ha sido intencionada, y hay variados factores que las favorecen; entre estos factores deben ser incluidos de manera relevante, los de índole histórico del sitio y del paisaje (Vilà *et al.* 2008, 2011; Vilà & Ibañez 2011). El proceso de invasión inicia entonces cuando una especie es transportada, por un medio humano, a un área fuera de su rango de distribución natural. Dichas especies transportadas a otra región distinta a su rango de distribución son las introducidas. Posteriormente, si las condiciones del ambiente son adecuadas y si un número suficiente de individuos es liberado, se pueden reproducir y establecerse en pequeñas poblaciones. Si llegan a extender su rango de distribución en esta área, se vuelven invasoras (Duncan *et al.* 2003; Keller *et al.* 2015). El establecimiento y expansión de estas especies exóticas dependen de que las especies encuentren condiciones ambientales favorables que les permitan explotar, volverse invasoras.

Se puede definir a las especies invasoras como aquellas especies exóticas que al ser introducidas y establecerse expandiendo su distribución, afectan la biodiversidad en los ecosistemas y los procesos del ecosistema o servicios ecosistémicos (Mooney & Hobbs 2000, Mack *et al.* 2000, Pyšek and Richardson 2010, Vilà *et al.* 2011). Las especies invasoras tienen efectos donde son introducidas, desde los ecológicos y funcionales en los ecosistemas, hasta los impactos económicos y en la salud humana. Entre los ecológicos y funcionales se han encontrado el desplazamiento de especies, declive en poblaciones amenazadas o en riesgo, cambios en las interacciones, en las relaciones mutualistas (como la polinización, la dispersión de semillas), en la depredación sobre especies anteriormente inexistente, y cambios en los flujos de nutrientes (Dueñas *et al.* 2018). Por ello, las especies invasoras son aquellas exóticas que tienen impactos negativos. Son de especial preocupación en los países para su manejo aquellas especies que tienen muy fuertes efectos negativos en la biodiversidad, que modifican las interacciones entre especies, y en particular que afectan aspectos de salud humana y económicos.

Las introducciones pueden variar en tiempo para cada especie y región, pero se ha denotado que de manera relativamente reciente, debido a la facilidad del transporte y a la globalización del comercio y movimientos, las invasiones se han incrementado. Algunas especies se vuelven naturalizadas e invasoras, pero no todas las especies introducidas se volverán naturalizadas ni todas las naturalizadas se volverán invasoras. Las especies exóticas invasoras por su acción pueden tener costos de millones de dólares anuales a un país para controlarlas y erradicarlas de los nuevos sitios que colonizaron (Sakai *et al.* 2001, Pimentel *et al.* 2000, 2005, Pejchar & Mooney 2009, Shine 2015). Tan solo en EUA, se han estimado estos costos en 120 millones de millones de dólares anuales (Pimentel *et al.* 2005). Las especies invasoras pueden provocar la pérdida de servicios ambientales de los ecosistemas y pueden dañar los sistemas productivos de una región. Se requiere de políticas internacionales para controlar y reducir los impactos de las especies invasoras en un mundo globalizado, en que el transporte de especies es relativamente fácil y común (Keller & Perrings 2011).

En el caso de plantas con uso forestal y para proteger cultivos del viento o de ornato, los factores que llevan a las especies de un lado a otro son particularmente los humanos, intencionales, a través de su transportación. El movimiento e importación de árboles y arbustos a México (y al resto del mundo) con fines de ornato y de uso, ha ocasionado que algunos individuos se liberen o escapen hacia áreas y ecosistemas naturales en donde no se encontraban anteriormente. Varias de éstas han desarrollado un comportamiento invasor con el consiguiente incremento de la presión a la biodiversidad y ecosistemas nativos, de por sí ya afectados por otros factores.

Uno de los grupos de plantas que se han movilizado e importado sobre todo como ornato y para acciones de control de erosión en México (y muchos países), es el de los árboles del género *Tamarix*. Entre los árboles del género *Tamarix*, una de las especies *T. ramosissima* se encuentra entre las 100 peores especies invasoras en el mundo (Lowe *et al.* 2000), y varias de sus especies se consideran entre las plantas que más afectan la biodiversidad de cualquier sitio. Por otro lado, después de un análisis muy exhaustivo sobre los impactos de *Tamarix* en los EUA, han propuesto con base en lo encontrado, que aunque es una especie invasora, en algunos casos y en algunos sitios los impactos de las especies de árboles de *Tamarix* no pueden solo considerarse negativos, sino que los hay benéficos para la gente y para algunas especies de fauna (Sher & Quigley 2013). Es por ello de gran importancia para el país determinar el riesgo de invasión de las especies de *Tamarix* que se han establecido en México, así como de las que potencialmente se encuentran en ese proceso.

Conocimiento general de *Tamarix*

La familia Tamaricaceae tiene cinco géneros, *Hololachna* Ehrenb., *Myricaria* Desv., *Myrtama* Ovcz. & Kinz., *Reaumuria* L., y *Tamarix* L. Estos géneros son originarios principalmente de Asia central, del medio este y el norte de África y la región mediterránea de Europa (Crins 1989). El género *Tamarix* es nativo del Este Medio del área mediterránea, Asia Central y el Sur de África, principalmente Asia (Baum 1978, Villar *et al.* 2014). El mayor centro de especiación de *Tamarix* se encuentra en Pakistán, Afganistán, Irán, Turkmenistán,

sur de Kazajstán y oeste de China, así como en áreas del este del Mediterráneo (Arianmanesh *et al.* 2015).

No hay un consenso en cuanto al número de especies del género *Tamarix*, se han reportado entre 54 a 90 especies (Baum 1978, Crins 1989, Lovich 2006-2018, Yang & Gaskin 2007, Villar *et al.* 2014). Según Gaskin (2017), se compone por alrededor de 60 especies. En la página de internet de Tropicos.org del Jardín Botánico de Missouri se reportan más de 100 especies para *Tamarix* (Tropicos 2017). Lo anterior indica que la taxonomía de este género es complicada, máxime si se considera que se producen híbridos entre varias de las especies del género (Gaskin 2013). Por ello, su taxonomía no se encuentra resuelta.

En cuanto a su etimología, *Tamarix* es el nombre genérico que deriva del latín y que puede referirse al río Tamaris en la Hispania Tarraconensis en España (El-Husseiny *et al.* 2012). En México se conoce a estos árboles en general como “pino salado”. Las especies del género *Tamarix* son muy ramificadas, con ramas delgadas y flexibles; las ramas jóvenes son glabras; el color de la corteza varía de marrón rojizo a marrón, marrón negruzco, morado oscuro, gris o negro (Wilken 1993, Carpenter 1998, Lindgren *et al.* 2010).

Es importante señalar que estudios de las especies del género *Tamarix* presentadas en este reporte, muestran que las especies comparten características anatómicas y estructurales comunes entre ellas (Ohrtmann & Lair 2013). Por ello, asumimos que al poseer estructuras anatómicas similares tendrán mecanismos similares con relación a algunas funciones, tal como se ha visto para *T. aphylla*, *T. ramosissima* y *T. chinensis* (Kleinkopf & Wallace 1974, Dressen & Wangen 1981, Gucci *et al.* 1997). Este punto es importante porque hay información de aspectos anatómicos y de estructura-función que han sido bien descritos para alguna especie de *Tamarix*, pero no para las otras especies. Por ejemplo, se han descrito aspectos de las glándulas de la sal y secreción (liberación de soluciones iónicas desde las glándulas) de manera detallada para *T. aphylla* pero no han sido tan detallados para otras especies. No obstante, aunque no se han descrito con detalle para las otras especies, se asume que dichas características aplican a *T. ramosissima* y *T. chinensis*, que son más invasivas y además se encuentran más expandidas en el suroeste de EUA. Por ello, con lo anterior asumimos que algunas de sus características biológicas relevantes que hacen

ser a alguna de las especies de *Tamarix* especie invasora, pueden ser consideradas con el mismo efecto para las demás especies de *Tamarix*. Por lo tanto, se incluirán en las descripciones de las especies de manera similar, como sería la acumulación de sal, los tipos de reproducción sexual y vegetativo, y la producción masiva de semillas, y serán consideradas así en el análisis de riesgo.

Las poblaciones de especies de *Tamarix* tienen rasgos que les confieren una alta sobrevivencia y habilidades competitivas sobre todo en ambientes áridos, calientes y con suelos salinos. Estas características son el tener un rápido crecimiento, producir coberturas vegetales densas, tener sistemas radiculares profundos y generar una alta producción de hojarasca; se pueden establecer en ambientes con disturbios al tener tolerancia al estrés elevado, como la salinidad (Hultine & Dudley 2013, Ohrtman & Lair 2013).

Algunas especies de *Tamarix* se introdujeron en Norteamérica aproximadamente hace más de 120 años, a principios de los 1800s, como árboles y arbustos ornamentales, y posteriormente como rompevientos y como agentes de control de la erosión (Turner 1974, Baum 1978, DeLoach 1988, Walker & Smith 1997, Brock 1994, Carruthers *et al.* 2008). Hacia finales de 1800 algunas plantas se habían escapado y empezaban a invadir ríos y arroyos en zonas áridas y semi-áridas del suroeste de USA. Entre 1900 y 1960 las plantas se habían ya dispersado en zonas impactadas por actividades humanas, tales como zonas donde se controlaba el flujo de agua, donde se construían presas, donde se hacía modificación de cauces de ríos y otras zonas que contenían agua; este control del agua, desviando las corrientes, se incrementó con el fin de proveer agua para el crecimiento de las tierras agrícolas; también se incrementó su ocurrencia en áreas sobrepastoreadas sin control por el ganado, y en zonas de desmontes y acondicionamiento para minería, entre otras (Brock 1994).

En 1800's *Tamarix* fue usado para el control de erosión por viento y agua a lo largo de orillas de vías de ferrocarriles y canales (Carruthers *et al.* 2008). La plantación de *Tamarix* fue apoyada por el gobierno federal, así como por los estatales y locales, y también por administradores de tierras privadas, hasta mediados de 1900's (Carruthers *et al.* 2008). En los catálogos de los viveros de Nueva York y California en los años 1854-1861 se ofrecían

varias especies de pinos salados, en particular *Tamarix gallica*, *T. chinensis*, *T. germanica*, *T. libanotis* y *T. africana* (Robinson, 1965). En Latinoamérica y EUA se ha documentado que se ha estado usando a *T. aphylla*, *T. chinensis*, *T. gallica* y *T. plumosa*, como cortinas rompevientos (Hernández-Zuñiga 1992, Geilfus 1994). En México, se ha propuesto utilizar *T. gallica*, *T. ramosissima* y *T. articulata* para retener suelos y controlar erosión en casos extremos de suelos salinos y sódicos (SEMARNAT-CONAFOR, 2007), debido a que estos árboles soportan altas concentraciones de sales.

T. aphylla, *T. aralensis* y *T. tetrandra* son cultivadas como arbusto ornamental (Crins 1989, Robinson 1965). *T. parviflora* fue introducida ampliamente al suroeste de EUA para prevenir la erosión del suelo por el pastoreo del ganado (Crins 1989). *T. indica* se ha plantado para la producción de leña (Geilfus 1994). A *Tamarix* se le ha evaluado como particularmente problemática en Arizona, Nuevo Mexico, oeste de Texas, Nevada y Utah, aunque también se encuentra ampliamente distribuida en el sur de California, en los estados de las montañas rocallosas (Rocky Mountains), al oeste de los estados de las grandes planicies (Great Plains) y en partes de Idaho y Oregón (Zavaleta 2000a,b).

De manera general, se ha documentado que entre 10 y 12 especies de *Tamarix* se introdujeron a EUA en los años 1800s (Gaskin 2003, Gaskin & Schaal 2003), con fines de ornato, como árboles de sombra y como especies controladoras de la erosión. Estas son:

Las de interés en este reporte: *T. aphylla*, *T. chinensis*, *T. gallica*, y *T. ramosissima*; además de *T. africana*, *T. aralensis*, *T. canariensis*, *T. juniperina*, *T. parviflora*, *T. pentandra*, *T. tetrandra* y *T. tetragyna*.

Unas siete especies de *Tamarix* lograron establecerse una vez introducidas y habiéndose escapado, siendo *T. ramosissima* y *T. chinensis* las que lograron la más amplia distribución, sobre todo en zonas áridas y semiáridas de EUA, beneficiadas por los disturbios ocasionados por el hombre a los flujos naturales de los ríos (Robinson 1965, Everitt 1980, Zavaleta 2000a,b).

Tres especies de *Tamarix* se encuentran en la lista de la Global Invasive Species Database: *T. aphylla*, *T. parviflora* y *T. ramosissima*, incluyéndose, como se dijo, a esta última especie en la lista de las 100 peores especies invasoras del mundo (Lowe *et al.* 2004).

Tamarix se encuentra en numerosos ecosistemas y tipos de vegetación, tales como bosques de pino, matorrales, chaparrales de montaña, praderas montañosas, praderas de llanura y praderas de desierto (Lindgren *et al.* 2010). También en sitios diversos donde domina el roble y nogal, el álamo, olmo y hasta algodón. En general, los suelos dominados por *Tamarix* generalmente son más ricos en nutrientes, materia orgánica y sales (Sherry *et al.* 2016).

Las infestaciones mayores han logrado reemplazar entre el 50 y 100% de la vegetación nativa en grandes áreas dentro de la mayor parte de los arroyos o zonas donde corre el agua (temporal o permanentemente) dentro de su distribución (Horton & Campbell 1974). Hacia los años 1960s los árboles de *Tamarix* ocupaban en EUA alrededor de 365,000 hectáreas (Robinson 1965) y para 2005 habían alcanzado entre 500,000 a 600,000 hectáreas en áreas riparias adyacentes, en zonas áridas y semiáridas, desplazando de estas áreas la vegetación de bosques nativos y matorral en 33 estados de EUA (Robinson 1965, Everitt 1980, Brotherson & Field 1987, Zavaleta 2000a,b). Hay una estimación más actual de que *T. ramosissima* ha invadido alrededor de 1,000,000 de hectáreas a lo largo de México, EUA y Canadá (Center for Invasive Species Research, University of California Riverside; <http://cistr.ucr.edu/saltcedar.html>; last modified 28 April, 2014). Se estimaba que anualmente la invasión se expandía unas 18,000 hectáreas (Di Tomaso 1998), y esas pueden ser las tasas actuales. La invasión en estados como Montana y Dakota del norte se ha expandido muy rápidamente a pesar de ser reciente su invasión (USDA 2005).

Por otro lado, con relación a la documentación de problemas que estas especies generan donde se establecen como invasoras, se ha estimado que las tasas de evapotranspiración de las especies del género *Tamarix* son altas en las poblaciones en EUA; el consumo de agua puede ser tan extensivo que llega a secar manantiales, drenar charcas e incluso secar riachuelos perenes; se ha estimado que un solo árbol grande absorbe hasta 760 litros de agua al día (Di Tomaso 1998). Distintos estudios muestran un alto rango en el uso del agua por *Tamarix*, por ejemplo en Arizona se estimó que un árbol consume de 1.2 a 1.5 m³ de

agua al año (Robinson 1965). Asimismo, se estimó que la tasa de evapotranspiración de *Tamarix* es de 1.2 a 4.0 m³ anuales y que la tasa de captación de agua fue de 0.4 a 3.2 m³ anuales (Di Tomaso 1998). Es decir, evaporan grandes cantidades de agua que toman del suelo y subsuelo.

Los *Tamarix* deben ser controlados y erradicados por las siguientes razones: en zonas infestadas consumen una elevada cantidad de agua, incrementan la salinidad del suelo volviéndolo poco apto para otras especies (hay efectos alelopáticos), proveen un hábitat pobre para vida silvestre nativa y reducen la abundancia y diversidad de plantas y animales en hábitats riparios (estudios muestran, por ejemplo, una correlación negativa entre la abundancia de *Tamarix* y las aves frugívoras e insectívoras; Anderson *et al.* 1977; pero hay algunos estudios que indican que especies de algunos grupos como aves e invertebrados, utilizan estos árboles de manera importante; Sogge *et al.* 2013, Strudley & Dalin 2013), incrementan la incidencia de fuegos, reducen las áreas de uso recreativo para acampar, cazar, pescar, navegar, y hacer observación de aves y fotografía de vida silvestre. Afectan a especies en categorías de riesgo y causan alteraciones en los flujos de corrientes de agua o arroyos (USDA 2005).

La erradicación o control de especies invasoras es clave para los programas de restauración y de eliminación de los problemas que estas especies han ocasionado en los sistemas naturales (D'Antonio & Meyerson 2002). En diversos intentos de control y erradicación que se han hecho con especies exóticas invasoras, el éxito depende por una parte de la distribución y abundancia que tenga la especie en los sitios invadidos, de los requerimientos ecológicos que requiera para colonizar y expandirse (Bashkin *et al.* 2003, Abella *et al.* 2012), de su biología, de la competencia con otras especies, y por otra parte de lo que las normatividades permiten y de las actitudes de la gente (Keller *et al.* 2015); también de manera relevante depende de los métodos y costos que conlleve la erradicación y el control y del éxito de la restauración, entre otros factores. Lo que se puede concluir en general, es que se debe utilizar el mejor método para la especie y las características del sitio donde se encuentre la especie invasora que se desea controlar y erradicar, cuidando de no impactar los procesos ecológicos ni los servicios ambientales por el método utilizado.

Por otro lado, se requiere un programa de acciones de prevención y restauración ecológica. La erradicación de las especies invasoras depende de la interrelación de factores biológicos, operativos, socio-políticos y económicos (Simberloff *et al.* 2005, Cacho *et al.* 2006, Gardener *et al.* 2010). Pero tal vez antes de llegar a tener las condiciones que generen los elevados costos por el control y erradicación, antes de tener que tomar decisiones sobre los costos y beneficios de introducir una especie en un país, convenga más tener un programa de prevención para la entrada o importación de especies que se pueden volver invasoras a un país. Es decir, debe evaluarse la factibilidad o probabilidad de que una especie que es introducida a un país de manera intencional (aunque también podrían considerarse aquellas que pudieran ingresar de manera accidental) pueda volverse una especie invasora, para con ello tomar las medidas necesarias. Esta medida de prevención puede ahorrar grandes costos ecológicos y económicos a un país y a una región, pues hay especies que seguramente pasarán las fronteras imaginarias entre países porque no habrá barreras ecológicas que se lo impidan.

Los análisis de riesgo de especies tienen como finalidad, en parte, proveer información para prevenir el ingreso, de manera comercial o intencional, de especies que se pueden volver invasoras. Los análisis de riesgo pueden servir de base en un país, para mejorar y ajustar la normatividad con el fin de que la legislación contemple la regulación y las prohibiciones y actividades cuarentenarias en su caso, antes de permitir su ingreso al país. Debe tenerse con ello contemplado en la ley la forma de proteger a los ecosistemas y la economía de las regiones que se verían afectadas con la entrada de especies que pueden escaparse de las condiciones de cultivo o comercio controlado.

Los análisis de riesgo deben ser lo más rigurosos posibles y repetibles dentro de un país y es deseable que puedan aplicarse los mismos criterios de manera internacional. Por ello, en este trabajo presentamos los análisis de riesgo que han sido hechos y validados por un diseño que permite repetirlo y compararlo entre sitios, con una perspectiva temporal. Este análisis de riesgo se conoce como WRA (Weed Risk Assessment) y fue probado en Australia primero y ha sido utilizado y validado en otros países (Pheloung 1995, Pheloung *et al.* 1999).

Con el fin de apoyar en la toma de decisiones, se presenta en este reporte la información de la revisión detallada de las especies de plantas exóticas a México, *Tamarix aphylla*, *T. chinensis*, *T. ramosissima*, *T. hohenackeri* y *T. gallica*, así como los resultados de los análisis de riesgo de cada una de ellas. Para ello se presenta la información sobre el estado del conocimiento de los aspectos biológicos, ecológicos, de comercio y de legislación de estas 5 especies de plantas exóticas, cuyas potencialidades de invasión no habían sido evaluadas en el país con un método reconocido y aplicado ya de manera internacional. Para cada especie se hace primero un análisis independiente del conocimiento de los aspectos señalados, revisando la literatura. En segundo lugar, se presenta el análisis de riesgo, y posteriormente se hace la modelación de probabilidad de riesgo de invasión en función de la similitud climática y altitudinal. Asimismo, se incluye un análisis de potencialidades de hibridación entre especies del género *Tamarix* para las que ya se han hecho estudios genéticos que confirman que ocurre este proceso de hibridación. Finalmente, se dan las recomendaciones pertinentes para cada una de las especies indicadas en función de los resultados de estos análisis. Los resultados del análisis de riesgo y las recomendaciones surgidas se presentan en el apartado respectivo de cada especie.

Análisis de riesgo y contexto

Con respecto al análisis de riesgo, se realizó el que se basa en el WRA (Weed Risk Assessment) (Pheloung *et al.* 1995; 1999). También y de manera complementaria, se hizo la evaluación AQIS (Australian Quarantine and Inspection Service. Ambos análisis tienen el objetivo de determinar los riesgos de invasión de una especie, con el fin de recomendar se rechace o no su ingreso al país. Pero es el WRA el que presenta más información y más detalle en sus análisis. Se presenta la justificación y las referencias incluidas para dar respuesta a cada pregunta dentro del análisis de riesgo WRA para cada especie. Los procedimientos así como los valores que se dan para Rechazar la entrada de una especie en un país, pueden ser revisados en los Anexo 1.

Por otro lado, se evaluó el riesgo de invasión en México en función de la similitud climática. Para ello, se usó modelación Maxent con relación a los climas en su rango nativo y proyectado a los climas similares donde potencialmente podría establecerse en México cualquiera de las especies objetivo presentadas en este documento. Se hizo la proyección usando los climas de a. su rango nativo, b. donde la especie se ha establecido como planta invasora, y c. en Norte América, poniendo énfasis sobre el riesgo en México. Se hizo una modelación adicional incluyendo las distribuciones potenciales de cada especie de *Tamarix* sobreponiéndolas con la de las especies con las que se sabe que hay una potencial hibridación. De esta manera, se generaron los mapas de distribución potencial para cada especie de planta exótica utilizando la modelación Maxent con las variables climáticas a nivel del país y por similitud climática. El método, la ubicación de la base de datos y el procedimiento de la modelación así como el número de registros o tamaño de muestra de entrenamiento y evaluación del modelo para cada especie de *Tamarix* así como de la posibilidad de hibridación entre las especies para las que se conoce se da este proceso, se pueden consultar en el Anexo 2. Asimismo, los resultados de la contribución relativa e importancia de las variables climáticas a los modelos de Maxent de cada especie de *Tamarix* en su región nativa, en la zona de invasión a nivel mundial, proyectando para denotar el riesgo para la región de Norte y Centro América en especial con relación a México se presentan también en el Anexo 2.

Situación taxonómica de *Tamarix*

Familia Tamaricaceae Link

Son arbustos o árboles muy ramificados, halófitos, xerofitos o riparios; la corteza de los troncos es rugosa. Tiene hojas alternas, sésiles, enteras, similares a escamas, y pequeñas. Las inflorescencias son simples, o como racimos compuestos, brácteas similares a escamas. Flores con 4-5 sépalos, libres, sobrelapándose; 4-5 pétalos libres, sobrelapados, generalmente unidos debajo de los nectarios; 4-5 o más estambres, atados a los nectarios, o por debajo de ellos; ovario súpero, de una cámara, las placentas basales o parietales,

intrusivas (simulando cámaras) o no; 2 a varios óvulos; 3-4 estilos. El fruto es una cápsula con dehiscencia loculicida. Semillas comosas, numerosas, con un perispermo delgado.

Se compone de 3 géneros, y cerca de 110 especies con distribución nativa en Eurasia y África, algunas de ellas actualmente introducidas en diversos países.

La familia Tamaricaceae tradicionalmente se había colocado dentro de las Violales, actualmente se incluye en las Caryophyllales del grupo *core eudicots*. La familia Frankeniaceae se mantiene como familia hermana de las Tamaricaceae; comparten similitudes en diversas características incluyendo moléculas secundarias y la estructura de las glándulas de sal.

Tamarix Linnaeus, Sp. Pl. 1: 270. 1753; Gen. Pl. ed. 5, 131. 1754.

Pueden crecer como arbustos o árboles. Las hojas sésiles son parecidas a punzones o escamas, algo abrazantes al tallo amplexicaules o vaginadas, y generalmente se encuentran incrustadas con sal que han excretado. La inflorescencia es un racimo simple, compuesto, o una panícula, las brácteas abrazantes. Flores bisexuales, raramente unisexuales, con sépalos generalmente unidos en la base, persistentes; pétalos 4-5, libres, deciduos a persistentes, blancos, rosados o rojizos; estambres 4-5(15), libres; disco nectarario con 4-5(15) lóbulos, alternos o confluentes con los filamentos; estilos 3-4. Frutos con valvas lanceoladas. Semillas con un penacho de pelos en la punta, más grande que la semilla.

Las especies del género *Tamarix* se reproducen tanto por semilla como vegetativamente; producen una gran cantidad de flores y de semillas. Pueden llegar a producir unas 500,000 semillas por árbol maduro por año (NAS 1980), tener densidades de 897 plántulas/m² (Hopkins & Tomanek 1957) hasta 170,000/m² en una zona con barro en Arizona (Warren & Turner 1975). Pueden dispersarse vegetativamente, y producir nuevas plantas a partir de trozos de raíz y de ramas si llegan a sitios con condiciones adecuadas de humedad. Las raíces pueden desarrollarse subterráneamente y expandirse de esta manera (Gouldthorpe 2008). Las pequeñas semillas pueden ser transportadas por el viento y por el agua; también las partes vegetativas pueden ser transportadas por el agua (Young *et al.* 2004, Csurches 2008).

Es un género nativo de África, Asia y Europa, cuya taxonomía es sumamente compleja, existiendo controversia sobre el número de especies que integran al género. Algunos autores estiman cerca de 60 especies (Gaskin 2017, Arianmanesh *et al.* 2016), mientras que otros mencionan que pueden ser 90 especies (Qiner & Gaskin 2007). Existen dos factores que hacen difícil la taxonomía del género; el primero, es la dificultad para distinguir entre especies debido a su gran similitud morfológica en estado vegetativo; el segundo, es que varias de las especies pueden formar híbridos. Se considera que el género tiene dos centros de especiación en la región Indo-Turania y hacia la parte central de Asia, desde donde se extiende su distribución hacia Europa y África y hacia las regiones desérticas de la costa asiática del Pacífico (Baum 1978, Villar *et al.* 2014).

Actualmente alrededor de 10 especies de *Tamarix* se encuentran distribuidas fuera de este rango nativo como plantas introducidas y donde se les considera como especies invasoras, principalmente en EUA, México, Centroamérica y Caribe, Sudamérica, Islas del Pacífico (Hawaii, Nueva Zelanda), el sur de África, y Australia (Gaskin 2003, Mayonde *et al.* 2016).

Estudios morfológicos y filogenéticos sugieren que existen al menos 4 especies de *Tamarix* en EUA, siendo *T. chinensis* y *T. ramosissima* las más comunes. El rango de estas dos especies se sobrelapa en aproximadamente 4,200 kms dentro de su área nativa, a través de China y hasta Corea. Estas dos especies son difíciles de reconocer ya que son muy similares, pero existen diferencias taxonómicas y morfológicas que las distinguen, tales como características de la flor y afinidades edáficas. Pero también se han hecho análisis genéticos con el fin de determinar su identidad así como el origen de las plantas, comparando genotipos de poblaciones nativas e invasivas, utilizando amplificaciones de ADN polimórfico. En un estudio se registraron un total de 58 haplotipos y 538 alelos, con lo que se determinó que todas las poblaciones, excepto una en China de *T. chinensis*, tenían más de un haplotipo representado y algunos hasta 11 haplotipos. Al comparar, en EUA se encontró una diversidad genética menor que en el rango nativo con 12 de los 58 holotipos totales comparado con los 50 holotipos en Eurasia; se encontraron un total de 80 combinaciones genotípicas, 56 en Eurasia y 20 en EUA. Se demostró que en el rango nativo existe poca o nula hibridación entre *T. chinensis* y *T. ramosissima*, pero se encontró una

extensa hibridación dentro de los EUA entre estas dos especies, encontrando 12 genotipos que representan el híbrido de *T. chinensis* y *T. ramosissima*, siendo este híbrido la planta más común encontrada en la zona de invasión (Gaskin & Schaal 2002, Gaskin & Kazmer 2009).

Entre los casos de hibridación se encuentran sobre todo las poblaciones de los formados por *T. chinensis* y *T. ramosissima*, como se indicó. Estos híbridos causaron taxonómicamente una gran confusión, por lo que algunos autores en Norteamérica consideraron a estas especies como sinónimos (Gaskin 2016). Sin embargo al no formar híbridos en su rango nativo, en las áreas geográficas donde hay simpatría (Gaskin & Schaal 2002), se pudo resolver esta situación taxonómica. Es importante señalar que las poblaciones híbridas en Norteamérica y el sur de África se han identificado como altamente invasoras (Gaskin & Schaal 2003, Mayonde *et al.* 2016), con lo cual el problema de hibridación debe analizarse para *Tamarix* forzosamente en los análisis de riesgo de invasión en las áreas donde las especies puedan coincidir. Los híbridos encontrados y los que potencialmente pueden desarrollarse se presentan en la Figura 1.

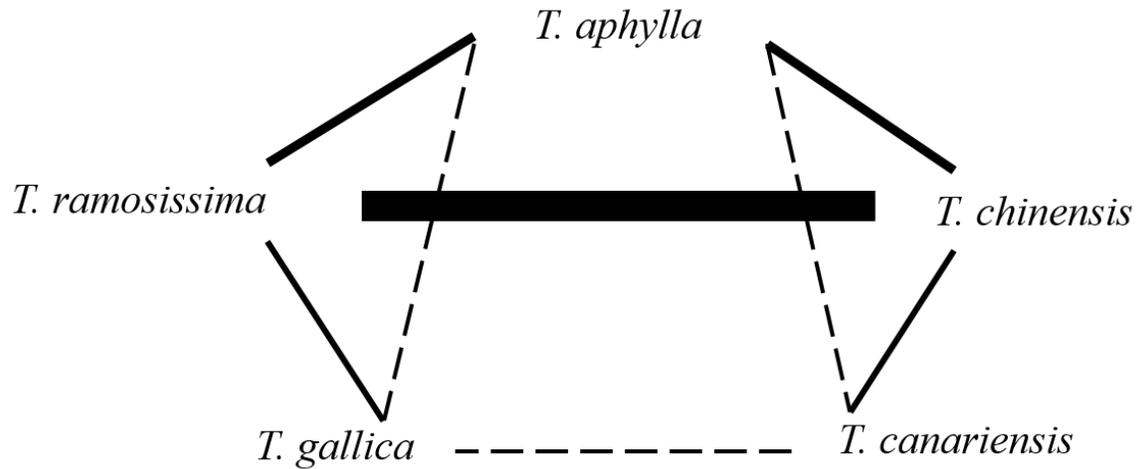


Figura 1. Diagrama de hibridación potencial entre las especies de *Tamarix* en Norte América. De acuerdo al grosor de las líneas entre especies es el grado de certeza de que se de este proceso: líneas más gruesas indican mayor evidencia de la hibridación y una ocurrencia más común en Norte América. Las líneas punteadas indican una falta de buena evidencia sobre la hibridación (tomado de Gaskin 2013).

Los pocos estudios moleculares sobre las relaciones taxonómicas dentro del género, confirman que ambas especies son distintas, además de que son relativamente bien separadas en los clados de clasificación con marcadores moleculares realizados para algunas regiones (Fig. 2) (Arianmanesh *et al.* 2016). Entonces la formación de híbridos se considera como un tipo de evolución rápida que ha favorecido el establecimiento de estas especies fuera de su rango nativo (Williams *et al.* 2014).

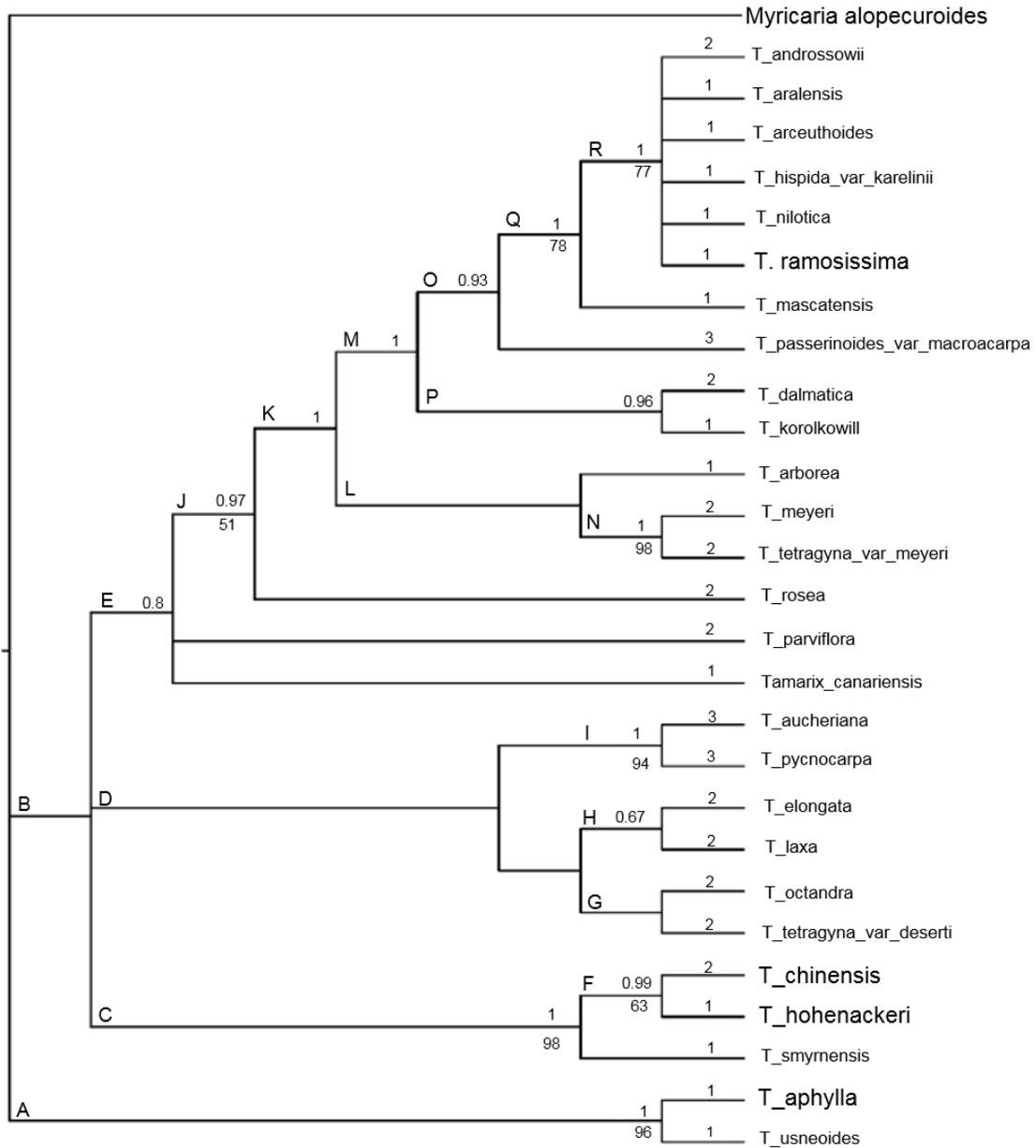


Figura 2. Porción de la filogenia construida a partir de secuencias de ITS ribosomal nuclear y trnS-trnG de cloroplasto, basada en 27 especies nativas de Irán (tomado de Arianmanesh *et al.* 2016). Nótese que en esta filogenia no se incluye a *T. gallica*.

Los híbridos entre especies de *Tamarix* son comunes, pero más entre ciertas especies (Gaskin & Schaal 2002, Gaskin 2013, Mayonde *et al.* 2015). Se reporta que el género *Tamarix* tiene $2n = 24$ cromosomas por lo que la hibridación es factible debido a la compatibilidad cromosómica, incluso entre las especies más alejadas del género (ver Figs.

1 y 2). Los híbridos de *T. ramosissima* y *T. chinensis* son más frecuentes de lo que se esperaba, estimándose que entre 83 y 87% de las plantas de *Tamarix* de estas dos especies en EUA, son genéticamente intermedias de las especies parentales (Gazkin & Krazmer 2009). Se han descubierto recientemente híbridos entre *T. aphylla* y *T. ramosissima* en EUA. También se cree que *T. aphylla* hibridiza con *T. parviflora*, que tiene una flor pequeña (Gaskin & Shafroth 2005, Gouldthorpe 2008, Gaskin 2013).

La hibridación parece ser un mecanismo extremadamente rápido para incrementar la variación genética al producir nuevas combinaciones de genes que pueden mejorar la evolución de la invasión (Schierenbeck & Ellstrand 2009, Mayon *et al.* 2015). Este es uno de los mayores beneficios que pudieran tener los híbridos, sobre todo en ambientes nuevos: el incremento en la diversidad genética. Estudios recientes han documentado que la hibridación puede mejorar la invasividad de las especies (Moody & Les 2002, Gazkin & Krazmer 2009, Schierenbeck & Ellstrand 2009). Esto parece deberse a que se establecen nuevas interacciones entre genes y a que se pueden transferir rasgos genéticos favorables, tales como tolerancia al frío o la resistencia a enfermedades o a la herbivoría; ello mejora la capacidad de las especies para invadir (Vilà *et al.* 2000, Sakai *et al.* 2001, Gaskin & Krazmer 2009). Los híbridos pueden por tanto tener una mayor tolerancia a climas distintos y pueden evitar herbívoros que fueran especialistas o específicos. Esta mayor variación de respuestas y resistencia de los híbridos puede ser un problema para los planes de control y manejo de las especies que para las especies parentales. ¿Cuál ha sido el mecanismo principal que ha promovido la conformación e incremento de híbridos en la actualidad? El movimiento de especies, plantas sobre todo, por los humanos (Vilà *et al.* 2000, Schierenbeck & Ellstrand 2009). Es un efecto indirecto de la introducción de especies exóticas invasoras a cualquier sitio. Concluyendo, procesos distintos para las invasiones se están dando por la acción humana, por el transporte de plantas hacia sitios donde anteriormente las especies no se encontraban. El reto será primero detener estos movimientos.

Contexto de la invasión

El movimiento de las especies de *Tamarix* a diferentes países fuera de su área de distribución, ha tenido una historia controversial con relación a su introducción. Primero, por los usos que la gente y gobiernos le han dado, tales como para control de erosión, como ornato, material combustible o para generar cortinas rompevientos en extensiones agrícolas. Estos usos promovieron un comercio y movimiento muy fuertes desde un inicio, y por algunas décadas. Y por otro lado, en la actualidad se han iniciado programas para su control y erradicación, muy en especial en zonas riparias, después de determinarse los efectos negativos que tienen las plantas del género *Tamarix* en la biodiversidad y sobre el recurso agua principalmente. Como se mencionó, estos efectos se han dado principalmente por procesos de competencia con especies nativas y por altas tasas de evapotranspiración, que resultan en grandes cantidades de agua que usa esta planta, modificando su disponibilidad para otras especies y para actividades productivas también. Dichas afectaciones pueden por tanto provocar cambios en los ecosistemas y en los servicios ambientales que brindan al humano (Sher & Quigley 2013). Recientemente, se han desarrollado una serie de estudios que muestran que especies de *Tamarix* pueden tener una baja competitividad y un menor éxito de colonización, que algunas especies nativas, en ciertos ecosistemas; de igual manera, se han valorado algunos beneficios en las áreas donde *Tamarix* se ha introducido y se ha expandido (Sher *et al.* 2000, Sher 2013). Los diferentes aspectos de la biología y ecología de cada una de las especies de *Tamarix* y los usos que la gente les da, se incluyen en el contexto de los análisis de riesgo que se muestran en este informe.

A continuación se presenta la información para cada una de las especies de *Tamarix* de interés en este informe de análisis de riesgo.

Tamarix aphylla

1. Introducción

Tamarix aphylla es descrita como nativa de Oriente Medio, Norte, Este y Centro de África, algunas regiones de Asia occidental y meridional. *T. aphylla* puede tener porte arbóreo o arbustivo; es una especie única en el género porque es perennifolia, no decidua, alcanzando una altura de hasta 20 m de altura, de tronco grueso, que puede tener 1 m o más de diámetro. Las plantas de esta especie no desarrollan raíces primarias ampliamente, pero forman raíces laterales que se extienden lejos del tronco del árbol. Fue introducida en EUA desde inicios de los 1800s y su expansión ocurrió de manera importante a finales de ese siglo, expandiéndose hacia mediados de 1900. Fue en tiempos relativamente recientes que se consideró a *T. aphylla* como especie invasora en el suroeste de EUA (Walker *et al.* 2006). Ha invadido 8 países, México incluido. En su rango de invasión forma híbridos con *T. ramosissima*, *T. chinensis* y *T. gallica*. *T. aphylla* se incluye en el Compendio Global de Malezas (Global Compendium of Weeds; Randall 2012) y se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva presente en 48 estados. Es catalogada como una especie exótica invasora en México (CONABIO 2016).

a. Taxonomía

***Tamarix aphylla* (L.) H. Karst. (1882).**

Clase: Magnoliopsida (Magnolias, margaritas y parientes (dicotiledóneas))

Superorden: Caryophyllana

Orden: Caryophyllales (Tamaricales)

Familia: Tamaricaceae (Tamarisco)

Género: *Tamarix* L. (Tamaris)

b. Sinónimos:

Tamarix aphylla (L.) Warb. (1929).

Tamarix aphylla (L.) Lanza (1909).

Tamarix articulata Vahl (1791).

Tamarix orientalis Forsk. (1775).

Thuja aphylla L. (1838).

c. Nombres comunes:

Español: Taraje, pinabete, pino de castillas (Al'Isbili 2010)

Inglés: Athel tamarisk, athel, athel pine, athel tamarix, athel tree, desert tamarisk, salt cedar, tamarisk (Quattrocchi 2000).

d. Especies de *Tamarix* con las que puede hibridizar

Se puede hibridizar con *T. ramossissima* y *T. chinensis* y de manera menos probable (pero no inexistente) con *T. gallica* (Gaskin 2013).

2. Descripción

Tamarix aphylla tiene una forma de árbol o arbusto, y es una especie única en el género porque es perennifolia, no decidua. Generalmente alcanza alturas pequeñas y con gran circunferencia. Se ha reportado una altura variable del árbol en la literatura, pero va de los 8 a los 20 m de altura, con una circunferencia de 1.0-2.1 m, ocasionalmente alcanzando una circunferencia de 3-3.5 m (Troup 1921, Stewart & Brandis 1924, Smith 1941, NAS 1980, Tesky 1992). En condiciones favorables, las plantas pueden crecer en un año entre 3 y 5 metros, y 2 a 5 cm de diámetro (Smith 1941). El árbol no es muy longevo, y tiene hojas que

envuelven el tallo en su totalidad. Se estrecha hacia arriba rápidamente, y está fuertemente ramificado, con ramas rectas, su corona no se extiende de manera amplia. Las plantas de esta especie no desarrollan raíces primarias ampliamente, pero forman raíces laterales que se extienden por grandes distancias lejos del tronco del árbol, y se encuentran a profundidades de 20 a 60 cm (Gerry 1954). *T. aphylla* cuenta con ramas finas, cilíndricas y nervudas, que se articulan en la base de la vaina; las ramas delgadas son húmedas, con glándulas puntiformes profundas que producen una eflorescencia salina (Troup 1921, NAS 1980). La corteza se vuelve gruesa y profundamente surcada en largas crestas estrechas en el tronco y suave en las ramas (Tesky 1992). La corteza de troncos grandes son grises a marrón rojizo; cuando la corteza es madura, el tronco principal es gris oscuro o marrón grisáceo y áspero (ARMCANZ & NZECCFM 2000).

Las hojas están oblicuamente truncadas y acuminadas, enfundadas, con un amplio margen (Fig. 3) (CABI 2018a). El follaje es de color gris azulado o grisáceo y se asemeja superficialmente a agujas de pino largas o follaje de *Casuarina*. Las hojas son pequeñas, de 0.8-2 mm de largo (Troup 1921); las reducidas a diminutas escamas que envuelven ramitas y terminando en puntas, sin vello, a menudo con glándulas salinas epidérmicas, cada una formando una articulación a lo largo de la ramita; éstas pueden formar una capa de costra en la superficie y gotear en el suelo (Fig. 3; Tesky 1992, Orwa *et al.* 2009).

Las flores están dispuestas libremente en los esbeltos picos. Son pequeñas, generalmente blancas, ocasionalmente rosadas; son unisexuales o bisexuales, monoicas o dioicas, sésiles y delicadas. Están esparcidas por largos y esbeltos picos que suelen estar agrupados en el extremo de las ramas en panículas racimosas sueltas, cubiertas de brácteas. Inflorescencias vernaes simples, aestival; uno compuesto y más común. Racimo, de 3-6 cm de largo, 4-5 mm de ancho (en flor; más ancho en fruta), curvado en espiral, con flores sub-sésiles, 5-partes. Brácteas triangulares a ampliamente triangulares, acuminadas, ligeramente unidas, más largas que los pedicelos. El pedicelo mide menos de 1 mm, mucho más corto que el cáliz. Sépalos de 1.5 mm de largo, enteros, obtusos, los dos exteriores ligeramente más pequeños, ampliamente ovaes a elípticos, ligeramente ondulados; el interior ligeramente más grande, ampliamente elíptico a sub-orbicular. Corola pentámera, sub-persistente a

caducosa. Pétalos de 2-2.25 mm de largo, elíptico-oblongo a ovado-elíptico persistentes o caducifolios. Androceo aplostémono, de cinco estambres anti sépalo; filamentos filiformes emergidos entre los lóbulos del disco nectario simétrico (CABI 2018). Estigma ovoide (Marwat *et al.* 2009) (Fig. 4).

El fruto es una cápsula sésil pequeña, de 5 mm de largo, dividida en 3 partes, en forma de campana, y madura en la estación fría. Las cápsulas contienen muchas semillas diminutas (0.5 mm de largo) con mechones de pelos largos, suaves y lanudos de 3 mm de largo, los cuales le ayudan a la dispersión por el viento. Las cápsulas maduras se vuelven marrones y se abren gradualmente para permitir que las semillas diminutas sean dispersadas por el viento (Orwa *et al.* 2009). Se presentan distintas características de *T. aphylla* en la Fig. 5.

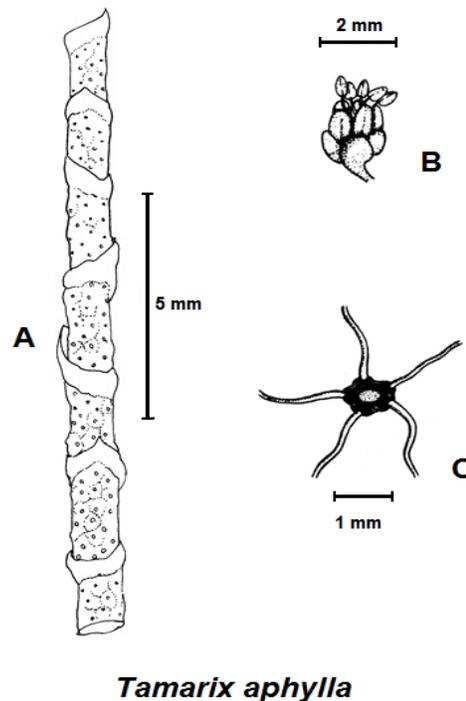


Figura 3. Algunas características de *T. aphylla*. A) ramilla con hojas; B) flor; C) disco floral. Modificado de *Flora of North America* (www.efloras.org).



a. Inflorescencia de *T. aphylla*. Forest & Kim Starr



b. Racimo de inflorescencia *T. aphylla*. Forest & Kim Starr



c. *T. aphylla* con estructura arbustiva. Nótese los racimos de inflorescencia. Forest & Kim Starr

d. Racimo de inflorescencia sin flores abiertas. Forest & Kim Starr



e. Botones florales de inflorescencia.
f. Flores abiertas en la inflorescencia.
Forest & Kim Starr



Forest & Kim Starr



g. Flor de *T. aphylla*, Guerrero Negro, BCS.
R. Rodríguez-Estrella



h. Flores abiertas de la inflorescencia.
Forest & Kim Starr



i. Frutos de *T. aphylla*; en Guerrero Negro, BCS.
R. Rodríguez-Estrella

Figura 4. Botones florales, flores e inflorescencias de *T. aphylla*. Fotos con permiso académico de los autores, mismos que se indican al final en cada fotografía.



a. Hoja de *T. aphylla*, Mulegé, BCS. R. Rodríguez-Estrella



b. Hoja de *T. aphylla*, en Guerrero Negro, BCS.
R. Rodríguez-Estrella

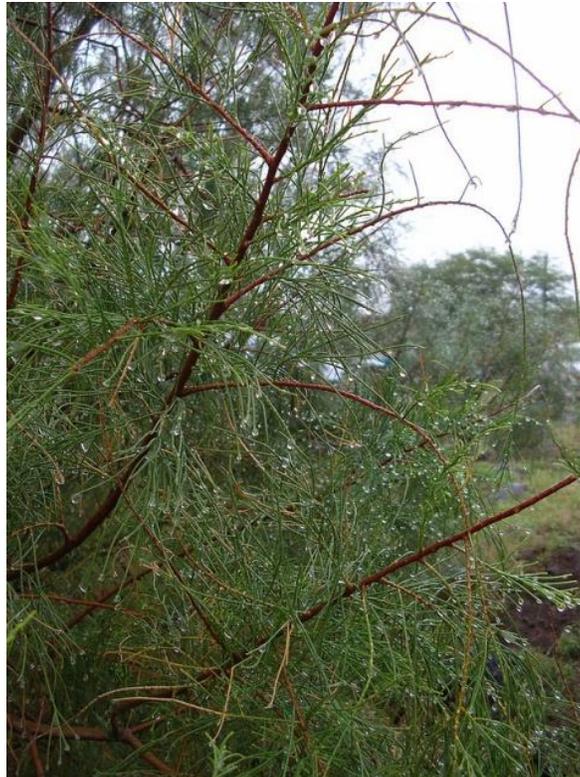


c. Hojas de *T. aphylla*.
Forest & Kim Starr



d. Rama joven, rojiza, con flor.
Jacky Judas

e. Detalle de rama y hojas, Mulegé, BCS.
R. Rodríguez-Estrella



f. Ramas y hojas de *T. aphylla*. Forest & Kim Starr



g. Tronco y crecimiento torcido de la rama de *T. aphylla*, característica común en este género. R. Rodríguez-Estrella



h. Tronco rugoso acanalado pronunciado de *T. aphylla*; San Bruno, Mulegé, BCS.
R. Rodríguez-Estrella

i. Tronco bifurcado de *T. aphylla*, Mulegé, BCS.
R. Rodríguez-Estrella



j. *T. aphylla* creciendo como arbusto. Jacky Judas



k. Crecimiento arbóreo de *T. aphylla*; Col. Benito Juárez, Mulegé, BCS.
R. Rodríguez-Estrella



l. Rebrote de *T. aphylla*, a partir de árbol cortado, del tronco, en Col. Benito Juárez, Mulegá, BCS. R. Rodríguez-Estrella



m. Rebrote de *T. aphylla* quemado, Mulegá, BCS.
R. Rodríguez-Estrella



n. Mismo árbol de *T. aphylla*, Mulegá, BCS.
R. Rodríguez-Estrella

Figura 5. Hojas, ramas, troncos, rebrotes y crecimiento arbustivo y arbóreo de *Tamarix aphylla*. Fotos con permiso académico de los autores, mismos que se indican al final en cada fotografía.

3. Biología e historia natural

Se ha propuesto que la especie se originó en el Sahara Central (Stewart & Brandis 1924, NAS 1980, Qaiser 1983), más específicamente de Sudán (Booth & Wickens 1988, CABI 2018), desde donde se extendió a otras áreas de Asia y África.

T. aphylla crece en una forma arbórea y también arbustiva. Su principal método de propagación es vegetativo, y la reproducción sexual es rara comparativamente, pero sí ocurre (Meyers-Rice 1997, Walker *et al.* 2006). Cuando la planta es cortada al ras, puede brotar desde de la corona de la raíz o formar raíces adventicias de tallos sumergidos, rotos o enterrados (McKell *et al.* 1971, Kunzmann *et al.* 1989). Es particularmente exitosa cuando las ramas se rompen por las inundaciones y son llevadas río abajo (Danin 1981). La longevidad máxima de los propágulos vegetativos es mayor a cinco años (Tesky 1992).

Se había sugerido que *T. aphylla* era infértil en EUA (Hoddenbach 1989), pero se ha encontrado a esta especie produciendo semillas fértiles (Weber 2003), tanto en el área recreativa nacional Lake Mead en el sur de Nevada, como en Australia e Israel (Walker *et al.* 2006).

T. aphylla es una planta siempre verde, no decidua. La floración inicia normalmente hacia el tercer año de vida, y posteriormente continúa de manera anual. Florecen durante los meses de verano, independientemente del régimen de lluvias, pero parecen estar influenciados por el régimen de temperatura local. En sitios cálidos la floración es temprana, empezando en mayo; en lugares fríos la floración se extiende hasta octubre-noviembre (Danin 1981, Csurches 2008). Los frutos son pequeñas cápsulas que maduran a finales de verano. Cada cápsula produce entre 10 y 20 semillas, de las cuales solo unas pocas se desarrollan para ser completamente viables (Tesky 1992, El-Husseiny *et al.* 2012). Su fenología parece ser controlada por el fotoperiodo, la irradiación, la temperatura y la disponibilidad de agua, ya sea promoviendo o retrasando la floración, la producción de semillas o su crecimiento (Walker *et al.* 2006). La reproducción empieza a partir del tercer año de vida y partir de ahí continua anualmente (Csurches 2008).

En su rango nativo, un solo árbol puede producir hasta 500,000 semillas por año (NAS 1980). Las semillas son diminutas y velludas del tamaño del polen, de tal manera que en un gramo puede haber contenidas 1,000 semillas. Con esta característica de pequeño tamaño y por las estructuras como pelos, se pueden dispersar ampliamente y a grandes distancias por el viento, pudiendo viajar hasta 8 km o más. Las semillas flotan también en el agua (Young *et al.* 2004, Csurches 2008).

Las semillas maduran en verano, de septiembre a octubre, pero su viabilidad es de corta duración, de 4 a 6 semanas. La germinación se limita a la estación de verano, pero pueden germinar la mayor parte del año si hay suficiente humedad disponible, pudiendo ocurrir en otoño también. Las semillas germinan rápidamente con la humedad del suelo, en las primeras 15 o 24 horas, pero el crecimiento de las plántulas es lento, lo que las hace susceptibles a la desecación a medida que el suelo se seca nuevamente. Esto es importante en las zonas o años en que las lluvias son escasas. Las condiciones de germinación son amplias, pero un óptimo con buena germinación ocurre entre 10 a 35 °C (Danin 1981, Csurches 2008).

En las áreas donde coinciden la dispersión de semillas y las inundaciones en verano, hay una buena tasa de germinación de las semillas por la humedad en el suelo a los pocos días de que ocurre la liberación de las semillas. Una vez establecidas las plántulas, pueden persistir aprovechando las reservas de agua con el sistema radicular profundo. Las plántulas alcanzan de 60-100 cm en el primer año. Pasado el periodo de plántula, exhiben un rápido crecimiento y los árboles crecen hasta 2-5 m por año en condiciones favorables (Danin 1981, Csurches 2008, Walker *et al.* 2006). La reproducción sexual ocurre en áreas bien irrigadas, como en zonas riparias, e inclusive alrededor de invernaderos donde se cultivaran (Danin 1981). La longevidad máxima de los propágulos vegetativos es de poco más de cinco años (Tesky 1992).

La viabilidad de las semillas se incrementa hasta diez veces en condiciones controladas de laboratorio. Bajo condiciones secas, las semillas sobreviven cuatro meses en condiciones de almacenamiento, y solo germina el 1% después de una semana de ser sembradas en campo. Incluso en condiciones de laboratorio, idealmente húmedas, la mitad de la germinación de

la semilla se ha producido en 3-4 días (Walker *et al.* 2006). En Israel, que es parte del rango nativo de *T. aphylla*, la viabilidad de las semillas ocurre en un corto plazo, y su germinación se ve limitada si hay baja disponibilidad de agua (Walker *et al.* 2006).

Se han descubierto recientemente híbridos entre *T. aphylla* y *T. ramosissima* en EUA. Estas plantas tienen *T. aphylla* como fuente de semillas y son de apariencia intermedia entre estas dos especies (Gaskin & Shafroth 2005, Gaskin 2013). El primer hallazgo de híbridos se reportó en el Área Recreativa Nacional Lake Mead, en Nevada, donde se encontraron 3 fenotipos y 3 genotipos: *T. aphylla*, *T. ramosissima* y un híbrido. Se sugiere que estos híbridos pueden ser más invasivos que cualquiera de las plantas madre. Los híbridos pueden tener una mayor tolerancia a climas distintos y pueden evitar herbívoros que fueran especialistas o específicos de las plantas. De hecho, la colonización y establecimiento de esta especie en una latitud tan alta como en Nevada (36 °N), con climas más fríos, era poco esperable dado que ocurre mucho más al norte que lo que se esperaría para una especie xerofítica. Es probable que el hecho de ser plantas híbridas les confiera una mayor tolerancia al frío. La mayor reproducción sexual reciente de *T. aphylla*, junto con el incremento en la hibridación, parece ser que generarán mayores problemas de invasión en el futuro en EUA y el norte de México (CABI 2018a). La mayor variación de respuestas y resistencia de los híbridos puede ser un problema para los planes de control y manejo de las especies que lo sería para las especies parentales de manera independiente.

La viabilidad de las semillas de los híbridos de *T. ramosissima* X *T. aphylla*; y *T. chinensis* X *T. aphylla* del noroeste de EUA fue de 3.8% (de un total de 239 semillas); esta es hasta ahora la única evidencia de viabilidad de semillas de híbridos de *Tamarix* (Gaskin & Shafroth 2005). No se ha esclarecido qué tipo de características reproductivas o invasivas exhibe el híbrido de *T. ramosissima* y *T. aphylla*, porque hasta el momento no ha sido observada la producción de semillas en Lake Mead, pero ya se han reportado semillas viables de un individuo híbrido similar que fue encontrado a lo largo del Río Colorado, cerca de Blythe, California (Gaskin & Shafroth 2005). Se espera que esto ocurra en Nevada dentro de un tiempo, sobre todo bajo escenarios de cambio climático esperables.

También se cree que *T. aphylla* hibridiza con *T. parviflora*, que tiene una flor pequeña (Gaskin & Shafroth 2005, Gouldthorpe 2008, Gaskin 2013). Se requieren estudios sobre estos híbridos y sus efectos.

Por otro lado, se han realizado trabajos de selección de *T. aphylla* en Israel, donde se lanzó un cultivar mejorado llamado “erecta” (Bosh & Louppe 2011). Pero *T. aphylla* var. *erecta*, no se ha catalogado científicamente y no se encuentra en la naturaleza, siendo en apariencia muy diferente a las otras 15 variedades de *Tamarix* que existen en Israel (Harari 2014). Esta variedad parece haber sido posible por la hibridación interespecífica en el género (Bosh & Louppe 2011).

4. Ecología

Tamarix aphylla crece en climas subtropicales cálidos y áridos, a mediterráneos tropicales con lluvias de verano, teniendo precipitaciones uniformes, con lluvias de verano o de invierno (Booth & Wickens 1988). Generalmente crece en bosques caducifolios y matorrales caducifolios (NAS 1980, Bosch & Louppe 2011). En su rango nativo, se encuentra comúnmente en oasis y a lo largo de donde se encuentran corrientes efímeras (Weber 2003). En África, se establece al lado de los ríos estacionales de matorral caducifolio (Bosch & Louppe 2011). Se le puede encontrar en altitudes de 0 a 1200 m, incluso en desiertos salados de hasta 1,700 m de altitud (Booth & Wickens 1988, NAS 1980). Crece bien en las cimas de las dunas de arena en las regiones subtropicales que reciben 250-500 mm de lluvia anual (Troup 1921, NAS 1980).

En su rango de invasión, puede ocupar climas áridos, árido-tropicales y también mediterráneos, en zonas perturbadas por lo general.



a. *T. aphylla* creciendo a orillas de laguna salina, Guerrero Negro, BCS. R. Rodríguez-Estrella

b. *T. aphylla* creciendo sobre playa, San Bruno, Mulegé, BCS. R. Rodríguez-Estrella



c y d. *Tamarix aphylla* creciendo en ambientes perturbados. Forest & Kim Starr



e. *T. aphylla* creciendo en el Desierto de Vizcaíno, escape a zona natural; tramo de la carretera Transpeninsular de San Ignacio a Vizcaíno, BCS.

R. Rodríguez-Estrella



f. *T. aphylla* creciendo dentro del palmar ribereño en oasis de Mulegé, BCS. R. Rodríguez-Estrella



g. Acercamiento de *T. aphylla* dentro del palmar del oasis, BCS. R. Rodríguez-Estrella

Figura 6. Hábitats donde puede establecerse y crecer *Tamarix aphylla*. Fotos con permiso académico de los autores, que se indican al final en cada fotografía.

T. aphylla se desarrolla en suelos arenosos, en dunas, riberas de ríos, y canales. El mejor crecimiento de *T. aphylla* es en suelo arcilloso, pero también se encuentra en arena, arcilla rígida y en suelos alcalinos, salinos y anegados estacionalmente (NAS 1980). Prosperan mejor en un suelo franco medio a ligero y responden con un crecimiento más vigoroso cuando se plantan en buenos sitios o donde hay un alto nivel freático o existe riego (Smith 1941, Danin 1981). Las plántulas se establecen fácilmente en suelos salinos y alcalinos, donde pueden alcanzar 60-100 cm de altura en el primer año (Danin 1981, Csurches 2008).

Las plantas tienen una alta tasa de supervivencia en áreas salinas (Tesky 1992) y en suelos salinos sódicos (NAS 1980). *T. aphylla* tolera niveles de salinidad superiores a 25-35 dS/m (citado como su sinónimo *T. articulata*; Khan *et al.* 2006). Tolerancia situaciones estériles muy secas, siempre que sus raíces puedan encontrar agua subterránea. Esta característica de freatofita mejora su crecimiento y supervivencia a lo largo de las orillas de los cursos de agua, sobre todo cuando se enfrentan a eventos de perturbación episódicos, como sequías e inundaciones (Bosch & Louppe 2011).

Puede tolerar hasta 15 heladas al año, pero no puede soportar heladas severas (NAS 1980, Booth & Wickens 1998). Algunos autores reportan que puede tolerar temperaturas tan bajas de -6°C (Bosch & Louppe 2011). Han dado un rango de temperaturas en que puede morir o ser dañada la planta, entre -8.8 y -6.6 °C (Gerry 1954).

T. aphylla presenta ventajas competitivas como una rápida tasa de crecimiento, en comparación con las especies nativas que tienen un crecimiento más lento (Gouldthorpe 2008). Otra característica, es la formación de matorrales densos, que puede incorporar más fácilmente agua subterránea y nutrientes, con lo que puede excluir a la vegetación nativa. En Australia por ejemplo, el árbol nativo *Eucalyptus camaldulensis* se ha probado que es superado por *T. aphylla* en los aspectos mencionados (Weber 2003). Solo unos pocos pastos y quenopodios australianos *Chenopodium* spp. pueden crecer en asociación con *T. aphylla* (ARMCANZ & NZECCFM 2000). De igual forma, en su rango de invasión, se encuentra asociada con frecuencia a especies como el mezquite (*Prosopis pubescens*), saladillo (*Atriplex lentiformis*), la cachanilla (*Pluchea sericea*), mezquite occidental (*Prosopis*

glandulosa v. *torreyana*), chamizo cenizo (*Atriplex polycarpa*), chamizo (*Allenrolfea occidentalis*) y grama salada (*Distichlis spicata*) (Rowlands 1989).

A *T. aphylla* la pueden polinizar abejas y seguramente coleópteros de manera indirecta (Fig. 7). Se ha reportado que 325 especies de insectos atacan al género *Tamarix* en su rango nativo (Rusia, China, el sur de Asia o el área del Mediterráneo). Sin embargo, pocos de estos insectos atacan a *T. aphylla* (CABI 2018, Booth & Wickens 1988). En plantaciones de *T. aphylla* de India y Pakistán (rango nativo), se han reportado infestaciones intensas del hemíptero *Chionaspis engeddensis* (Beenson 1941, Moghaddam & Tavakoli 2010); de *Teleiodes myricariella*, pequeña polilla, cuyas larvas se alimentan de hojas; de la polilla *Cossus acronyctoides*, cuyas larvas perforan los tallos vivos; del hemíptero *Trabutina serpentina*, insecto que daña los brotes y ramas pequeñas, alimentándose de la savia de *T. aphylla* (Danzig & Miller 1996); y de la polilla *Amblypalpis olivierella*, que se desarrolla en la ramas de esta planta induciendo agallas (Booth & Wickens 1988). También, el ácaro *Aceria tlaiae* lo parasita y le produce agallas (Al'Isbili 2010). Es común encontrar infestaciones del coleóptero cerambícido perforador *Bachydissus holosericeus* en plantaciones de *T. aphylla*, causando gran mortandad (CABI 2018). En Israel y Pakistán se hizo una lista de agentes de control biológico para *Tamarix*, siendo el coleóptero o escarabajo buprestido *Steraspis squamosa* el que más dañó a la planta (DeLoach *et al.* 2011, CABI 2018). Otros grupos de insectos que atacan a *T. aphylla* incluyen *Colposcения elegans*, *Hypophyes aphyllae* (Hayat *et al.* 2002), *Ornativalva erubescens* (CABI 2018), *Ornativalva plutelliformis* (De Aizpurua 2001); *Lepidogma orbitalis*, que se alimenta de follaje (Booth & Wickens 1988); *Cryptocephalus sinaita moricei*, cuyos adultos y larvas se alimentan de los brotes (DeLoach *et al.* 1996). Se han reportado los siguientes hongos en *T. aphylla*: *Polyporus calcutensis*, *Polyporus hispidus*, *Sirodiplospora tamarici*, *Teichospora obduceu* y *Valsaria tamaricis* (CABI 2018).

Por otro lado, en su rango no nativo, en el de invasión, se han registrado 125 insectos y ácaros en *T. aphylla* en EUA (Booth & Wickens 1988), tales como la polilla *Characoma nilotia* que se alimenta de las inflorescencias de *T. aphylla* (CABI 2018). En Norte América se ha usado como agente de control biológico de *Tamarix* al escarabajo *Diorhabda elongata*, que

se alimenta de su follaje (Estrada-Muñoz 2014, CABI 2018); este coleóptero es originario de la zona Paleártica y se conoce como escarabajo del mediterráneo; fue introducido en América para realizar control biológico (Tracy & Robbins 2009). En la zona fronteriza de México, se ha encontrado que *D. elongata* ha provocado efectos negativos en *T. aphylla* (PROFAUNA, 2011). No se indica en ninguna publicación si este escarabajo produce efectos en otras plantas o en la fauna.

T. aphylla cuenta con una variación conocida como “erecta”, que no se encuentra normalmente en la naturaleza, pues presenta fuertes limitantes para sobrevivir en condiciones de sequía, así como su mecanismo de propagación natural es deficiente. Esta variedad de plantas es apta para el cultivo en áreas al sur o al norte del ecuador, dentro de la latitud 35°. Se pueden adaptar a suelos alcalinos, salinos, ácidos y anegados (Harari 2014).



a. Escarabajos en inflorescencia.
Anne Reeves

b. Escarabajo en inflorescencia.
Anne Reeves



c. Coleóptero (bostriquido) atacando a planta de *T. aphylla*. Forest & Kim Starr



d y e. Abeja polinizando flores de *T. aphylla*. Anne Reeves



f. Mosca posada sobre *T. aphylla* Guerrero Negro, BCS. R. Rodríguez-Estrella

Figura 7. Interacciones de insectos con *Tamarix aphylla*. Fotos con permiso académico de los autores, que se indican al final en cada fotografía.

5. Estatus

T. aphylla es descrita como nativa de Oriente Medio, Norte, Este y Centro de África, algunas regiones de Asia occidental y meridional. Se ha propuesto que la especie se originó en el Sahara Central (Stewart & Brandis 1924, NAS 1980, Qaiser 1983), desde donde se extendió a Pakistán, India, Afganistán, Medio Oriente, Egipto y el norte de África, así como a Eritrea, Somalia, Kenia y Etiopía. De manera más específica, consideran su origen en Sudán (Booth & Wickens 1988, CABI 2018). Ha invadido 8 países, México incluido. En su rango de invasión forma híbridos con *T. ramosissima*, *T. chinensis* y *T. gallica*. *T. aphylla* se incluye en el Compendio Global de Malezas (Global Compendium of Weeds; Randall 2012) y se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva presente en 48 estados (USDA-NRCS 2012, <https://plants.usda.gov/java/noxiousDriver>; <https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=TAAP>). Se le considera como una planta escapada de cultivos, naturalizada, invasora, una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos, maleza agrícola con efectos económicos; es una maleza dañina que la gente debe controlar, debe estar en cuarentena (Randall 2012).

a. Distribución nativa

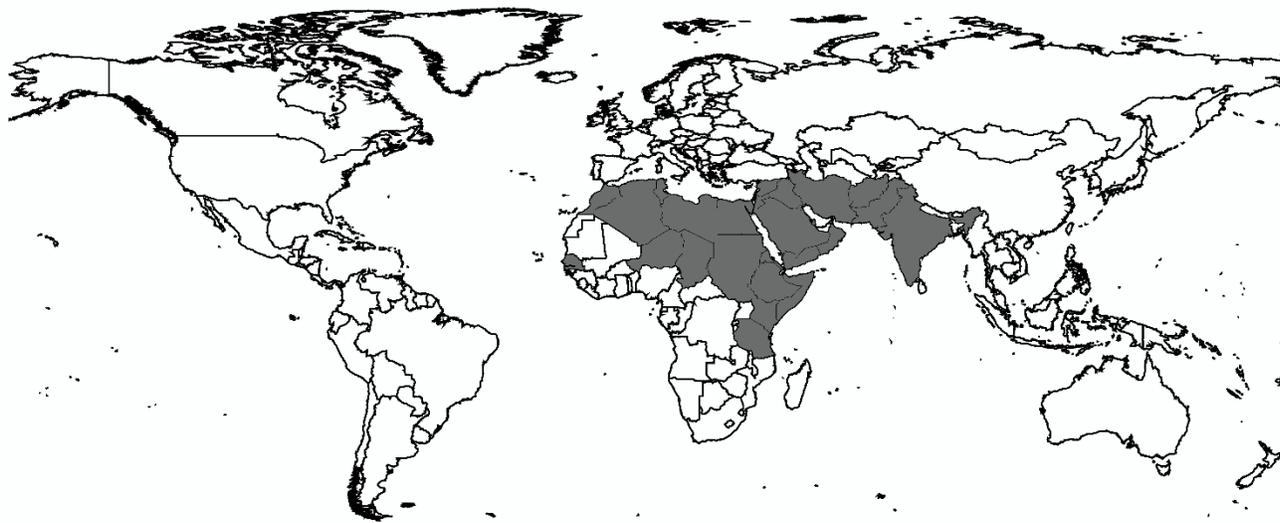
Es una especie nativa de la región de Asia y África. Dentro de esta gran región, se distribuye en Asia en Afganistán, Gaza, India (Chandigarh, Delhi, Haryana, Indian Punjab, Madhya Pradesh, Rajasthan, Uttar Pradesh), Irán, Iraq, Jordania, Kuwait, Omán, Pakistán, Qatar, Arabia Saudita, Siria, Yemen del Norte; en África en Argelia, Egipto, Eritrea, Etiopía, Kenia, Libia, Marruecos, Senegal, Somalia, Sudán, Tanzania, Túnez, Níger y Chad (Booth & Wickens 1988, Orwa et al. 2009, CABI 2018) (Fig. 8).

b. Distribución de invasión

Se ha introducido como especie exótica en países con climas sobre todo áridos y semi-áridos, en Sudáfrica, Australia (invadiendo el Territorio Norte de Australia, Nueva Gales del Sur, Queensland, sur y oeste de Australia) (ARMCANZ & NZECCFM 2000, Marlin et al. 2017). En América, en Canadá, EUA (Arizona, California, Texas, Nevada, Utah y Hawái) (USDA 2018a, Marlin et al. 2017) y México (Sonora, Baja California, Chihuahua, Coahuila y Estado de México) (CONANP & FMCN 2005, Arévalos-Vargas 2007, Estrada-Muñoz et al. 2013, Villar et al. 2014). Se le reporta como especie invasora en Puerto Rico (USDA 2018a) y Perú (en Ica; Whaley et al. 2010). En Israel hay presencia de *T. aphylla*, que de acuerdo a CABI (2018) es introducida, pero Walker et al. (2006) lo señala como nativa de Israel (Fig. 8).

Tamarix aphylla

Distribución nativa



Distribución de invasión

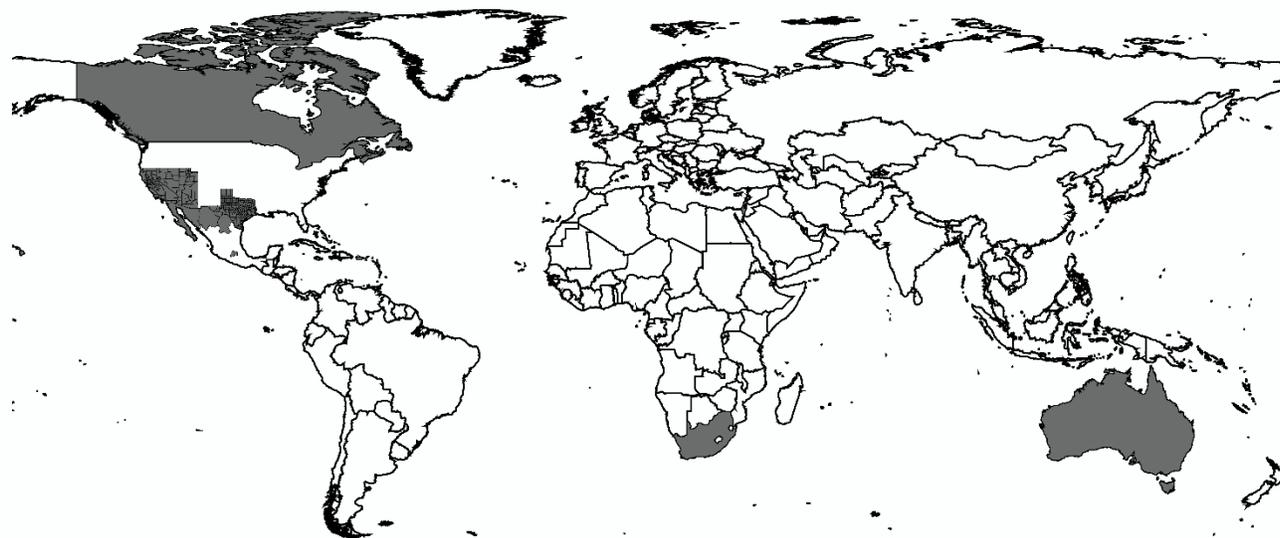


Figura 8. Mapas mostrando la distribución nativa de *Tamarix aphylla*, así como en los países donde se le ha introducido y es exótica, invasora.

6. Usos y comercialización

Varias especies del género *Tamarix* se introdujeron por primera vez a EUA en 1823. Se plantaron ampliamente como plantas ornamentales, como cortinas rompevientos y para la estabilización de los bancos de arroyos (Brotherson & Winkel 1986, Brock 1994). A *T. aphylla* se le promocionó como una planta útil en el control de la erosión en ríos y como cortinas rompevientos (Meyers-Rice 1997).

En 1911, se introdujo *Tamarix aphylla* en los desiertos del suroeste de EUA para usarse como un árbol de sombra. Entre 1930 y 1940 *T. aphylla* fue introducida y promocionada como una árbol útil en las zonas áridas y semiáridas de Australia, plantándose en Broken Hill y Whyalla; los esquejes, originarios de California, se distribuyeron ampliamente en toda Australia. Entre 1940 y 1950 se continuó plantando en otras regiones como una de las especies que servían para proteger del viento y el sol a granjas, comunidades, pozos y otras áreas, con el fin de estabilizar la tierra móvil o erosionada. En la década de 1970 se sembró ampliamente para dar sombra y como cortinas rompevientos (Griffin *et al.* 1989, Fuller 1993, Gouldthorpe 2008). Más recientemente, se sembró para rehabilitar antiguas instalaciones mineras e instalaciones de almacenamiento de relaves. Sin embargo, a partir de su introducción en Australia en 1930 (Gouldthorpe 2008), *T. aphylla* empezó a invadir varios sistemas ribereños, especialmente en el río Finke después de una inundación en 1974 (Griffin *et al.* 1989). Por ello, se le denominó como una maleza de importancia nacional (Thorp & Lynch 2000). *T. aphylla* ahora también se considera una maleza dañina en Hawai, donde se introdujo como un árbol de sombra ornamental (Walker *et al.* 2006).

En Omán, Qatar, Arabia Saudita, Israel, Irán y Australia se ha recomendado a *T. aphylla* para el control de la erosión y la estabilización del suelo, especialmente para las dunas de arena (Booth & Wickens 1988). Tiene un rápido crecimiento y resiste al entierro al desplazar la arena, mejorando la capacidad de retención de agua de la arena. Sin embargo, un problema es que tiene altas tasas de pérdida de agua por evapotranspiración lo que se vuelve un problema en zonas áridas y semiáridas (NAS 1980, Csurches 2008). En Israel, una variedad

conocida como *T. aphylla* var. *erecta* fue cultivada en la década de 1970 por el gobierno israelí, para usarse como rompevientos en el oeste del desierto Negev y en el valle de Arava; también fue dirigida a la producción de biomasa. El proyecto fue abandonado finalmente y se desconoce el origen de la variedad así como no existe algún registro que indique que se encuentra actualmente fuera de los límites del estado de Israel. Se rumora que fue llevada de Chipre, pero en Chipre se dice que fue traída desde Israel. En cualquier caso, esta variedad ya no existe en Chipre (Harari 2014).

La madera de *T. aphylla* se usa como fuente de combustible. La madera puede explotarse como combustible en el cuarto año después de la siembra (Booth & Wickens 1988). Puede usarse para madera de construcción ya que es de grano fino, de color claro y es capaz de obtener un alto brillo. Se ha propuesto su uso en la fabricación de muebles y postes de cerca, también como tablonces, lo que lo hace adecuado para la construcción. Es usado de esta manera en Sudán, Sahara, Egipto, Arabia e India (Booth & Wickens 1988). Se le ha indicado como especie útil para control de incendios, durante el verano seco y caluroso en zonas áridas. Se indica sobre su uso en cinturones de protección contra incendios ya que su follaje tiene un alto contenido de cenizas y sal, lo que hace que resista la quemadura cuando está seca. Otras plantas no sobreviven debajo del árbol, y al producir hojarasca, ésta no se quema (NAS 1980). En los incendios más severos, *T. aphylla* rebrota desde la corona de su raíz (Tesky 1992, Bosh & Louppe 2011).

Entre otros usos, existen relatos contradictorios sobre su uso como forraje. Se menciona que el ganado acepta ramas tiernas, y las hojas son recogidas por los beduinos que golpean los árboles con palos. En Kuwait, es aceptable para ovejas y cabras solo cuando las plantas miden menos de 2 m. También lo han considerado como forraje de reserva para los períodos secos (Booth & Wickens 1988).

T. aphylla puede ser utilizado como un indicador de suelos salinos, por los cristales de sal excretados. Pueden usarse así como indicadores sobre los tipos de sales que son excretadas en zonas agrícolas, pero aparentemente tampoco es muy preciso al indicar concentración de sales (Gerry 1954).

Esta especie es usada en la medicina tradicional. La hiel de las flores a veces se usa como astringente, la corteza también es amarga y astringente y se recomienda para eczema y otras enfermedades de la piel (Booth & Wickens 1988).

En la Fig. 9 se muestran algunos de los usos que se dan a *T. aphylla*.



a. *T. aphylla* como cerco contra vientos y sombra en la orilla de carretera. C. Michael Hogan



b, c. Vista aérea de plantación de *T. aphylla* en Hawai. Forest & Kim Starr



d. *T. aphylla* como cortina rompevientos en campo, agrícola en Vizcaíno, Mulegé, BCS.
R. Rodríguez-Estrella



e. *T. aphylla* como sombra para ganado en Col. Benito Juárez, Mulegé, BCS.
R. Rodríguez-Estrella



f. Troncos y ramas de *T. aphylla* almacenados para uso como leña en Mulegé, BCS.
R. Rodríguez-Estrella



g. Árboles de *T. aphylla* para retener y estabilizar el suelo arenoso en San Bruno, Mulegé, BCS.
R. Rodríguez-Estrella



h. *T. aphylla* usado como cerco ornamental, Guerrero Negro, Mulegé, BCS. R. Rodríguez-Estrella

Figura 9. Algunos usos que se da a *Tamarix aphylla*. Fotos con permiso académico de los autores, que se indican al final en cada fotografía.

A. Historia de la comercialización

T. aphylla fue comercializada junto con otras ocho especies de *Tamarix* que fueron introducidas a EUA procedentes de Europa, Asia y África durante la década de 1820s (Robinson 1965, Everitt & Deloach 1990, Shepperd 2008, Liu. *et al.* 2014). El registro más antiguo de comercialización de *Tamarix* en EUA data de 1823, vendiéndose en viveros como planta ornamental, como rompevientos y para la estabilización de los bancos de arroyos (Brotherson & Winkel 1986, Brock 1994). *T. aphylla* se vendía en los viveros occidentales desde 1850 aproximadamente (Robinson 1965). En 1911, *T. aphylla* fue introducido nuevamente a EUA, en el desierto del suroeste de EUA, para usarse como un árbol de sombra. Se consideraba que era estéril y que sobrevivía en condiciones áridas, rara vez se propagaba; por lo que seguía comercializándose (Smith 1941, Milbrath & DeLoach 2006). En 1915 se importaron esquejes para cultivo provenientes de El Cairo, Egipto quienes recomendaron a esta especie como fuente de combustible para desiertos (USDA 1917). Entre 1930 y 1940 se exportaron esquejes de California a Australia; se continuó plantando por varios años con los fines comerciales y de cuidado de la tierra señalados (Griffin *et al.* 1989, Fuller 1993, Gouldthorpe 2008). Se desconoce si hubo comercialización en México.

a. Origen de los individuos comercializados

Los árboles de *Tamarix* fueron apreciados por viajeros en el Sahara y plantados en Arizona y Australia (Booth & Wickens 1988). Varias especies de *Tamarix* fueron traídas a los EUA desde el sur de Europa y Asia, durante la década de 1800 (Brock 1994). Se encuentra documentado que en febrero y julio de 1915 se enviaron a EUA desde El Cairo, Egipto esquejes para cultivo (USDA 1917). Entre la década de 1930 se exportaron esquejes de *T. aphylla* desde California a Australia (Griffin *et al.* 1989, Fuller 1993, Gouldthorpe 2008). Se piensa que en 1940 *T. aphylla* fue introducida en Perú, Ica, proveniente desde el Mediterráneo o África de Norte (Whaley *et al.* 2010).

b. Condiciones de cultivo

Esta especie de árbol, se ha cultivado a gran escala en Israel, Kuwait, los EUA y Australia (Bosch & Louppe 2011). Las semillas de *T. aphylla* son viables unos pocos días, por lo que la gran mayoría usa la siembra por esquejes; no obstante, en el norte de India la semilla se siembra en enero, las plántulas alcanzan los 7-10 cm en junio y se trasplantan con el inicio de los monzones o en las siguientes lluvias (Booth & Wickens 1988). Como esta especie se establece exclusivamente con esquejes, las ramas se cortan en primavera de una planta en crecimiento del año anterior; el esqueje debe ser firme y del grosor de un lápiz (Booth & Wickens 1988). El cultivo con esquejes a menudo se hace con ramas de 10 cm de largo, se recomienda que los esquejes sean despojados del follaje. Sólo los árboles jóvenes bien arraigados y cuidadosamente trasplantados se establecen bien (NAS 1980, Booth & Wickens 1988, Bosch & Louppe 2011). Las plantas jóvenes requieren riego, especialmente en períodos secos, hasta que se establecen. Sin embargo, se ha desarrollado una técnica que utiliza esquejes largos de hasta 1.5 m de largo x 1.5-2 cm de diámetro, que no requieren riego, y se plantan directamente en la arena, incluso en las dunas móviles. La eliminación de la competencia es necesaria para facilitar el establecimiento, pero eventualmente su descendencia suprime otras plantas. Las plántulas jóvenes deben protegerse del pastoreo (NAS 1980, Booth & Wickens 1988, Bosch & Louppe 2011). El cultivo es al aire libre en grandes extensiones. La poda se requiere para evitar el desarrollo de un arbusto con muchos tallos principales débiles. El desarrollo de un tronco único, corto, ayuda a evitar la división (Booth & Wickens 1988). La leña se obtiene de rebrotes de *T. aphylla*. La primera cosecha de leña se puede hacer 4 años después de la siembra. Para la producción de madera, la poda de un solo tronco es esencial. Se requieren 10-20 años para producir troncos de sierra (Gerry 1954).

El cultivo de plantas de *T. aphylla* var. *Erecta*, se puede irrigar con agua salina, agua alcalina, agua ácida, agua de lluvia, agua residual, agua residual parcialmente tratada, agua que contiene boro y agua no utilizable para riego de cultivos alimentarios. Se cultivan en áreas donde las temperaturas superan los 52 °C, en un suelo alcalino, salino, ácido y anegado. Al crecer estos árboles, al menos una parte de la biomasa se cosecha para el combustible de biomasa. La plantación de esta variedad se puede realizar a una densidad superior entre

4,000-7,000 árboles/ hectárea. Después de la cosecha, se pueden usar rebrotes para producir un nuevo crecimiento de los árboles; la replantación puede realizarse a partir de esquejes. La recolección se realiza al menos una vez cada dos años durante por lo menos cinco años. Dicha biomasa rinde 50-120 toneladas métricas por hectárea en el primer año y 50-200 toneladas métricas por hectárea en cada año posterior (Harari 2014).

c. Análisis económico

T. aphylla se usa en distintas partes del mundo para promover refugio y estabilización de arena. Indirectamente, esto es económicamente importante. Sus usos maderables y como combustible son de importancia económica local; esto a pesar de inconvenientes como que la calidad del combustible no es la mejor, la madera está disponible en tamaño limitado pues los troncos generalmente son pequeños, y los árboles más viejos se ahuecan con la descomposición (Booth & Wickens 1988). También esta especie es considerada por algunos apicultores para la producción de miel, pero aunque es apta para el mantenimiento de colonias no lo es para la venta, al obtener solo un pequeño excedente que se vende en la industria de la panificación (DeLoach 1988).

T. aphylla es considerada como menos invasiva que otras especies de *Tamarix*, pero se le considera ya como invasora en el suroeste de EUA (Walker *et al.* 2006). Sin embargo, el riesgo de salinización de la capa superior del suelo es alto, en cualquier sitio en que se introduzca esta planta, por lo que tendría impactos económicos negativos. Se necesita más investigación sobre las propiedades de la madera, lo que podría conducir a un mejor uso en regiones secas donde ya se encuentre; sobre el valor que tiene como forraje, tal vez se podría considerar la cantidad de sal y otros minerales que proporciona al ganado (Bosch & Louppe 2011).

B. Rutas de introducción

Las semillas de *T. aphylla* son diminutas y pueden ser dispersadas por el viento. Sus semillas y esquejes se pueden transportar a través de maquinarias. Existe evidencia que sugiere que las personas propagan *T. aphylla* accidentalmente, a través de material vegetativo que se adhiere a maquinaria pesada como equipos de movimiento de tierra y niveladoras de caminos (Gouldthorpe 2008). Parece ser que los humanos y sus actividades son el principal vector para la introducción y dispersión de *Tamarix*, pudiendo ser por vehículos terrestres y botes que los llevan hacia otros sitios (Lindgren *et al.* 2010). Partes de la planta o toda la planta se pueden dispersar en contenedores o en transporte de madera (CABI 2018a). Debido a que se le considera una planta ornamental, la propagación intencional de *T. aphylla* se incrementó, vendiéndola en viveros;

Debido a que es una especie xerofítica y por los potenciales usos, *T. aphylla* fue transportada por la gente y ampliamente cultivada en zonas áridas de África y Asia (Troup 1921, National Academy of Sciences 1980). Varias especies de *Tamarix* fueron transportadas a los EUA desde el sur de Europa y Asia, durante la década de 1800, entre ellas *T. aphylla*. En zonas donde se le transportó como especie exótica y se plantó con distintos objetivos, *T. aphylla* se escapó por distintas causas; entre ellas, de manera importante, inundaciones que arrastraron ramas, raíces e inclusive semillas en zonas áridas. De esta manera sucedió en Australia y seguramente en EUA (Griffin *et al.* 1989). Se ha introducido a Sudáfrica, EUA, México, Canadá y Australia (Stewart & Brandis 1924, Orwa *et al.* 2009, Bosch & Louppe 2011).

En México no se tiene documentada la manera en que se introdujo, pero aparentemente pudo ser de dos formas. Por invasión natural y su avance en el suroeste de EUA; y por transporte humano para usarse con distintos fines comerciales, como sombra, rompevientos y ornamental.

7. Potencial de establecimiento y colonización

a. Potencial de colonización

Un solo árbol de *T. aphylla* puede producir una gran cantidad de semillas, alrededor de 500,000 semillas/año. Las semillas son diminutas, aproximadamente siendo de 1,000 por gramo (Tesky 1992). La mayoría de las semillas son estériles, en buenas condiciones de humedad aproximadamente el 22% de las semillas es viable. Aunque en EUA la producción de semillas es baja, en condiciones adecuadas el potencial de invasión es teóricamente muy alto. De acuerdo a la producción de 500,000 semillas por año de un solo árbol, y considerando un 22% de viabilidad, resulta que aproximadamente 11,000 semillas son viables por año de un solo árbol (CABI 2018). El índice de caída de semillas de *T. aphylla* al suelo se ha registrado como 4,600 semillas/m² en una zona de infestación, y 51 semillas/m² a ocho kilómetros a sotavento de las plantas madres (ARMCANZ & NZECCEFM 2000, CABI 2018). Las semillas necesitan un suelo húmedo o saturado por 2 a 4 semanas para establecerse. La plántula crece entre 60-100 cm en el primer año, y posteriormente crece de 2 a 5 metros por año una vez establecidos. Las plántulas mueren si quedan en inmersión durante las primeras 4 a 6 semanas. *T. aphylla* crece bien en suelos altamente alcalinos o salinos en comparación con la mayoría de las otras plantas (Ladenburger *et al.* 2006, Csurches 2008, Gouldthorpe 2008). Las semillas de *Tamarix* pierden viabilidad en pocos días en condiciones naturales, a los 4 semanas. En condiciones de laboratorio puede llegar a ser de hasta 40 semanas (Brock 1994). En condiciones de cultivo, los árboles se establecen exclusivamente con esquejes tomados en primavera del crecimiento del año anterior (NAS 1980). Por lo tanto, *T. aphylla* es muy adecuado para la propagación a través de esquejes, ya que éstos pueden enraizar rápidamente y florecer en agua salina (El-Husseini *et al.* 2012). Pueden dispersarse vegetativamente, y producir nuevas plantas a partir de trozos de raíz y de ramas. Las raíces pueden desarrollarse subterráneamente y expandirse de esta manera (Gouldthorpe 2008).

Cuentan con un amplio rango nativo e introducido a través de zonas áridas y semiáridas donde sobreviven con una precipitación promedio de 100 mm/año. Pero su crecimiento óptimo es probablemente en zonas con precipitación de 350-500 mm/año (NAS 1980). Otros autores describen como requisito para que crezca *T. aphylla* que la precipitación anual sea inferior a 400 mm (Tesky 1992). En Australia, hay cultivos de *T. aphylla* en áreas

secas, con precipitación anual de 175 mm (NAS 1980). Esta planta crece bien en zonas ribereñas, húmedas áridas y semiáridas, zonas de inundación y que tengan una mayor proximidad a las aguas subterráneas (Tesky 1992). La planta tolerará situaciones estériles muy secas siempre que sus raíces puedan encontrar agua. Las raíces profundas a menudo aprovechan grandes reservas de agua debajo de lechos fluviales con grava. La planta madura puede resistir inundaciones (Bosch & Louppe 2011).

b. Potencial de dispersión

Las semillas diminutas de *T. aphylla* se dispersan por el viento (CABI 2018). Estas semillas están provistas de un pámpano, lo que las hace aptas para la diseminación a larga distancia; son lo suficientemente pequeñas como para ser transportadas por el viento a distancias relativamente cortas (Csurhes 2008), pero son viables solo durante pocas semanas (Griffin *et al.* 1989).

Los animales, incluidas las aves, pueden dispersar las semillas (Weber 2003). Las inundaciones provocan la dispersión de las semillas, de fragmentos de raíz o ramas de la planta, al ser arrastradas por el agua. Se ha visto que los cambios provocados por las inundaciones, incrementan la oportunidad para las invasiones exitosas, ya que los niveles de humedad permanecen por varios meses, lo que facilita la viabilidad de las semillas y el reclutamiento de plántulas. Asimismo, las rápidas tasa de crecimiento de *T. aphylla* le dan una ventaja competitiva sobre las especies nativas que tienen tasas de crecimiento más lento (Brown & Grace 2006). De esta manera, un ejemplo de este éxito es la propagación de *T. aphylla* a lo largo del río Finke en Australia, donde se dio un gran evento de dispersión ocurrido por una inundación de 1974, con más inundaciones en años posteriores, lo que ayudó a un mayor éxito en su establecimiento (Griffin *et al.* 1989).

En EUA, *T. aphylla* rara vez escapa de cultivos, por lo que es raro que se convierta en un problema (Hoddenbach 1989). Sin embargo, en Australia la variedad domesticada o deliberadamente plantada, es mucho más grande que en su rango naturalizado o silvestre.

Las infestaciones naturalizadas se han originado en plantaciones deliberadas de viviendas, corrales o minas (Fuller 1993, Gouldthorpe 2008).

8. Evidencias de impactos

a. Impactos/beneficios socioeconómicos

T. aphylla actualmente impacta negativamente en las operaciones de pastoreo, estilos de vida comunitarios y potencialmente la industria del turismo. En algunos sitios, están dañando los cimientos y las paredes de los edificios históricos, ya que muestran una oxidación acelerada de techos, cunetas, vallas, remolques, tuberías de agua, edificios y fundaciones cubiertas por estos árboles. En Australia, el valor estético de los ríos y arroyos es una atracción turística valiosa, aunque es mucho más difícil de cuantificar (ARMCANZ & NZECCFM 2000, Gouldthorpe 2008). En la industria pastoril, *T. aphylla* causa un daño ambiental severo, impactando económicamente. Provoca pérdidas de productividad, y aumenta los costos de recolección, ya que en zonas infestadas con esta planta, los costos de recolección aumentan seis veces más por hectárea a diferencia de las áreas limpias, donde no se encuentra la planta (Gouldthorpe 2008). Cuando los árboles están impactando en los edificios y la infraestructura, los costos se cuantifican fácilmente. Pero el costo del control no se ha cuantificado correctamente porque pareciera muy alto comparado con las pérdidas económicas. Al comparar los costos con las pérdidas económicas debidas a esta especie, el control es difícil de justificar. Por ello, también se debe considerar el costo ambiental (ARMCANZ & NZECCFM 2000, Gouldthorpe 2008).

Un beneficio reportado en Marruecos, es que los taninos acumulados en las agallas producidas por el ácaro *Aceria tlaiae* se usan para curtiduría (Al'Isbili 2010).

b. Impactos a la salud

Las especies de *Tamarix spp.* son relativamente desagradables al paladar para la mayoría de las clases de ganado y vida silvestre. El follaje de *T. aphylla* contiene ácidos fenólicos que

pueden prevenir la herbivoría (Tesky 1992). La acumulación y secreción de sal puede generar impactos en el hábitat, al volver más salinos los ambientes. No se han reportado impactos a la salud humana ni de la fauna por *T. aphylla*.

c. Impactos ambientales y a la biodiversidad

Las infestaciones intensas de especies de *Tamarix* en el suroeste de EUA pueden alterar la estabilidad del banco de arroyos, la hidrología local y la biodiversidad nativa (Csurhes 2008). La propagación de las especies de *Tamarix* puede conducir a que se excluya la vegetación nativa, causando una pérdida sustancial de la biodiversidad natural. La invasión de *T. aphylla* a lo largo del río Finke en Australia ha alterado la composición de la vegetación nativa, que es intolerante a la salinidad; las hojas de las plantas de *T. aphylla* exudan una cantidad considerable de sal por lo que al dejar caer grandes cantidades de hojarasca en la arena, forman una estera densa y cargada de sal, con lo que se incrementa el contenido de sales en el suelo, llegando a reemplazar pastizales hasta a 50 m de distancia. *T. aphylla* forma extensos rodales monoespecíficos que desplazan árboles y arbustos nativos. Por ejemplo, los árboles nativos *Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus microtheca*, una especie del centro de Australia, han sido reemplazados por *T. aphylla*; con lo anterior, el hábitat para la fauna se alteró debido a la disminución del número de troncos y por la hojarasca compactada (Griffin *et al.* 1989, ARMCANZ & NZECCFM 2000).

A consecuencia de la propagación de *T. aphylla* en Australia, la composición del sotobosque ha cambiado, existiendo ahora solo un número relativamente pequeño de quenopodios (*Chenopodium* sp.) y pastos tolerantes a la sal; también se ha modificado el hábitat para la fauna, por ejemplo registrándose menos aves por la pérdida de sitios de anidación; lo anterior debido a que las ramas de *T. aphylla* no se descomponen, con lo que no se forman huecos de nidificación cuando están muertos, lo que sí sucede en los eucaliptos. Asimismo, las flores de *T. aphylla* no producen néctar ni generan un hábitat de calidad para la fauna, al no producir algún alimento de calidad; estas plantas contienen altos niveles de fenol que pueden inhibir a los herbívoros; asimismo, al absorber por las raíces sales y otros productos químicos como cadmio, se reduce la posibilidad de consumo a los herbívoros. Los reptiles

también han reducido sus números, ya que la hojarasca es más densa bajo los árboles de *Tamarix*; lo anterior reduce a la vez la riqueza de invertebrados para alimentarse y refugiarse; una especie amenazada de mamífero, la zarigüeya se ha visto afectada (Griffin *et al.* 1989, ARMCANZ & NZECCFM 2000, Csurhes 2008).

El reemplazo de la vegetación nativa por *T. aphylla* puede alterar el régimen de fuego de una zona ya que este árbol no combustiona bien. Esta especie es resistente al fuego, debido al alto contenido de cenizas (30-40%) y a la sal de su follaje, lo que hace que sea difícil de quemarse, incluso cuando está seco (Tesky 1992). Se ha encontrado que el goteo de sal de sus ramas humedece a las plantas debido a su naturaleza higroscópica, así como que la hojarasca es demasiado salina para quemarse. Esta característica ha hecho a *T. aphylla* una especie útil como cortafuegos al plantarse. Se puede cultivar en bandas de 30 m de ancho para controlar la propagación de incendios forestales, los cuales son comunes en regiones secas. Sin embargo, al sustituirse vegetación nativa por *T. aphylla* se está suprimiendo directamente el crecimiento de vegetación inflamable. Con ello disminuye la frecuencia de los incendios y a la vez se altera la estructura de la vegetación, puesto que al no permitir que el fuego pase a través de un área, se modifican los regímenes de fuego natural. Ello puede afectar la regeneración de un gran número de especies de plantas nativas que dependen del fuego en su dinámica poblacional (CABI 2018, Csurhes, 2008). Es decir, se suprime el efecto del fuego que de forma natural promueve la regeneración de la vegetación nativa (ARMCANZ & NZECCFM 2000).

Por otro lado, la densidad de *T. aphylla* incrementa las tasas de sedimentación atrapando y estabilizando el sedimento durante los flujos de los ríos. Infestaciones muy densas de este árbol pueden provocar la reorientación de los flujos de agua, lo que conduce a un incremento de las inundaciones terrestres y la erosión localizada en bancos de arena (ARMCANZ & NZECCFM 2000, Hart *et al.* 2005).

Los árboles de *Tamarix* transpiran de manera abundante y cuando sus raíces penetran profundamente el suelo pueden causar grandes pérdidas en las aguas subterráneas, llegando a provocar que los pozos se sequen. En áreas con capas freáticas poco profundas, los extensos rodales maduros utilizan grandes cantidades de agua, puesto que sus raíces

que penetran profundamente consumen más agua subterránea que otras freatófitas (NAS 1980, Csurches 2008).

9. Control y mitigación

Debido a que *Tamarix aphylla* fue declarado maleza nociva bajo la Ley de Malezas Nocivas del Territorio del Norte (1962) en 1988 en Australia (Griffin 1989), se han desarrollado diferentes opciones para su control. De esta manera, dependiendo de la edad del árbol, de su estructura, ubicación, densidad y sus hábitos de crecimiento se podría determinar el control que es más eficiente. Es importante considerar que si se hace un control, realizarlo una sola vez no bastará para eliminar los árboles, pues no los matará por completo debido a sus raíces fuertes y resistentes, con lo que posteriormente al cortarlas pueden volver a crecer de forma vigorosa; es necesario proceder a eliminarlas en diferentes sesiones. Para lograr su erradicación, o sea eliminarlas a largo plazo, se sugiere integrar o combinar al menos dos métodos de control (Gouldthorpe 2008), mismos que se indican adelante.

Al llevar a cabo un control de especies invasoras, consideradas malezas, se deben considerar ciertos aspectos (ver Gouldthorpe 2008):

- Tamaño, densidad y especie que produce la infestación
- Objetivos a corto y largo plazo del proyecto
- Accesibilidad y tipo de sitio infestado
- Tipo y cantidad de vegetación presente que sea endémica, nativa o deseable

A este respecto, *T. aphylla* es fácilmente identificable y las infestaciones son generalmente accesibles para el tratamiento. Sin embargo, el árbol no transloca bien los químicos por lo que éste no es un buen control. Los costos de químicos y mano de obra son muy altos, especialmente para grandes infestaciones. Los métodos utilizados para el control y mitigación de *T. aphylla* son muy similares a los utilizados en el control del pino salado *T. ramosissima*. Sin embargo, antes de llevar a cabo un método de control se debe planificar detalladamente el programa de control, porque ayudará a realizar un presupuesto

adecuado y óptimo, y a determinar la manera de realizar un seguimiento efectivo antes de iniciar el programa (Gouldthorpe 2008).

Los seis pasos fundamentales que sugiere el manual para control de *Tamarix* compilado en Australia (Gouldthorpe 2008) se presentan a continuación. Es importante señalar que varios de estos pasos probablemente no aplicarían directamente a un país como México porque al presente no existen planes detallados ni programas locales, regionales ni nacionales para erradicar a las especies de *Tamarix*. Sin embargo, la parte técnica y de organización son importantes para su consideración y ejecución, pues permitirán hacer el control y erradicación más efectivos en México en el dado caso de realizarse el control de especies de *Tamarix*. Los siguientes métodos pueden considerarse útiles para las especies de *Tamarix* presentes en México:

1. *Definir la maleza, las áreas problemáticas y las prioridades:* Se identifica la especie de *Tamarix* a tratar y se mapea el área infestada, utilizando imágenes satelitales, fotografías y mapas actuales e históricos (de existir). Posteriormente, se identifica el tipo de vegetación donde ocurre la infestación y de qué tipo es categorizándola en por ejemplo baja, mediana, alta. Para ubicar las zonas y los problemas se usa un Sistema de Información Geográfica (SIG), y se ordenan las zonas de acuerdo a los problemas; entonces se prioriza de acuerdo al tipo de infestación y la mejor forma en que se pueden controlar los parches de *Tamarix* (los cuales pueden ser: a. árboles individuales en áreas limpias; b. infestaciones pequeñas, remotas o fáciles; c. infestaciones aguas arriba; d. infestaciones en contra del viento; e. infestaciones principales, graves). En este paso se debe considerar cuáles son las responsabilidades que tiene ante la ley el grupo que controlará, los vecinos y la comunidad, con respecto a esta especie invasora. Finalmente, considerar las prioridades y planes locales y regionales con respecto a la erradicación de esta especie.
2. *Determinar las opciones de control:* Se debe determinar el equipo y maquinaria que estén disponibles, así como la mano de obra con que se contará con el fin de determinar las opciones de manejo. Para determinar los permisos necesarios, se

deben investigar las restricciones en la legislación para la limpieza de tierras con respecto a las especies, en el uso de herbicidas y fuego, así como con respecto a las normas para la protección de especies amenazadas, del patrimonio cultural y de obras fluviales. En caso de que el control se lleve en vías fluviales, se debe consultar con expertos sobre la morfología del cuerpo de agua e identificar los posibles impactos de perturbaciones mecánicas en bancos y canales. Con ello decidir qué métodos se utilizarán para el control inicial, seguimiento y monitoreo de *Tamarix*.

3. *Desarrollar un plan financiero*: Se deben estimar los costos del manejo de cada infestación, para lo que se incluirán los costos del trabajo y de la mano de obra. Se debe hacer un presupuesto lo más estricto posible a corto y largo plazo, sobre todo cuando se trata de grandes costos. Identificar si hay incentivos financieros, subvenciones, préstamos a bajo interés o programas de apoyo laboral disponibles para ayudar en este tipo de actividades. Finalmente, tener en cuenta el costo del seguimiento en el futuro, lo cual a menudo es subestimado.
4. *Llevar a cabo el control de malas hierbas*: Es importante evitar la propagación de *Tamarix* mediante la limpieza de maquinaria después de realizar control. Considerar que diferentes opciones de control pueden ser efectivas en diferentes estaciones, por lo que se deben contemplar las condiciones climáticas durante el control; se debe equilibrar esta situación con la disponibilidad de tiempo y de la mano de obra. Si se da el caso, integrar el control de *Tamarix* con otros manejos como el control de malezas leñosas, movimiento de tierras, mantenimiento. Preparar un cronograma para el control de *Tamarix* durante los siguientes cinco años.
5. *Monitorear el progreso*: Trazar el progreso en el mapa generado (desde el paso 1) y registrar lo realizado con detalle. Verificar anualmente las áreas tratadas para evitar rebrotes, o de acuerdo a como lo vaya mostrando el monitoreo. Inspeccionar regularmente arroyos, desagües, abrevaderos y manantiales para detectar nuevos brotes. Documentar los costos de control y evaluar la efectividad de cada método. Tomar fotos en el mismo punto a lo largo del tiempo, para mostrar el progreso logrado por el control de malezas de *Tamarix*.

6. *Hacer un seguimiento desde el inicio*: Hacer un seguimiento anual en los sitios controlados, o según lo indique el monitoreo realizado. Usar el método de seguimiento más adecuado para cada situación.

Lo más deseable como método es realizar un programa de prevención. Y si se está haciendo ya un control de una especie de *Tamarix*, se debe tener mucho cuidado en limpiar la maquinaria utilizada para remover la tierra así como los vehículos que se mueven dentro del área a controlar con el fin de prevenir la dispersión de semillas, raíces y ramas.

Existen diferentes tipos de control que se han usado en la eliminación de *Tamarix aphylla*:

Control manual: se limita al control con herramientas de mano de árboles juveniles, menores a 1.5 m de altura, usando talachos o picos; este método se usó en México, por ejemplo en el Valle Cuatrociénegas, Coahuila (CONANP & FMCN 2015).

Control mecánico: para el control mecánico se puede usar maquinaria pesada, tractores y retroexcavadoras, por ejemplo. Se ubican las áreas para eliminar las plantas y se usa esta maquinaria para extraer las plantas, e irlas amontonando a los lados de la zona trabajada. Este tipo de control tiene la desventaja de causar erosión al realizar la limpieza, por lo que se requerirá monitorear constantemente para controlar sus efectos y cuidar que el suelo permanezca. Además, a la par se recomienda utilizar herbicidas, ya que en árboles maduros puede haber rebrotes; también se tienen que eliminar todas las raíces (Brown & Grace 2006, Gouldthorpe 2008). En el río Finke, Australia, hubo buenos resultado al usar excavadoras en la eliminación de árboles y manchones grandes de *T. aphylla* (Gouldthorpe 2008).

El control mecánico mediante la trituración agregando herbicida: consiste en el uso de maquinaria pesada para quitar los árboles y molerlos en trozos pequeños; se les agrega un herbicida para evitar su germinación (CONANP & FMCN 2015).

Control mecánico mediante el corte de tallos y agregando herbicida: Se pueden extraer plantas pequeñas, pero es indispensable eliminar la mayor parte posible del sistema de raíces para evitar rebrotes. Los rebrotes se rocían con picloram + 2,4-D. Los árboles más

grandes se pueden cortar a nivel de parcela y los tocones cortados se tratan picloram + 2,4-D o triclopir + picloram + 2,4-D (Parsons & Cuthbertson 2001).

Control biológico: En el oeste de EUA se ha usado control biológico para eliminar a *Tamarix*. El escarabajo foliar (*Diorhabda elongata*; Coleoptera: Chrysomeliadae) fue liberado en el año 2001 como un agente de control biológico contra especies exóticas de *Tamarix*. El programa ha sido exitoso pero con problemas para conseguir un control biológico más comercial (Weber 2003, Milbrath & DeLoach 2006).

Control químico: A partir del año 1989 se iniciaron pruebas para determinar la eficacia y la idoneidad de varios herbicidas y las técnicas de aplicación para controlar a *Tamarix*. Estos ensayos incluyeron la inyección de tallo y técnicas de corteza basal usando una gama de productos y concentraciones de producto. Se obtuvo un 100% de mortalidad de plantas usando la inyección del tallo con cualquier de los productos concentrados de éster 2,4-D, triclopir, fluroxipir, 2,4-D amina más picloram y triclopir más picloram. Los tratamientos de corteza basal de fluroxipir y triclopir mezclados con Diesel a 1:50 dieron más del 80% de mortalidad (Fuller 1993). En el Anexo 3 se presenta una tabla de los tratamientos que se han hecho con herbicidas para controlar a *Tamarix*. Se presenta la información sobre su efectividad, el modo de aplicación y los efectos al ambiente.

Control de quema: Los escombros cortados se apilan en los tocones y entonces se queman. Este método dio como resultado una tasa de éxito del 100 por ciento en la muerte de *T. aphylla* (El-Husseiny & Elmeleigy 2012).

10. Normatividad

En México existen actualmente algunos recursos bibliográficos donde se considera a *Tamarix aphylla* como especie invasora, pero sin ningún carácter legal como son:

CONABIO. 2016. Sistema de información sobre especies invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Considerada como especie de alto riesgo para México.

<http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/Plantas.pdf>

<http://www.biodiversidad.gob.mx/invasoras>

http://www.enciclovida.mx/pdfs/exoticas_invasoras/Tamarix%20aphylla.pdf

Considerada como especie invasora de alta prioridad para México.

IMTA, Conabio, GECl, AridAmérica, The Nature Conservancy, 2007. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México. Jiutepec, Morelos.

<http://www.invasive.org/gist/products/library/mex-especies-invadoras.pdf>

González, A.I., Y. Barrios, G. Born-Schmidt & P. Koleff. 2014. El sistema de información sobre especies invasoras, en R. Mendoza & P. Koleff (coords.), Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 95-112.

Se presenta la normatividad nacional y posteriormente la internacional para esta especie de planta, *Tamarix aphylla*.

a. Legislación Mexicana

No existe actualmente en México alguna ley que regule o controle la presencia de *Tamarix aphylla*.

b. Legislación Internacional

Se hizo primeramente una búsqueda sobre los rangos de distribución y estatus de la planta, mismos que se presentan en los apartados respectivos.

Además de hacer las búsquedas normales en las páginas gubernamentales de cada país también se realizaron búsquedas en Google de diferentes maneras, manejando diferentes formas de búsqueda como, por ejemplo: list of alien plants of Australia, quarantine species of Australia, list pest of Australia, list weeds of Australia, list invasive plants of Australia,

noxious weeds of Australia.

Países que la consideran Introducida Invasiva

Australia

Considerada como prohibida por: Pest Plants and Animals (Pest Plants). Declaration 2015 (No 1) Disallowable instrument DI2015 – 59 made under the Pest Plants and Animals Act 2005, section 7 (Declaration of pest plant).

Se puede realizar un plan de manejo de la planta invasora para los siguientes aspectos, teniendo en cuenta la amenaza potencial y qué tan prácticas sean las medidas de control:

- 1.- La eliminación o destrucción de una planta invasora de algún tipo en particular, si es posible, con base en el conocimiento actual, las técnicas y los recursos.
- 2.- La contención de una planta invasora, si la destrucción es poco práctica.

<http://www.legislation.act.gov.au/di/2015-59/default.asp>

<http://www.legislation.act.gov.au/di/2015-59/current/pdf/2015-59.pdf>

<https://www.legislation.act.gov.au/View/a/2005-21/current/PDF/2005-21.PDF>

Australian Weeds Committee (2012). Noxious weeds list for Australian States and Territories.

Randall, R.P. (2007). The Introduced Flora of Australia and its Weed Status.

New South Wales

Considerada como Clase 4 de malezas nocivas en el Noxious Weeds (Weed Control) Order 2014, por el gobierno de New South Wales. Clase 4: Malezas controladas.

Medidas de control: El crecimiento de la planta debe manejarse de manera que inhiba de manera continua la capacidad de la planta para dispersarse; además, la planta no debe venderse, propagarse ni distribuirse.

https://www.gazette.legislation.nsw.gov.au/so/download.w3p?id=Gazette_2014_2014-23.pdf#6

Queensland

El pino Athel es una planta invasora con categoría 3 restringida según la Biosecurity Law 2014.

No debe regalarse, venderse o liberarse en el ambiente sin un permiso. La ley requiere que se tomen todas las medidas razonables y prácticas para minimizar los riesgos asociados con las plantas invasoras. A esto se le llama obligación general de bioseguridad (GBO).

A nivel local, cada gobierno local debe tener un plan de bioseguridad que incluya plantas y animales invasores en su área. Este plan puede incluir acciones a tomar con ciertas especies. Algunas de estas acciones pueden ser requeridas por las leyes locales.

En Australia, los métodos químicos y físicos se usan para controlar a *Tamarix aphylla*. El control químico se realiza a través de la inyección en el tallo en puntos de no más de 100 mm de separación, ya que *T. aphylla* no transloca el herbicida lateralmente. La aplicación al tocón cortado es adecuada para árboles grandes, pero se debe tener cuidado para asegurar que haya un tratamiento inmediato donde ocurre el corte, y que los árboles caídos no queden en suelo húmedo donde puedan echar raíces otra vez.

Los árboles juveniles se pueden controlar mediante la aplicación del herbicida en la corteza basal, pero también debe aplicarse en la cobertura de la corona de la raíz, lo que puede ser difícil si hay arena superficial presente. Las plántulas y los árboles juveniles se controlan de manera efectiva mediante la aplicación foliar (ARMCANZ 2001), debiendo asegurarse que el herbicida se aplique completamente en la planta.

El control físico se puede hacer con una excavadora, para eliminar tanto árboles individuales o grandes poblaciones. Se debe tener cuidado de eliminar todo el sistema de raíces y garantizar que la arena no cubra los tallos desarraigados y cortados ya que pueden volver a crecer. Cuando hay infestaciones grandes de plántulas en arroyos y ríos anchos, abiertos y arenosos, se recomienda el uso de arado de cuchillas o de una barra de corte. Las motosierras se pueden utilizar con el fin de eliminar árboles individuales, pero el herbicida se debe aplicar al mismo tiempo (ARMCANZ 2001).

Aunque el Departamento de Agricultura de EUA está investigando la efectividad del control biológico para otras especies de *Tamarix* (ARMCANZ 2001), actualmente no se dispone de control biológico en Australia.

Información mas detallada en las ligas:

<http://www.environment.gov.au/biodiversity/invasive/weeds/publications/guidelines/worksheets/t-aphylla.pdf>

https://www.daf.qld.gov.au/data/assets/pdf_file/0011/69833/IPA-Athel-Pine-Risk-Assessment.pdf

<https://www.business.qld.gov.au/industries/farms-fishing-forestry/agriculture/land-management/health-pests-weeds-diseases/weeds-diseases/invasive-plants/restricted/athel-pine>

<https://www.legislation.qld.gov.au/view/pdf/inforce/current/act-2014-007>

South Australia

Planta declarada mala hierba con categoría 3. Está regulada por la Ley de Manejo de Recursos Naturales de 2004 debido a su amenaza para la industria primaria, el medio ambiente natural y la seguridad pública. 175(2),177(1)(2) 182 (2), 185.

Medidas de control para propietarios:

Movimiento: algunas plantas declaradas como invasoras no se deben mover a una vía pública (por ejemplo, ramas, semillas o en maceta). El movimiento inadvertido de la planta por animales, en el suelo, vehículos, maquinaria o productos también puede ser considerado ilegal, por lo que debe haber precaución.

Venta: la mayoría de las plantas declaradas como invasoras no deben comerciarse en ningún punto de venta, incluidos viveros, tiendas de mascotas y puestos de mercado. La venta de cualquier animal, tierra, vehículo, maquinaria o producto contaminado con estas plantas es ilegal.

Notificación: la presencia y ubicación de algunas plantas declaradas en su propiedad deben ser informadas a la Unidad de Bioseguridad del grupo NRM o a su oficina regional de NRM, Centro de Recursos Naturales.

Como propietario, debe tomar medidas para destruir o controlar especies de plantas declaradas como invasoras presentes en su propiedad, independientemente de si ésta se utiliza como negocio, residencia o para otros fines.

Las autoridades de Centro de Recursos Naturales también controlan ciertas plantas declaradas en las reservas viales y pueden recuperar los costos de control con los propietarios adyacentes.

Para tener más información acerca de los químicos y cantidades utilizadas para el control de *Tamarix aphylla* ver la siguiente liga:

[http://pir.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0020/232382/PIRSA Weed Control Handbook 2018.pdf](http://pir.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0020/232382/PIRSA_Weed_Control_Handbook_2018.pdf)

[http://pir.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0003/231924/Declaration of Animals and Plants - July 2017.pdf](http://pir.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0003/231924/Declaration_of_Animals_and_Plants_-_July_2017.pdf)

http://pir.sa.gov.au/biosecurity/weeds_and_pest_animals/weeds_in_sa

[http://pir.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0018/237330/PIRSA Declared Plants SA.pdf](http://pir.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0018/237330/PIRSA_Declared_Plants_SA.pdf)

[http://pir.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0003/242715/Plants banned from sale in SA list - July 2017.pdf](http://pir.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0003/242715/Plants_banned_from_sale_in_SA_list_-_July_2017.pdf)

Declarada como malezas de significancia nacional (WoNS). Se incluyen en la lista de plantas declaradas de Australia Meridional todas las malas hierbas de National Significant (WoNS). Las WoNS han sido identificadas como amenazas nacionales debido a su invasividad, impactos económicos y ambientales. Existen planes estratégicos nacionales para su manejo.

<http://www.environment.gov.au/biodiversity/invasive/weeds/weeds/lists/wons.html>

[http://www.environment.gov.au/cgi-](http://www.environment.gov.au/cgi-bin/biodiversity/invasive/weeds/weeddetails.pl?taxon_id=16018)

[bin/biodiversity/invasive/weeds/weeddetails.pl?taxon_id=16018](http://www.environment.gov.au/cgi-bin/biodiversity/invasive/weeds/weeddetails.pl?taxon_id=16018)

Tasmania

Tamarix o pino Athel es declarada en la lista A (planta que no ocurre en toda Tasmania), como mala hierba por Plant Quarantine Act 1997 y por Tasmanian Weed Management Act 1999.

Dentro de las medidas de control está prohibida la importación, venta y distribución de pino Athel en Tasmania.

Para evitar introducir el pino Athel, se deben llevar a cabo algunas de las siguientes acciones:

Las personas que viajan a Tasmania, en particular desde zonas infestadas con el pino Athel, deben realizar búsquedas exhaustivas de la presencia de la planta y aplicar medidas de higiene adecuadas, tales como limpieza de vehículos, equipaje, calzado y ropa. En particular, cualquier muestra de tierra o material vegetal recogido de áreas infestadas debe ser eliminada antes de ingresar a Tasmania. Cualquier pregunta sobre cuestiones de higiene debe dirigirse al personal de cuarentena de Tasmania antes o directamente al desembarcar en Tasmania.

Personas que importen artículos a Tasmania que puedan contener el pino Athel deberán realizar estas verificaciones para la presencia de la planta. La revisión se puede organizar a través del departamento de cuarentena de Tasmania.

Las personas que importen plantas ornamentales deberán garantizar que su stock no incluya el pino Athel.

Para mayor información sobre las medidas de control con herbicidas se puede consultar la siguiente liga:

https://dpiuwe.tas.gov.au/Documents/herbicide_guidelinesFINAL2012.pdf

https://dpiuwe.tas.gov.au/Documents/Athel-pine_WMP_2011.pdf

https://dpiuwe.tas.gov.au/Documents/AthelPine_CRC_bpmg.pdf

<http://dpiuwe.tas.gov.au/invasive-species/weeds/weeds-index/declared-weeds-index>

<https://dpiuwe.tas.gov.au/invasive-species/weeds/weeds-index/declared-weeds-index/athel-pine>

<https://dpiuwe.tas.gov.au/Documents/PQMTAS2013ListAListB.pdf>

Victoria

Declarada maleza nociva con categoría R por el Departamento de Agricultura de Victoria, por lo cual está restringida en todo el estado. Victorian noxious weeds list current 20 July 2017.

Dentro de las medidas de gestión que están 'Prescritas' en virtud de la Ley Catchment and Land Protection (CaLP) de 1994, Reglamento de 2002, que usan para el control de plantas nocivas, se encuentra la aplicación de un herbicida registrado, la fumigación, cortado y cultivo y remoción física. Para información más específica sobre estas medidas de control se pueden consultar las siguientes ligas:

<http://agriculture.vic.gov.au/agriculture/pests-diseases-and-weeds/weeds/prescribed-measures-for-the-control-of-noxious-weeds>

<http://agriculture.vic.gov.au/agriculture/farm-management/chemical-use>

<http://agriculture.vic.gov.au/agriculture/pests-diseases-and-weeds/weeds/weedstop-vehicle-hygiene-program/machinery-hygiene>

http://vro.agriculture.vic.gov.au/dpi/vro/vrosite.nsf/pages/weeds_trees_athel_pine

<http://agriculture.vic.gov.au/agriculture/pests-diseases-and-weeds/protecting-victoria-from-pest-animals-and-weeds/legislation-policy-and-permits/declared-noxious-weeds-and-pest-animals-in-victoria>

[http://vro.agriculture.vic.gov.au/dpi/vro/vrosite.nsf/0d08cd6930912d1e4a2567d2002579cb/37a34a583f831df7ca2576080081cad0/\\$FILE/nwr_phase3b_partb.pdf](http://vro.agriculture.vic.gov.au/dpi/vro/vrosite.nsf/0d08cd6930912d1e4a2567d2002579cb/37a34a583f831df7ca2576080081cad0/$FILE/nwr_phase3b_partb.pdf)

http://agriculture.vic.gov.au/_data/assets/pdf_file/0009/365094/Victorian-noxious-weeds-list-by-common-name-20-July-2017.pdf

Western Australia

Declarada como Peste - s22 (2).- *Wildlife Conservation Act 1950* (WCA). Lista de Organismos de Australia Occidental (WAOL) declarados bajo la Ley de Administración de Bioseguridad y Agricultura de 2007 (Ley BAM). Department of de Agriculture, Government of Western Australia. Las plagas declaradas deben cumplir con los requisitos de importación aplicables cuando se importen y pueden estar sujetas a un permiso de importación si son portadoras

potenciales de organismos de alto riesgo. También pueden estar sujetas a los requisitos de control y mantenimiento una vez dentro de Australia Occidental.

Dentro de las medidas de control se utilizan químicos y herbicidas como el Triclopyr; Fluroxypyr principalmente, la remoción mecánica, física y cultural. Para más detalle sobre cada uno de las medidas de control se pueden consultar las siguientes ligas:

<https://www.agric.wa.gov.au/herbicides/athel-pine-control>

<https://www.agric.wa.gov.au/herbicides/declared-plant-control-handbook>

<https://www.agric.wa.gov.au/declared-plants/athel-pine-declared-pest>

<https://www.agric.wa.gov.au/organisms/114289>

https://www.agric.wa.gov.au/organisms?search_string=%2A&ref_code_name=PER-DP

Canadá

Se encuentra en el listado: List of available weed risk analysis documents prepared by the Canadian Food Inspection Agency (CFIA). Sin embargo, no tiene categoría y no está regulada.

<http://www.inspection.gc.ca/plants/plant-pests-invasive-species/invasive-plants/weed-risk-analysis-documents/eng/1427387489015/1427397156216>

Estados Unidos de Norteamérica (EUA)

Esta planta esta listada por el Gobierno federal como maleza nociva NRCS Invasive Species Policy Invasive Species Executive Order 13112. Así como para los estados de Montana, Nuevo México, Dakota del Sur, Texas y Wyoming.

<https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=TAAP>

Colorado

Categoría B. Regulada por Colorado Noxious Weeds. Plant Industry Division. 2017. Reglas relativas a la administración y ejecución de leyes de Colorado Noxious Weed Act. Colorado Department of Agriculture.

Lista B: Se requiere que sea erradicada, controlada o suprimida, dependiendo de las infestaciones locales.

Dentro de las recomendaciones integradas para la gestión de malas hierbas se encuentran las culturales, biológicas, mecánicas y químicas.

Cultural. Después de que se maneja una infestación de pino salado, la revegetación es necesaria para proteger el suelo y reducir la amenaza de reinvasión. Las hierbas sembradas, las estacas de sauce y el álamo de Virginia pueden reducir las posibilidades de que los árboles de *Tamarix* crezcan nuevamente en los sitios tratados.

Biológico. Las larvas y los adultos del escarabajo de la hoja del *Tamarix* (*Diorhabda elongata*) se alimentan del follaje, lo que causa la muerte regresiva del tallo y la muerte potencial de la planta si la defoliación es consistente. El escarabajo de la hoja debe estar disponible para una distribución limitada. Para su uso como control biológico se debe hacer en coordinación con el Departamento de Agricultura de Colorado.

Mecánico. Se puede usar excavadora o fuego prescrito para abrir grandes rodales de madera de pino salado. Estos métodos deben ser seguidos con un tratamiento de los rebrotes con herbicida, cuando miden de 1 a 2 m de altura. Las motosierras o tijeras para plantas más pequeñas son efectivas en los tratamientos de corte y cuando se deja un muñón, cuando hay infestaciones pequeñas o en áreas de manejo ambientalmente sensibles.

Herbicidas. Los herbicidas como el Triclopyr; Glyohosate son los que principalmente se pueden aplicar en praderas y pastizales.

Para mayor detalle sobre las medidas de control se pueden consultar las siguientes ligas:

<https://www.colorado.gov/pacific/agconservation/noxious-weed-species>

<https://drive.google.com/file/d/1Z7zZtAgRP6rK4pRE7EB54GLnPIJDzz2M/view>

<https://www.colorado.gov/pacific/agconservation/saltcedar-tamarisk>

https://drive.google.com/file/d/1qMxP9ogp7Z_Q_bnCSIF6wyKdkIELKOCO/view

<https://www.colorado.gov/pacific/agconservation/tamarisk-biocontrol>

Dakota del Sur

Considerada en el listado de malas hierbas y plagas nocivas del estado de Dakota del Sur (South Dakota Noxious Weeds, State Noxious Weeds). South Dakota Code. 2017. South Dakota weed and pest control, Chapter 38-22, Article 12:62. State of South Dakota.

https://sdda.sd.gov/legacydocs/Ag_Services/Plant-Protection/PDF/IPM.pdf

<https://sdda.sd.gov/ag-services/weed-and-pest-control/weed-pest-control/sd-state-noxious-weed-declared-pest-list-and-distribution-maps/salt-cedar/default.aspx>

https://sdda.sd.gov/ag-services/weed-and-pest-control/weed-pest-control/LOCALLY_Noxious%2004162018.pdf

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#sd>

Idaho

Considerada con la categoría dentro de la lista de contención estatal (Statewide Containment List), como especie dañina por la Ley Estatal de Idaho. IDAPA 02-Title 06 Chapter 22 02.06.22 – Noxious Weeds Rules.

Contención: Es la concentración de malezas donde el control y / o la erradicación pueden ser posibles.

Como control químico se utiliza principalmente el herbicida Triclopyr. Para mayor detalle sobre este tipo de control, ver la primera liga.

<https://invasivespecies.idaho.gov/noxious-weed-program/>

<http://invasivespecies.idaho.gov/control-strategies/>

<https://www.cals.uidaho.edu/edcomm/pdf/BUL/BUL0865.pdf>

<https://static1.squarespace.com/static/564b8c9ae4b0459b2b8187a3/t/590765046a4963cec48e817d/1493656838135/Saltcedar.pdf>

<http://invasivespecies.idaho.gov/terrestrial-plants>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#id>

<https://legislature.idaho.gov/statutesrules/idstat/Title22/T22CH19/>

<https://adminrules.idaho.gov/rules/2010/02/0622.pdf>

Kansas

Considerada como especie en cuarentena *Tamarix* (Salt Cedar). Saltcedar o tamarisk (*Tamarix* spp.) fue puesto en cuarentena por el Departamento de Agricultura de Kansas en 2004; actualmente ha desplazado aproximadamente 1.6 millones de acres (648,000 ha) de vegetación nativa en el oeste de los Estados Unidos.

El Departamento de Agricultura, de conformidad con lo autorizado por KS.A. 2-2117, determina que la acción de cuarentena es necesaria para evitar la introducción y expansión de *Tamarix* spp. en el estado de Kansas. Secretary of the Kansas Department of Agriculture.

<http://agriculture.ks.gov/docs/default-source/statutes-ppwc/quarantinetamarix.pdf?sfvrsn=2>

<http://agriculture.ks.gov/divisions-programs/plant-protect-weed-control>

<http://agriculture.ks.gov/divisions-programs/plant-protect-weed-control/noxious-weed-control-program>

<https://plants.usda.gov/java/noxious?rptType=State&statefips=20>

Nevada

Catalogada como categoría C. Nevada Noxious Weed List By Category (NAC 555.010).

Son malezas generalmente establecidas y con amplia distribución en muchos de los condados del estado. Tales malezas están sujetas a: (a) Erradicación activa desde las instalaciones de un distribuidor de viveros. Noxious Weeds Categories. Department of Agriculture of Nevada. Designation and categorization of noxious weeds. (NRS 555.130). Control.

1.- Se puede cortar, excavar o quemar, pero se debe combinar con una aplicación química para ser efectiva.

2.- Se puede usar el control biológico por medio de insectos.

3.- Se puede aplicar el herbicida imazapyr al follaje en crecimiento activo durante la floración; triclopyr, glifosato o imazapir como un tratamiento de corte de tocón o corteza basal.

[http://agri.nv.gov/Plant/Noxious_Weeds/WeedList/Saltcedar_\(Tamarix_spp_\)/](http://agri.nv.gov/Plant/Noxious_Weeds/WeedList/Saltcedar_(Tamarix_spp_)/)

http://agri.nv.gov/Plant/Noxious_Weeds/Noxious_Weed_List/

http://agri.nv.gov/uploadedFiles/agrinvgov/Content/Plant/Noxious_Weeds/Documents/NVNoxiousWeedList_by%20category_2012.pdf

<https://www.leg.state.nv.us/NAC/NAC-555.html#NAC555Sec010>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#nv>

Nuevo Mexico

Catalogada como especie clase C. Las especies de clase C se encuentran muy dispersadas en el estado. Las decisiones de manejo para estas especies se deben determinar a nivel local, según la viabilidad del control y el nivel de infestación. New Mexico Noxious Weed List. New Mexico Department of Agriculture.

<http://www.nmda.nmsu.edu/wp-content/uploads/2016/11/Weed-List-memo-and-weed-list-2016.pdf>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#nm>

<http://www.nmda.nmsu.edu/apr/noxious-weed-information/>

Texas

Considerada como categoría de planta exótica, dañina o potencialmente dañina. Ninguna persona puede importar, poseer, vender o colocar en el agua esta planta en este estado, excepto según lo autorizado por la regla o el permiso emitido por el departamento. Considerada en el listado de plantas nocivas Texas Administrative Code. 2005. Quarantines and noxious plants, Chapter 19 (24 May 2006). State of Texas.

El manejo del pino salado requiere un compromiso a largo plazo para mantener niveles bajos de la planta y prevenir la reinfestación. Se han utilizado una variedad de métodos en el manejo del bosque del pino salado, incluidos los mecánicos, químicos y biológicos. El manejo más efectivo probablemente involucre una combinación de métodos.

El uso de químicos o biológicos siempre debe ser en concordancia con el Departamento de Agricultura.

https://www.texasinvasives.org/plant_database/detail.php?symbol=TAAP

<http://www.texasnatives.org/Texasnatives-LISTS.htm>

<https://plants.usda.gov/java/noxious?rptType=State&statefips=48>

Wyoming

Se encuentra en el listado de Especies de malezas nocivas e invasoras de Wy. Wyoming Weed and Pest Council. 2012. “Wyoming Weed & Pest Control Act Designated List”.

El consejo de Weed and Pest de Wyoming adoptó el Manejo Integrado de Plagas (IPM) como su enfoque para el control nocivo de malezas. IPM se refiere al uso de múltiples métodos para el control de malezas. Los métodos incluyen control químico usando herbicidas, control biológico utilizando plagas de plantas y prácticas culturales como labranza o siega. Para áreas infestadas de malezas nocivas establecidas, la utilización de estrategias de control múltiple generalmente producen un buen resultado. El Consejo, así como los distritos individuales, se esfuerzan por mantenerse a la vanguardia en el manejo de la vegetación con el fin de combatir las amenazas existentes y nuevas. Las asociaciones entre el Departamento de Agricultura de Wyoming y la Universidad de Wyoming ayudan a mantener actualizadas tanto la información como la metodología. La detección temprana y la respuesta rápida (EDRR) son un aspecto clave para mitigar los problemas emergentes de malezas.

<http://www.wyoweed.org/weeds/control-of-noxious-weeds>

<http://www.wyoweed.org/weeds>

https://www.blm.gov/sites/blm.gov/files/documents/files/nv_rubypipeline_App_C_Noxious_Invasive_Weeds_Lists.pdf

https://www.blm.gov/ca/pdfs/cdd_pdfs/attnexgen/Appendix-E_opt.pdf

<http://www.tcweed.org/weed-pests-programs/noxious-weeds/weed-id/>

http://www.wyoweed.org/images/Designated_List.pdf

<http://www.wyoweed.org/weeds/state-designated-weeds>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#wy>

Sudáfrica

Categoría 1b. Considerada como invasiva, se encuentra dentro del listado: Alien Invasive Plants List For South Africa. National Environmental Management: Biodiversity Act, (NEMBA) (2014). Government Gazette, 12 February 2014. 584, No. 37320

Última actualización: 2017-07-26 con la última clasificación del NEMBA en concordancia con National Environmental Management: Biodiversity Act, 2004 (Act No. 10 Of 2004) Alien And Invasive Species Lists, 2016.

Categoría 1b (Prohibida/ excepto si está en posesión o bajo control): Especies invasoras.

La persona que tenga una especie con Categoría 1b del listado de Especies invasoras debe controlar las especies de acuerdo con las secciones 75 (1), (2) y (3) de la Ley. Una persona contemplada en la sub-regulación (2) debe permitir que un funcionario autorizado del Departamento ingrese a su terreno para monitorear, asistir o implementar el control de las especies invasoras enumeradas, o el cumplimiento del Programa de Manejo de Especies Invasoras contemplado en la sección 75 (4) de la Ley.

Henderson, L. (2013). SAPIA Database. National Environmental Management: Biodiversity Act, (NEMBA) (2014). Government Gazette, 12 February 2014. 584, No. 37320.

Spear, D., McGeoch, M.A., Foxcroft, L.C. & Bezuidenhout, H. (2011). Alien Species in South Africa's National Parks. *Koedoe*. 53, 1.

Henderson, L., Wilson, J.R.U. (2017). Changes in the composition and distribution of alien plants in South Africa: an update from the Southern African Plant Invaders Atlas (SAPIA). *Bothalia: African Biodiversity and Conservation*. 47, 2: a2142.

<https://www.environment.co.za/weeds-invaders-alien-vegetation/alien-invasive-plants-list-for-south-africa.html>

https://www.environment.co.za/wp-content/uploads/2017/03/nemba10of2004_alienandinvasive_specieslists2016.pdf

<http://www.agis.agric.za/wip/>

<http://www.griis.org/search3.php>

11. Información para el Análisis de riesgo de *T. aphylla*

A continuación, se presenta la justificación y las referencias consideradas para cada pregunta dentro del análisis de riesgo WRA (Weed Risk Assessment; Pheloung *et al.* 1995; 1999) para *Tamarix aphylla* (ver Apéndice 1):

Historia/Biogeografía

1. Domesticación/Cultivo

1.01. ¿La especie está altamente domesticada?

R= Sí. *Tamarix aphylla* ha sido ampliamente plantada en zonas áridas de Africa y Asia (National Academy of Sciences 1980). Tanto en Australia como en California se domesticó y se plantó deliberadamente. La dispersión de esta especie en Australia se originó a partir de árboles plantados alrededor de casas, en granjas y en sitios para dar sombra (Fuller 1993).

1.02. ¿Se ha vuelto la especie naturalizada donde crece?

R= Sí. Las infestaciones naturalizadas se han originado en plantaciones deliberadas de hogares, corrales o sitios minados en Australia (Gouldthorpe 2008). El establecimiento parece haber tenido lugar después de fuertes inundaciones que dispersaron las semillas río abajo y arrancaron los eucaliptos que generalmente dominaban previamente los sitios (Griffin *et al.* 1989). En varios estados de EUA se ha naturalizado la especie. Los diversos tipos de vegetación en los que más posiblemente se naturaliza es en humedales áridos y semiáridos, y áridos ribereños (DLRM 2014), desiertos, bosques y dunas (CABI 2018).

1.03. ¿Tiene la especie razas de maleza?

R= No. En Israel se han llevado a cabo trabajos de selección sobre *T. aphylla*, lanzando un cultivar mejorado “*erecta*” (Bosch & Louppe 2011). *Tamarix aphylla* var. *erecta* no está catalogado científicamente, no se encuentra normalmente en la naturaleza (Harari 2014).

Esta variedad parece haber sido posible por la hibridación interespecífica en este género (Bosh & Louppe 2011). Por ello, no se le considera una raza de la especie.

2. Clima y Distribución

2.01. Especie adecuada a climas en México

R= Alta. De acuerdo a la modelación y al análisis de similitud climática realizados se puede ver una relativa alta adecuación a los climas de México (Apéndice 3, tabla 1 y Mapas de climas para *T. aphylla*)

2.02. Calidad de la similitud climática

R= Alta. Se conoce bien el rango de distribución natural e introducido de *T. aphylla*, y presenta una alta coincidencia con el clima similar de México.

2.03. Idoneidad del clima amplia (versatilidad ambiental)

R= Sí. *T. aphylla* crece naturalmente en climas cálidos y secos (Little 1953), en climas subtropicales cálidos y áridos a tropicales en verano, así como en climas mediterráneos, con precipitaciones uniformes, con lluvia de verano o de invierno (Booth & Wickens 1988). Se desarrolla mejor en un clima cálido y seco con una fuerte luz solar (Smith 1941), pero es tolerante a altas temperaturas de verano y a las heladas, oscilando entre temperaturas de -8.8 a 50 °C y sequías frecuentes (Gerry 1954, NAS 1980). En su rango de invasión, puede ocupar climas áridos, árido-tropicales y también mediterráneos. Se le considera como una especie que puede sobrevivir en ambientes extremos, con adaptación a distintos ambientes (Randall 2012). Por otro lado, analizando los registros que obtuvimos de su área nativa y sobreponiéndolos al mapa de climas del mundo (World Maps of Koppen-Geiger Climate Classification; <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/>), a *T. aphylla* se le encuentra en climas del tipo semiárido cálido, árido cálido y mediterráneo con verano cálido; de acuerdo a los registros del área invadida, se denotan climas del tipo semiárido cálido, árido cálido, mediterráneo con verano cálido, oceánico mediterráneo con verano suave, templado con invierno seco y subtropical sin estación seca (Tabla 1, en Apéndice 3). Es decir, que la especie tiene un relativo alto grado de versatilidad ambiental.

2.04. Nativa o naturalizada en regiones con periodos de sequía prolongados

R= Sí. Una vez establecida esta planta es resistente a las sequías (Smith 1941, Little 1953). Las semillas, sin embargo, soportan poco los periodos de sequía por lo que deben germinar rápido una vez llueva y establecerse cerca de donde haya agua. Bajo condiciones secas, las semillas sobreviven cuatro meses en condiciones de almacenamiento seco. La viabilidad de las semillas es a corto plazo, y su germinación se ve limitada por la baja disponibilidad de agua (Walker *et al.* 2006). En Australia, *T. aphylla* se distribuye donde los climas pueden ir del árido cálido (BWh), con precipitación anual de 0 a 50 mm; semiárido frío (BSk), con precipitación promedio anual de 100 mm; tropical de sabana (Aw), con precipitación anual de 100 a 200 mm; subtropical húmedo sin estación seca, verano cálido (Cfa) con precipitación anual de 200 a 300 mm; y oceánico (Cfb), con precipitación de 300 a 400 mm; las temperaturas promedio anuales oscilan de los 9-24 °C (Peel *et al.* 2007, Commonwealth of Australia 2018). En EUA, *T. aphylla* se distribuye en Arizona, California, Texas, Nevada, Utah y Hawaii, con climas árido cálido (BWh) con precipitación de 0 a 254 mm; árido frío (BWk) con precipitación de 0 a 254 mm; semiárido cálido (Bsh) con precipitación anual de 508 a 635 mm; semiárido frío (BSk) con precipitación de 381 a 508 mm; mediterráneo, verano cálido (Csa) con precipitación de 381 a 762 mm; y subtropical sin estación seca (Cfa) con precipitación de 1016 a 1524 mm. Las temperaturas promedio anual oscilan de 4-33 °C (Peel *et al.* 2007, NOAA 2018). En EUA se han registrado sequías de hasta 50 a 100 años (Gutzler 2003). En México, *T. aphylla* se distribuye en Sonora, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Estado de México, donde los climas van de los árido cálido (BWh) con precipitación de 100 a 200 mm, árido frío (BWk) con precipitación de 200 a 300 mm; semiárido cálido (Bsh) con precipitación de 300 a 400 mm; semiárido frío (BSk) con precipitación de 400 a 500 mm; mediterráneo, verano cálido (Csa) con precipitación de 500 mm; y templado con invierno seco (Cwb) con precipitación de 800 a 1500 mm. Las temperatura oscilan entre los 8 y 26°C (Peel *et al.* 2007, INEGI 2018). En México se han registrado sequías con períodos de 3 a 8 años (CONAGUA 2018).

2.05. Tiene la especie una historia de repetidas introducciones fuera de su rango natural?

R= Sí. Varias especies de *Tamarix* fueron traídas a los EUA desde el sur de Europa y Asia durante la década de 1800 para ser utilizadas para el control de la erosión y para producir sombra (CABI 2018). *Tamarix aphylla* se introdujo en los desiertos del sudoeste de EUA en 1911 (CABI 2018). También se introdujo en Australia en la década de 1930 desde California en distintas ocasiones (Gouldthorpe 2008). En 1940 se piensa que *T. aphylla* fue introducida en Perú (Ica) desde el Mediterráneo o África de Norte (Whaley et al. 2010). En México, las especies de *Tamarix* se introdujeron a través de EUA y también debido a plantaciones comerciales (Glenn & Nagler 2005). Otros lugares donde se introdujo han sido Israel y Sudáfrica (Henderson 2001, CABI 2018).

3. Maleza en cualquier sitio

3.01. Naturalizada más allá de su área de distribución nativa

R= Sí. Se le considera naturalizada y en varios países naturalizada e invasora (Randall 2012). Los países donde se ha naturalizado incluye a los EUA (Robinson 1965) (incluido Puerto Rico; USDA 2018a), Australia (Griffin et al. 1989, Bosch & Louppe 2011), Sudáfrica (CARA 2001), Argentina (Gaskin & Schaal 2003), Canadá (AARD 2008) y México (Glenn & Nagler 2005).

3.02. Maleza de jardín/ ornato (amenidad)/disturbio

R= Sí. Las infestaciones naturalizadas de *T. aphylla* se han originado en plantaciones deliberadas de hogares, corrales o sitios minados (Gouldthorpe 2008). Es resistente a la sequía por lo que frecuentemente se ha reportado que el árbol ha permanecido vivo alrededor de las casas abandonadas sin agua, excepto por la lluvia limitada e incierta que ocurre en los sitios (Smith 1941). Se le encuentra en zonas de disturbio (Randall 2012). En Australia se considera que de los miles de árboles domesticados podrían generar problemas con escapes, además de considerarse que daña la estética de los paisajes naturales, afectando el turismo y al patrimonio cultural de las áreas naturales (Gouldthorpe 2008).

3.03. Maleza de agricultura/horticultura/forestal

R= Sí. En Australia, *T. aphylla* impacta negativamente la industria pastoril y reduce la disponibilidad y acceso del agua; hay y pérdidas económicas y de productividad en las zonas donde existe *T. aphylla* (Gouldthorpe 2008).

3.04. Maleza ambiental (campo)

R= Sí. Se le considera como una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos (Randall 2012). Se ha registrado de manera abundante y frecuente a *T. aphylla* a lo largo kilómetros de carretera y vías férreas en los desiertos de California y Arizona (NAS 1980). Esta especie ha impactado fuertemente en las áreas ribereñas de la región sur del Territorio del Norte en Australia, particularmente dentro de la cuenca del río Finke; además se ha propagado rápidamente a otras cuencas de Australia Meridional, Australia Occidental, Nueva Gales del Sur y Queensland (ARMCANZ & NZECCFM 2000). La invasión de *T. aphylla* a lo largo del río Finke en Australia ha alterado la composición de la vegetación nativa, que es intolerante a la salinidad. Se ha encontrado que los árboles nativos *Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus microtheca*, han sido reemplazados por *T. aphylla* y el hábitat para la fauna se alteró debido a la disminución del número de troncos y por la hojarasca compactada (Griffin *et al.* 1989, ARMCANZ & NZECCFM 2000). Se han registrado menos aves por la pérdida de sitios de anidación debido a que las ramas de *T. aphylla* no se descomponen de tal manera que se formen huecos de nidificación cuando están muertos, lo que sí sucede en los eucaliptos. Asimismo, sus flores no producen néctar ni generan un hábitat de calidad para la fauna nativa al no producir algún alimento de calidad, ya que contiene altos niveles de fenol que pueden inhibir a los herbívoros; asimismo, al absorber por las raíces sales y otros productos químicos como cadmio, se reduce la posibilidad de consumo a los herbívoros. Los reptiles también han reducido sus números, ya que la hojarasca es más densa bajo los árboles de *Tamarix*; lo anterior reduce a la vez la riqueza de invertebrados para alimentarse y refugiarse. Una especie amenazada de mamífero, la zarigüeya se ha visto afectada (Griffin *et al.* 1989, ARMCANZ & NZECCFM 2000, Csurhes 2008). Al ser *Tamarix* una freatofita se ha encontrado que usan grandes cantidades de agua, estimándose en millones de metros cúbicos anualmente (Busby & Schuster 1971, Csurhes 2008).

3.05. Malezas congenéricas

R= Sí. Se considera malezas a las especies congenéricas *T. gallica*, *T. hispida*, *T. nilotica*, *T. ramosissima*, *T. chinensis* y *T. parviflora* (Randall 2012). Estas tres últimas especies que

fueron introducidas desde el sudoeste de Asia, han invadido y reemplazado la mayor parte de la vegetación nativa en al menos 600,000 ha naturales y de tierras agrícolas en ecosistemas ribereños del oeste de EUA (DeLoach 1988).

Biología/Ecología

4. Rasgos indeseables

4.01. Produce espinas, estructuras espinosas

R= No. En el apartado de Descripción de la especie no se indica que se presenten estas estructuras.

4.02. Alelopática

R= Sí. Las pequeñas hojas de *T. aphylla* exudan sal que puede formar una capa de costra en la superficie y gotear sobre el suelo (Tesky 1992). La exudación de sal puede servir como un agente alelopático en los sitios en que habita, lo que le da a *Tamarix* una ventaja competitiva y crea condiciones salinas en que las especies ribereñas nativas no pueden establecerse o sobrevivir (Brock 1994) como ha sucedido en Australia donde una estera densa y cargada de sal producida por *T. aphylla* incrementa el contenido de sales en el suelo, llegando a reemplazar pastizales hasta a 50 m de distancia. Solo existe entonces un número relativamente pequeño de quenopodios y pastos tolerantes a la sal (Griffin et al. 1989, ARMCANZ & NZECCFM 2000, Csurhes 2008).

4.03. Parásita

R= No. No existen en la literatura artículos que indiquen que *T. aphylla* sea parásita.

4.04. Es desagradable para los animales de pastoreo

R= Sí. Contiene altos niveles de fenol que pueden inhibir a los herbívoros; también la presencia de las sales y otros elementos químicos como cadmio, que se absorben a través de las raíces, reducen la palatabilidad para los herbívoros (Griffin et al. 1989).

4.05. Tóxica para los animales

R= No. No existen en la literatura artículos que indiquen que *T. aphylla* sea tóxica para los animales.

4.06. Huésped de pestes y patógenos reconocidos

R= Sí. Se sabe que *Tamarix* es atacado por más de 125 insectos y ácaros (Orwa et al. 2009). En el rango nativo de *T. aphylla* se reportan plagas de insectos en India y Pakistán, reportándose *Chionaspis engeddensis* en infestaciones intensas en plantaciones en Punjab, India (Beeson 1941). Se sabe que en su rango no nativo es atacado por *Characoma nilotica*, que es un insecto plaga que afecta a la especie arbórea *Bucida buceras* (que es originaria del Caribe y sur de México), árbol que es usado normalmente como ornato en parques y jardines, alimentándose primero de sus flores y luego del follaje (Habib 1980, Caldwell 2008).

4.07. Causa alergias o es tóxica para los humanos

R= No. No se reporta ningún incidente de alergias o toxicidad a humanos.

4.08. Crea un riesgo de incendio en ecosistemas naturales

R= No. *T. aphylla* es resistente al fuego por su alto contenido de ceniza (30-40%) y por la sal que elimina por su follaje; por ello es difícil de quemar, incluso cuando está seco. Se puede cultivar en tiras de 30 m de ancho para controlar la propagación de incendios forestales comunes en las regiones secas (Tesky 1992). El goteo de sal de sus ramas las humedece debido a su naturaleza higroscópica, con lo que suprime el crecimiento de otra vegetación inflamable. Además, la hojarasca es demasiado salina para quemar. Disminuye con ello la frecuencia de los incendios y alteran la estructura de la vegetación (Csurhes 2008, CABI 2018).

4.09. Es una planta tolerante a la sombra en alguna etapa de su ciclo de vida

R= No. *T. aphylla* es un demandante de luz y no tolera la sombra (CABI 2018).

4.10 Crece en suelos infértiles

R= Sí. Como especie introducida crecerá en suelos estériles muy secos siempre y cuando sus raíces encuentren agua (Bosch & Louppe 2011). *T. aphylla* puede crecer en suelos alcalinos, salinos y anegados estacionalmente (Troup 1921, NAS 1980). Como especie introducida se establece en suelos cerca de caminos ruderales, cerca de campos de cultivo, ciudades y terrenos desmontados cercanos. Crece en ambientes de disturbio o perturbados. Estos suelos degradados han perdido fertilidad. En México, las plantas suelen crecer en sitios degradados. Por ejemplo, se ha indicado que *T. aphylla* fue introducido en Baja California Sur en la década de 1920, y desde entonces se ha propagado con éxito en áreas perturbadas, sobre todo en suelos salinos sin vegetación (León de la Luz *et al.* 2009). En 2009, se reportó a esta especie en Guaymas, Sonora, propagándose sobre la carretera MEX 15 (Van Devender *et al.* 2009).

De acuerdo a la CONABIO, en el país existen cuatro tipos de degradación del suelo: degradación física, degradación química, erosión eólica y erosión hídrica. SEMARNAT asigna el grado de degradación del suelo en el país en las categorías: ligero, moderado, fuerte y extremo. *T. aphylla* que se distribuye en México se encuentra en algunos sitios con degradación de suelo, que muestra suelos infértiles (SEMARNAT 2004, CONABIO 2012):

1. Suelos con degradación física extrema: en La Paz, Baja California Sur; Laguna Salada, Mexicali, Baja California; y la carretera MEX 15, Guaymas, Sonora. Contiene suelos infértiles.
2. Suelos con degradación eólica moderada: en La Esmeralda, Ojinaga, Chihuahua y San Pedro, Coyame del Sotol, Chihuahua.
3. Suelos con degradación química moderada: en Meoqui, Meoqui, Chihuahua; Delicias, Delicias, Chihuahua; Saucillo, Saucillo, Chihuahua; Santa Rosalía Camargo, Camargo, Chihuahua; y Estación de ferrocarril Gustavo Sotelo, San Luis Río Colorado, Sonora.

4.11. Es de hábitos trepadores o sofocantes

R= No. Es un árbol o arbusto que crece en el suelo (ver apartado de Descripción).

4.12. Forma matorrales o agregaciones arbustivas densas

R= Sí. El árbol forma extensos rodales monoespecíficos que desplazan árboles y arbustos nativos (Griffin et al. 1989, ARMCANZ & NZECCFM 2000, Csurhes 2008, Tesky 1992).

5. Tipo de planta

5.01. Acuática

R= No. Se considera terrestre, pero requiere agua para su establecimiento y supervivencia (Bosch & Louppe 2011). Se considera que crece más vigorosamente en tierras sometidas a inundaciones ocasionales en comparación con tierras que nunca se inundan (Troup 1921, NAS 1980, Danin 1981).

Ver apartado de Descripción.

5.02. Pasto

R= No. Es un arbusto o árbol pequeño-mediano, caducifolio (Welsh et al. 1987, Crins 1989, Wilken 1993). Ver apartado de Descripción.

5.03. Planta leñosa fijadora de Nitrógeno

R= No. Aunque es una planta leñosa, no hay evidencia de que fije Nitrógeno.

5.04. Geofita

R= No. *T. aphylla* es un árbol que no tiene características de especie geofita (ver apartado de Descripción).

6. Reproducción

6.01. Evidencia de falla reproductiva sustancial en su hábitat nativo

R= Sí. Dentro de su rango nativo, en el Cairo, Egipto *T. aphylla* rara vez produce semillas (USDA 1917).

6.02. Produce semillas viables

R= Sí. *T. aphylla* produce alrededor de 500,000 semillas/año en un solo árbol, pero la viabilidad de las semillas es baja a moderada; en buenas condiciones es de

aproximadamente 22%, lo que representa unas 11,000 semillas viables por año de un solo árbol (Tesky 1992, CABI 2018) (ver apartado de Biología e historia natural).

6.03. Hibridiza naturalmente

R= Sí. Los híbridos entre especies de *Tamarix* son comunes (Gaskin and Schaal 2002). *T. aphylla* tiene $2n = 24$ cromosomas (Gaskin and Schaal 2002, Gaskin and Shafroth 2005), lo que hace la hibridación más factible por compatibilidad cromosómica, incluso entre las especies más alejadas del género (Gaskin and Shafroth 2005). En EUA se han reportado recientemente híbridos probables entre *T. aphylla* y *T. ramosissima*, con una apariencia intermedia entre las dos especies (Gaskin and Shafroth 2005). También se cree que *T. aphylla* hibridiza con *Tamarix parviflora*, que es de flor pequeña (Gouldthorpe 2008).

6.04. Auto-fertilización

R= Sí. Aunque no hay información directa de la autofertilización de *T. aphylla*, se ha registrado y descrito que las especies del género *Tamarix* pueden auto-fertilizarse (Tesky 1992, Gaskin & Schaal 2002, Lindgren *et al.* 2010).

6.05. Requiere de polinizadores especialistas

R= No. No existen en la literatura artículos que indiquen polinizadores especialistas para este árbol. Se sabe que *T. aphylla* es polinizada por distintos tipos de insectos, así como que es una fuente importante de polen para la abeja europea (Tesky 1992, Whaley *et al.* 2010).

6.06. Reproducción por propagación vegetativa

R= Sí. Las especies de *Tamarix* se propagan tanto vegetativamente por raíces subterráneas y ramas como por reproducción sexual (Brotherson & Winkel 1986, Vonlanthen *et al.* 2011). *T. aphylla* se propaga principalmente por esquejes, brota de la corona de la raíz o forma raíces adventicias de tallos sumergidos, rotos o enterrados (McKell *et al.* 1971, Kunzmann *et al.* 1989).

6.07. Tiempo mínimo en generaciones (años)

R= 3. La reproducción empieza a partir del tercer año de vida y partir de ahí continua anualmente (Csurhes 2008). Los propágulos vegetativos pueden vivir hasta 5 años (Tesky 1992).

7. Mecanismos de dispersión

7.01. Propágulos se pueden dispersar sin intención

R= Sí. Existe evidencia que sugiere que *T. aphylla* se propaga accidentalmente por personas, particularmente a través de material vegetativo que se adhiere a maquinaria pesada como equipos de movimiento de tierra, niveladoras de caminos, y otros vehículos (Gouldthorpe 2008). Al moverse la tierra contaminada pueden dispersarse las semillas.

7.02. Propágulos dispersados intencionalmente por la gente

R= Sí. Según se muestra en los apartados Historia de la comercialización y Rutas de introducción, las introducciones de esta planta han sido por comercialización, habiéndose reportado inclusive en viveros de algunos países, y en algunas partes de USA aún se vendía en sitios hasta inicios del año 2000 (Gaskin & Schaal 2003). *T. aphylla* es un árbol útil, por lo que han sido introducidos y plantados en varios países, con fines de ornato, sombra, cortinas rompevientos, control de la erosión, principalmente (Tesky 1992, Bosch & Louppe 2011).

7.03. Propágulos se pueden dispersar como contaminante de producto

R= No. No hay evidencia de que sus propágulos puedan ser llevados a otro lado como contaminante de semillas, alimentos, forraje.

7.04. Propágulos adaptados a dispersarse por el viento

R= Sí. Las semillas de *T. aphylla* son lo suficientemente pequeñas como para ser transportadas por el viento. Se pueden dispersar ampliamente y a grandes distancias por el viento, pudiendo viajar hasta 8 km o más (Csurhes 2008).

7.05. Propágulos flotantes

R= Sí. Las inundaciones provocan la dispersión de las semillas, de fragmentos de raíz o ramas de la planta, al ser arrastradas por el agua (Danin 1981, Tesky 1992).

7.06. Propágulos dispersados por las aves

R= Sí. Se ha reportado que las aves pueden dispersar las semillas (Weber 2003).

7.07. Propágulos dispersados por otros animales (externamente)

R= Sí. Se ha indicado que la dispersión animal es posible (Weber 2003), con la posibilidad de que pueda propagarse por herbívoros domésticos y salvajes (Gouldthorpe 2008).

7.08. Propágulos dispersados por otros animales (internamente)

R= No. No hay evidencia de que *T. aphylla* pueda dispersar internamente los propágulos.

8. Atributos de persistencia

8.01. Producción de semillas prolífica

R= Sí. *T. aphylla* produce alrededor de 500,000 semillas/año por un solo árbol; las semillas son diminutas, siendo aproximadamente de 1,000 por cada gramo (Tesky 1992).

8.02. Evidencia de que un banco de propágulos (semillas) es formado (>1 año)

R= No. Las semillas maduran en verano pero su viabilidad es de corta duración, de 4 a 6 semanas (Csurhes 2008).

8.03. Bien controlada por herbicidas

R= No. Es difícil controlar la invasión de *Tamarix*, ya que es resistente a herbicidas (Gaskin & Schaal 2003, DeLoach et al. 1988). Se presenta en el Anexo 3 una tabla con información sobre los herbicidas que han mostrado alguna efectividad para el control de *Tamarix*.

8.04. Tolera o se beneficia de la mutilación, cultivo o fuego

R= Sí. *T. aphylla* es una especie adaptada al fuego, que generalmente sobrevive a sus efectos. Debido a sus cualidades resistentes al fuego es una buena especie para usar en cinturones protectores contra incendios (Tesky 1992). Los árboles se regeneran vegetativamente a partir de ramas rotas arrastradas por las inundaciones (Danin 1981). Se

ha encontrado que al ser cortado a nivel del suelo, después de un incendio o a ser cortado *T. aphylla* rebrota vigorosamente, creciendo de 2 a 3 m después de un año (Gaskin & Schaal 2003, DeLoach et al. 1988).

8.05 Enemigos naturales efectivos presentes en México

R= Sí. Se conoce un escarabajo (*Diorhabda* spp.) que es un enemigo natural de *T. aphylla*, es un defoliador. Esta especie fue liberada en en 2007 en Candelaria, Texas, EUA, cerca de la frontera con México. En 2009 fue liberada en el Río Bravo (Grande), propagándose del lado de México. Ha avanzado desde entonces por los márgenes del Río Bravo, hacia poblados dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Cañón de Santa Elena. También ha avanzado por el Río Conchos, desplazándose por el Valle de Ojinaga, hasta el poblado Maclovio Herrera, aguas abajo de la Presa Luis E. León (PROFAUNA 2011).

12. Riesgo de invasión de *Tamarix aphylla* en México en función de la similitud climática

T. aphylla presenta un elevado riesgo de invasión en el Noroeste y Noreste de México considerando la similitud climática que hay con las áreas de su distribución nativa (Fig. 10). Si consideramos la presencia por región invadida actual, el riesgo se expande dentro de estas mismas regiones del norte, pero se presenta otra vez como elevado para Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Durango, Coahuila y el norte de Nuevo León y Tamaulipas. Dentro del Norte de México, no queda restringida ni limitada su zona de invasión en cualquiera de los casos. Para Norteamérica el riesgo es bajo y localizado al suroeste y para Centroamérica el riesgo es muy bajo.

Si comparamos los mapas de climas generados a partir de los mapas climáticos mundiales, se puede observar que hay una mayor versatilidad de climas en las áreas invadidas comparado con la distribución nativa (Apéndice 3).

Tamarix aphylla

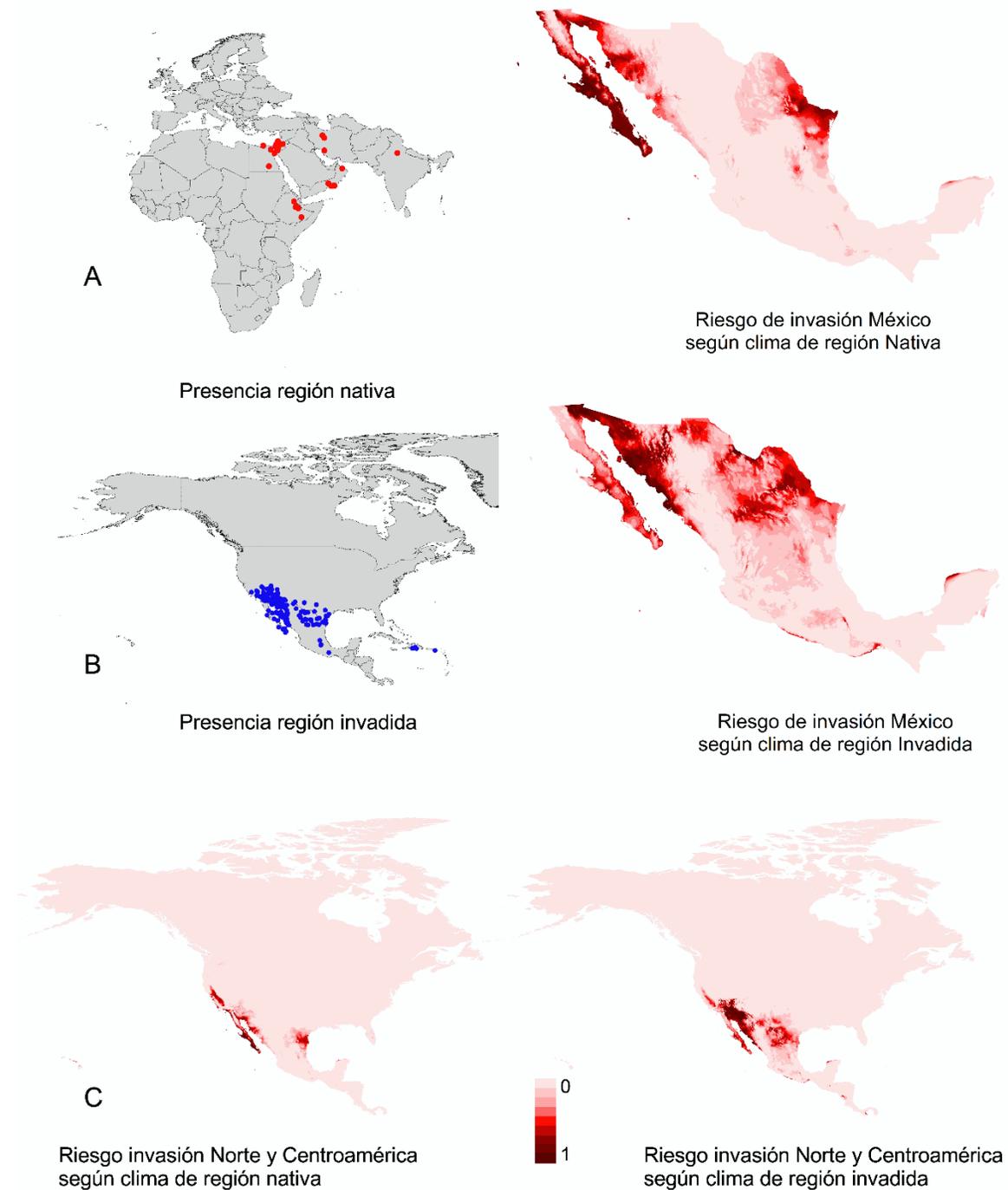


Figura 10. Modelos de Maxent para *Tamarix aphylla* calibrados en su región nativa (A) y de invasión (B) y proyectados a Norte y Centroamérica (C); notar el riesgo para México dentro de esta región. Los mapas de distribución geográfica potencial de la derecha indican las áreas con condiciones climáticas y topográficas adecuadas para el establecimiento de *Tamarix aphylla*. Los puntos rojos y azules representan la presencia de la especie en la región nativa e invadida respectivamente.

13. Resultado del Análisis de riesgo de *Tamarix aphylla*

De acuerdo a los valores mostrados en el Apéndice 1 que se obtienen de las respuestas justificadas para la especie, el puntaje WRA (Weed Risk Assessment) para *Tamarix aphylla* fue de **32**. Debido a que el puntaje es mayor que 6 (ver Anexo 1 sobre estos valores), el taxa debe ser **Rechazado**.

Por otro lado, de acuerdo al AQI el valor obtenido fue de: **64** (Apéndice 2). Por ser este puntaje >20 (ver Anexo 1 sobre estos valores), el taxa debe ser **Rechazado**.

14. Conclusión

El valor máximo del puntaje que puede tener una especie de planta para no ser rechazada para su introducción en un país considerando el WRA es igual a 6, por lo que al tener un puntaje de 32 la recomendación es que *Tamarix aphylla* debe ser **rechazada** al considerarse como una especie invasora de Alto riesgo. Por lo anterior, no debe de ser comercializada ni se debe permitir su introducción al país bajo ningún concepto. Asimismo, debe de ser una especie para la que se establezca un plan de control y erradicación en donde exista. El otro tipo de análisis de riesgo AQI arroja un valor alto, con lo que se refuerza la recomendación de rechazar que da el WRA.

De acuerdo al riesgo de invasión obtenido por modelación en función de la similitud climática (con respecto a la distribución nativa y a la que ya invadió), se denota que gran parte del norte de México presenta un elevado riesgo de invasión, incluida la región del estado de Baja California Sur que se encuentra más aislada.

Tamarix chinensis

1. Introducción

Se considera a *Tamarix chinensis* originaria de China, Mongolia y Japón. Son árboles principalmente xerofitos, pero pueden ser arbustos también, que llegan a los 8 m de altura. Tienden a vivir en áreas en donde el agua subterránea es alcanzable y la modificación del flujo juega un papel importante en el proceso de invasión y extensión de esta planta. Fue introducida en EUA desde inicios de los 1800s como especie ornamental y cortavientos, para control de erosión. Es considerada una especie exótica invasora en 10 países, incluido México. *T. chinensis* es una planta incluida en el Compendio Global de Malezas (Global Compendium of Weeds; Randall 2012) y se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva presente en 48 estados y afectando humedales.

a. Taxonomía

***Tamarix chinensis* Lour. (1790).**

Clase: Magnoliopsida (Magnolias, margaritas y parientes (dicotiledóneas))

Superorden: Caryophyllana

Orden: Caryophyllales (Tamaricales)

Familia: Tamaricaceae (Tamarisco)

Género: *Tamarix* L. (Tamaris)

b. Sinónimos:

Tamarix juniperina Bunge (1833).

Tamarix amurensis Hort. ex Chow (1934).

Tamarix caspica Hort. ex Dippel (1893) nom. nud.

Tamarix elegans Spach (1836).

Tamarix gallica var. *chinensis* (Lour.) Ehrenb. (1827).

Tamarix gallica var. *narbonensis* Ehrenb.

Tamarix gallica var. *subtilis* Ehrenb.

Tamarix japonica Hort. ex Dippel.

Tamarix libanotica Hort. ex Koch (1869).

Tamarix plumose Hort. ex Carr (1868) nom. nud.

Tamarix plumose Hort. ex Lavalley (1977).

c. Nombres comunes:

Español: Abeto salado, tamarindo, tamarisco.

Inglés: China tamarisk, Chinese saltcedar, Chinese tamarisk, five-stamen tamarisk, fivestamen tamarisk, saltcedar, tamarisk y tamarix (Ramírez-Carmona et al. 2016, Natale et al. 2008).

d. Especies de *Tamarix* con las que puede hibridar

Se puede hibridar con *T. ramosissima* más frecuentemente, pero también con *T. aphylla* y con *T. canariensis* (Gaskin 2013).

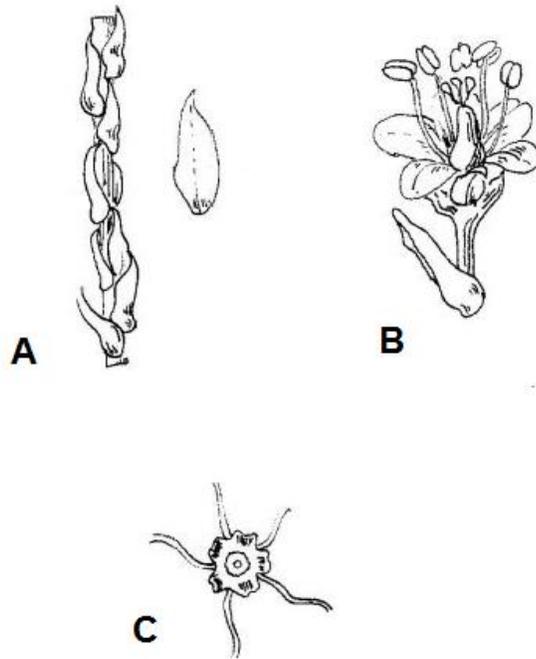
2. Descripción

Árboles o arbustos, en promedio de 3 a 6 m, llegando hasta 8 m de altura. El follaje es de aspecto plumoso, los tallos están envueltos en escamas que son las hojas transformadas (Fig. 11); posee un color azulado, los frutos miden 0.5 cm de largo. La corteza de sus troncos es color marrón rojizo a marrón oscuro. Tienen ramas densas, a menudo péndulo, rojo-púrpura y esbelto. Presenta follaje deciduo. Las hojas verdes ligeramente extendidas,

oblongo-lanceoladas o estrechamente ovadas, de 1.5-1.8 mm, abaxialmente carinadas en la base, a menudo con membranas finas, ápice acuminado incurvado; las ramas vegetativas en la parte superior subular u ovado-lanceolada, de 1-3 mm, abaxialmente carinada, base atenuada y ápice acuminado. Florecen 2 o 3 veces cada año comenzando en primavera; los racimos florales se presentan en forma de péndulo, son leñosos y crecientes del año anterior, 3-6 cm × 5-7 mm; presentan pocas flores, laxas y péndulas; pedúnculos cortos o casi ausentes, con o sin brácteas; brácteas oblongas, iguales o ligeramente excedidas, ápice acuminado; pedicelos más cortos que el cáliz. Las flores son pentámeras con cinco sépalos estrechamente ovados, 0.8-1.3 mm, 2 externos carinados abaxialmente, ligeramente completo, ápice mucronado. Cinco pétalos rosas generalmente ovados-elípticos o elípticos-obovados, rara vez obovados, de 2 mm, ligeramente superior al cáliz, en fruto persistente, disco floral de color púrpura-rojo, carnosos 5-fid; lóbulos obtusos o retusos en el ápice; 5 estambres excediendo de los pétalos, filamentos insertados entre los lóbulos del disco; ovario cónico; 3 estilos, ca. $\frac{1}{2}$, clavados tan largo como el ovario, el pistilo de 2.5-4 mm (Fig. 12). Cuando florece en verano y otoño, posee racimos de 3-5 cm, más pequeños que los de primavera, formando panículas grandes las flores son ligeramente más pequeñas, con brácteas verdes, lineales a lineares-cónicas o estrechamente triangulares, más pequeñas y más angostas que las de las flores de primavera, pedicelos más largos abaxialmente elevados en la base base atenuada, margen entero, ápice acuminado; cáliz triangular-ovado; pétalos rosados, rectos o ligeramente oblicuos hacia afuera, muy superiores al cáliz; disco de 5 lóbulos, o subdividido en 10 lóbulos; 5 estambres, igualando o ca. 2 × tan largo como pétalos; anteras obtusas; filamentos insertados entre los lóbulos del disco; estilos clavados, 2 / 5-3 / 4 tan largos como el ovario, $2n = 24$. Le caracteriza también la presencia de pelos rojizos (o a veces blancos) en el ápice de la vaina. Y es característica la presencia de flores subterráneas. Es una monocotiledónea con similitudes a miembros de las familias Cyperaceae, Juncaceae y Poaceae. Las hojas y tallos son más suculentos que los de los pastos (Geilfus 1994, Allred 2002, Gaskin & Schaal 2003, Yang & Gaskin 2007). *T. chinensis* posee una alta reflectancia (0.55 y 0.65 μm de longitud de onda y 0.63 a 0.69 μm de banda de onda) que la asocia a plantas leñosas y herbáceas; las imágenes de satélite

durante la etapa fenología muestran que es fácil distinguir a esta especie de *Tamarix* de otras especies (Everitt & Deloach 1990). Es una planta estival (Sun *et al.* 2016).

En Norte América las plantas maduras de *T. chinensis* son pentámeras igualmente, es decir la flor tiene cinco estambres, cinco pétalos y cinco sépalos; la corteza de la semilla presenta un color café a negro-púrpura (Lindgren *et al.* 2010). En EUA, las flores de la especie son de color rosa a blanco, nacidas en panículas terminales, y florecen de marzo a septiembre (Shepperd 2008). En la Fig. 13 se muestran características de las hojas de las ramas, formas de crecimiento de *T. chinensis*.



Tamarix chinensis

Figura 11. Algunas características de *T. chinensis*. A) ramilla con hojas; B) flor; C) disco floral. Modificado de *Flora of China* (www.efloras.org).



a. Inflorescencia de *T. chinensis*, Taiwán.
Weng Meng Yi



b. Inflorescencia de *T. chinensis*, Taiwán.
Weng Meng Yi



c. Inflorescencia de *T. chinensis*, San Diego, CA.
Don Loarie



d. Inflorescencias con botones florales.
Steve Jones



e. Racimos de inflorescencias colgando de rama. f. Racimos de inflorescencias floreciendo.

Cooper G. A.

Weng Meng Yi



g, h. Racimos de inflorescencias de *T. chinensis*. Cooper G. A.



i. Racimos de inflorescencias de *T. chinensis*.
Cooper G. A.



j. Rama con racimos de inflorescencias.
Joe F. Duft



k. Rama con racimos de inflorescencia. Anne Parsons



I. Árbol de *T. chinensis* en flor, racimos de inflorescencias. Cooper G. A.

Figura 12. Botones florales, flores e inflorescencias de *Tamarix chinensis*. Fotos con permiso académico de los autores, que se indican al final en cada fotografía.



a. Ramas y hojas de *T. chinensis*. Marissa Frances



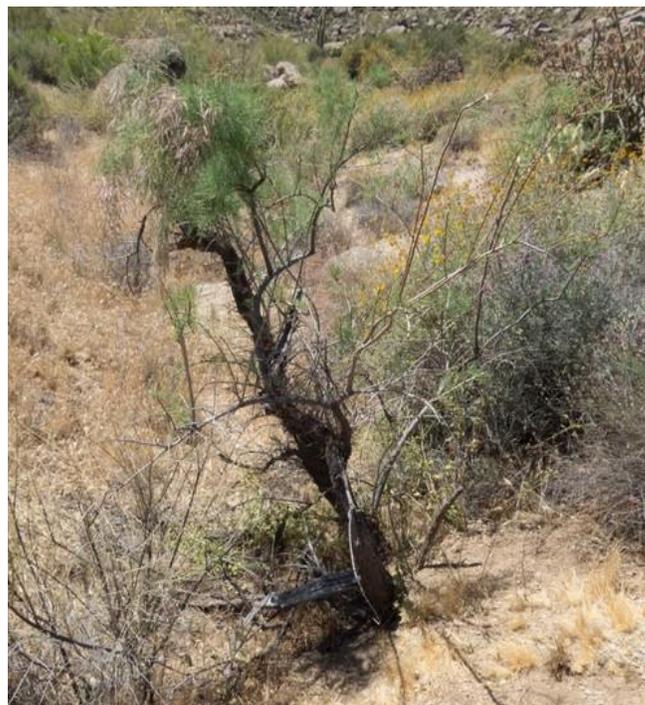
b. Hoja de *T. chinensis*. Don Loarie



c. Hoja de *T. chinensis*. Jason Michael Crockwell



e. Ramas de *T. chinensis* creciendo de un tronco
Steve Jones



d. *T. chinensis* crecimiento arbustivo.
casi seco. Steve Jones

Figura 13. Hojas, ramas, forma de crecimiento arbustivo de *Tamarix chinensis*. Fotos con permiso académico de los autores, que se indican al final en cada fotografía.

3. Biología e historia natural

T. chinensis puede reproducirse tanto por semilla como por propagación vegetativa. Es la reproducción vegetativa la que da una gran potencialidad de propagación, ya que produce varias raíces adventicias y nuevos brotes de tejido del tallo (Lindgren *et al.* 2010). *Tamarix* también puede regenerarse de la raíz o de los brotes de la corona y esquejes o ramas (Shepperd 2008, Xiaojing *et. al* 2014). Produce una gran cantidad de semillas, las cuales germinan, y sus frutos maduran en 15 días, formando áreas arbustivas muy extensas (Wang *et al.* 2005).

En China, en su rango nativo, los primeros brotes de floración aparecen entre finales de abril y principios de mayo, siendo un proceso continuo hasta septiembre y en ocasiones hasta principios de enero. El brote o botón floral dura quince días (Zhong-li *et al.* 2005). *T. chinensis* en su distribución en Nuevo Mexico tiene su periodo de floración en los meses de abril a noviembre (Allred 2002).

La tasa de polinización es mayor en el primer día debido a que el estigma es más receptivo, el segundo y tercer día se reduce la receptividad, hasta el cuarto día en que se reduce por completo. La tasa de polinización en condiciones naturales es muy elevada, estimada en 95.23% (Zhong-li *et al.* 2005).

Las flores requieren de insectos para su polinización, aunque se ha sugerido que la polinización también puede ocurrir por el viento (Lindgren *et al.* 2010). En su área nativa se ha comprobado que requiere de polinizadores (Wang *et al.* 2005). Normalmente la polinización es cruzada pero puede haber autofertilización cuando la polinización cruzada no ocurre (Lindgren *et al.* 2010).

T. chinensis produce grandes cantidades de semillas pequeñas, que tienen vida corta (Shepperd 2008). Se ha estimado que una planta madura puede producir medio millón de semillas por temporada (DiTomaso 1998); se ha observado que *Tamarix* produce semillas por 5.5 meses cada año con picos en verano (Warren & Turner 1975). Las semillas de *T. chinensis* son diminutas (pesan 0.01 mg; Lindgren *et al.* 2010) y tienen un mechón apical de pelos, lo que facilita la dispersión por viento, es decir anemocoria (Shepperd 2008,

Simberloff & Rejmánek 2011). Las semillas pueden ser dispersadas también por el agua. Las semillas pueden germinar tanto en el suelo desnudo y húmedo como al ir en el agua, mientras flotan. Las raíces primarias emergen de los cotiledones después de 24 horas, y 57% de las semillas germinan dentro de las primeras 24 horas posteriores a recibir humectación (Merkel and Hopkings 1957). También se ha reportado que la tasa de germinación de semillas de *T. chinensis* después de 24 horas ha llegado a ser de 78% en promedio, y después de 6 días el porcentaje de germinación acumulado llega a 88% (Shepperd 2008). En general, la viabilidad de la semilla decrece al incrementarse la edad (Merkel & Hopkings 1957). En general las semillas pierden su viabilidad en pocos días (Geilfus 1994), pero se ha reportado que para *Tamarix* la viabilidad de la semilla puede ser de 46 días a 6 meses en condiciones de laboratorio, idóneas (Lindgren *et al.* 2010). Las semillas pueden sobrevivir hasta un año de almacenamiento en frío (Shepperd 2008).

Las semillas colectadas en el oeste de Nevada, EUA germinaron entre el 98-100%, y en un amplio rango de temperaturas constantes de 0-40°C (Young *et al.* 2004). Se ha reportado que las semillas de *Tamarix* germinan en un 90%, entre 2-56°C (Wilgus & Hamilton 1962).

En condiciones de laboratorio, la mitad de las semillas de un lote retuvo su viabilidad después de 95 semanas de almacenamiento a 4.4°C. Al ser almacenadas a temperatura ambiente las semillas mantuvieron su viabilidad solo por 4 semanas (Brock 1994, Shepperd 2008). En el medio natural, la germinación y supervivencia se ven favorecidas por los sedimentos de grano fino.

La fructificación de *T. chinensis* ocurre desde la primavera hasta principios de otoño. En Arizona, se ha encontrado que los árboles dan pequeños frutos capsulares que maduran y se abren durante abril a octubre (Shepperd 2008).

La temperatura óptima de las hojas de *T. chinensis* para realizar la fotosíntesis se encontró que fue de 23-28°C en un análisis de laboratorio en Nuevo México, EUA; estas fueron las temperaturas ambiente durante la parte más temprana del día, cuando la demanda evaporativa fue relativamente baja. Los estomas aparentemente responden a cambios en el aire, en particular a la humedad. Se debe considerar que a mediodía se reduce el

intercambio de gas en el campo, a pesar de que las plantas tienen abundante agua. Esta reducción resulta entonces en el incremento en la resistencia en las hojas en respuesta al incremento de la demanda evaporativa del aire (Anderson 1982). Esto quiere decir que los estomas de *T. chinensis* responden directamente a las condiciones de humedad prevalecientes (Anderson 1982). *T. chinensis* puede mantener altas tasas de intercambio de gases en condiciones extremadamente cálidas y secas (alto déficit de presión de vapor, alta temperatura y baja disponibilidad de agua) en relación con otras especies (Wang *et al.* 2011).

Los promedios de altura máxima de las plantas después de 30 días de germinación son de 2.5 cm y después de 60 días promedian 10 cm de altura; las raíces tienen 15 cm de largo. Durante este periodo de crecimiento debe mantenerse el suelo húmedo, porque un día de sequía puede matar a la mayoría de las plantas (Shepperd 2008).

La profundidad de la capa freática y la salinidad del suelo son dos factores principales que influyen en el crecimiento y la distribución de *T. chinensis* (Wang *et al.* 2011). Crece bien en suelos salinos, sin embargo los suelos no halófitos son los ideales para su crecimiento (Gaskin & Schaal 2003). Las poblaciones de *Tamarix* en condiciones de sombra sufren un declive en el crecimiento de las plantas, en su cobertura de dosel, así como la sobrevivencia de plantas jóvenes. Se ha visto por ejemplo en Montana, que los *Tamarix* de 30 o 40 años solo alcanzaron 4 metros o menos de altura bajo el dosel de árboles de álamo *Populus deltoides* (Lesica & Miles 2001).

T. chinensis es una planta tolerante a la sequía que puede extraer humedad del suelo saturado debajo del nivel freático y que sobrevive indefinidamente en suelos no saturados, lo que lo convierte en un freatofito facultativo (Anderson 1982, Horton *et al.* 2001, Shepperd 2008).

Se ha estimado el consumo de agua de *Tamarix* maduros en Nuevo México y Arizona usando lisímetros, siendo de entre 150 a 210 cm/anales. Por otro lado, se ha estimado que cada año *T. chinensis* consume más de 1.2×10^9 m³ de agua en el suroeste de los EUA (Robinson 1965, Anderson 1982).

Los foliolos de *T. chinensis* tienen gran cantidad de glándulas de sal, mismas que desempeñan un papel importante en la regulación del balance de hierro, el mantenimiento de la presión osmótica y la mejora de la resistencia a la sal (Wang *et al.* 2011).

T. chinensis es una planta dominante en el río Delta en China, de donde para analizar su estructura genética y dinámica poblacional, se seleccionaron cinco poblaciones diferentes en un estudio. Los análisis mostraron un porcentaje de loci polimórficos de 79.5%, la diversidad genética media de Nei (h) de 0.239, y el índice de Shannon (I) de 0.363, lo que indicó que existe un nivel moderado de diversidad genética en las poblaciones de *T. chinensis* en el Delta del Río Amarillo; los análisis revelaron un bajo nivel de diferencias genéticas entre las poblaciones, lo que implica que existe un frecuente flujo de genes entre las poblaciones. También se encontró que las poblaciones que habitan en suelos con salinidad similar, tuvieron una relación genética más cercana que las poblaciones geográficamente cercanas (Jiang & Bao 2012). Otro análisis genético de tres poblaciones de *T. chinensis* en el Delta del Río Amarillo, mostró resultados que difirieron en porcentajes, pero que dieron tendencias similares en cuanto a la interpretación de la conectividad de poblaciones: una proporción de loci polimórficos del 40.07%, la diversidad de genes fue de 0.406, el índice de Shannon de 0.5, el coeficiente de diferenciación genética de 0.05 y el flujo de genes de 9.356; un AMOVA mostró que la diferenciación genética entre poblaciones fue relativamente baja, de 7.17%. Por lo tanto, se considera que hay un alto nivel de diversidad genética y un alto nivel de flujo genético entre las poblaciones en China; y que la condición local del hábitat determina la estructura genética de las poblaciones más que la distancia geográfica (Zhao *et al.* 2008). Se registró una variedad de una mutación no cultivada de *Tamarix* llamada *T. chinensis haicheng* en las zonas costeras salinas-alcalinas de la Bahía de Bohai en la provincia de Hebei y la ciudad de Tianjin, China; esta es una variedad de rápido crecimiento con follaje denso, flores pequeñas; tiene además una amplia temporada de crecimiento si se le compara con *T. chinensis*; las ramas son perenes, inflorescencias de 0.5 a 3cm, 1 bráctea verde claro, forma lanceolada; su floración es de mayo a septiembre, la primer floración es a la edad de 1-3 años (Xiaojing *et al.* 2014).

Por otro lado, la hibridación ha sido reportada en su rango nativo entre *T. ramosissima*, *T. chinensis*, *T. hohenackeri* y *T. arceuthoides* (Sun *et al.* 2016). También se ha encontrado una hibridación extensa entre dos de las especies invasoras de *Tamarix* dentro de los EUA: *T. chinensis* y *T. ramosissima*; con menos frecuencia se han encontrado otros híbridos entre las especies invasoras que implican combinaciones de *T. ramosissima* y *T. chinensis* con *T. parviflora* y *T. gallica* (Sun *et al.* 2016). *T. chinensis* se hibridiza con *T. parviflora* en el sudoeste de EUA (Shepperd 2008). La viabilidad de las semillas de los híbridos de *T. chinensis* X *T. aphylla* del noroeste de EUA fue de 3.8% (de un total de 239 semillas); esta es hasta ahora la única evidencia de viabilidad de semillas de híbridos de *Tamarix* (Gaskin & Shafroth 2005).

4. Ecología

Tamarix chinensis tiene fuertes capacidades de germinación, adaptabilidad ecológica y alta resistencia. Posee adaptaciones ecológicas para resistir al viento, tener fijación en la arena y para la retención de agua (Xia *et al.* 2015).

T. chinensis es una planta halófito tolerante a una amplia gama de ambientes, desde el nivel del mar hasta los 2100 msnm (Shepperd 2008). Crece en climas cálidos y fríos, con extremos de -10 °C a 50 °C, puede desarrollarse en zonas con solo 100 mm de lluvia pero su óptimo está entre 350-500 mm (Geilfus 1994). Esta especie tiende a ocurrir en áreas en donde el agua subterránea es alcanzable; la modificación del flujo de agua juega un papel importante en el proceso de invasión de esta planta. La salinidad del suelo y el fuego también pueden influir en la distribución de la especie (Cui *et al.* 2010).

T. chinensis es nativo de zonas frías y desiertos secos del este de Turquía, norte de China y Corea donde los inviernos son severos y las temporadas cálidas duran de 60-120 días. Los híbridos pueden incluso soportar más los climas fríos que las especies parentales (Lindgren *et al.* 2010).

En China, se presenta en las llanuras a lo largo de ríos, costas, lugares húmedos y salados, lugares arenosos (Yang & Gaskin 2007). Es una de las especies de plantas tolerantes a la sal y es dominante en el Delta del Río Amarillo; su adaptación a suelos salinos se debe a que regula su balance de sal mediante la excreción de sales en exceso a través de sus glándulas foliares, y promueve la desalinización del suelo alrededor de la planta (Cao *et al.* 2011). Puede inducir a la formación de “islas fértiles” con condiciones ambientales más favorables que el suelo desnudo del que se deriva. Un análisis de la presencia de plantas de *T. chinensis* en el Delta del Río Amarillo, mostró que aumentó los sustratos del suelo mediante la liberación de exudados de las raíces y la degradación de la hojarasca; esto mejoró el ambiente micro-ecológico. A partir de este análisis, se vio que *T. chinensis* tenía una aplicación potencial en la remediación de la contaminación salina del ambiente (Cao *et al.* 2011).

Esta planta crece en diferentes sustratos incluyendo suelo arenoso, franco arenoso, franco arcilloso, arcillas pesadas, así como suelos salinos y alcalinos (Geilfus 1994). Tolera sustratos con altas concentraciones de sal en el suelo desde 650 hasta 36,000 ppm (lo que equivale al contenido de sal en el agua de los océanos; Glenn *et al.* 1998), lo cual le da una ventaja competitiva sobre las otras especies ribereñas (Lindgren *et al.* 2010). Sin embargo, la salinidad excesiva del agua subterránea inhibe severamente el crecimiento de *T. chinensis*, afectando sobre todo a las raíces y a la capacidad fotosintética de la planta (Xia *et al.* 2017). Aún así, las características fotosintéticas de las hojas de *T. chinensis* así como su capacidad para el consumo de agua, mostraron una alta plasticidad cuando se encontraban bajo estrés salino (Xia *et al.* 2017). Esta especie demostró la mayor capacidad de adaptación de una planta a la salinidad de agua salobre en aguas subterráneas del Delta del Río Amarillo, observándose un gran potencial de adaptabilidad en áreas de aguas subterráneas poco profundas con niveles de salinidad inferiores al agua salobre (Xia *et al.* 2017).

Es una planta naturalizada que se ha convertido en la freatofita de mayor distribución e importancia en el suroeste de EUA (Anderson 1982). Se ha establecido en Montana y Wyoming, en ríos semiáridos donde la temperatura media en enero es de -15 °C y la máxima temperatura en julio es de 32 °C (Lindgren *et al.* 2010). En Arizona, *T. chinensis* es

reproductivamente oportunista; tiene alta eficiencia en el uso del agua y raíces profundas; es tolerante a la sequía, las inundaciones y a la salinidad. Presenta una alta densidad y biomasa a profundidades de agua de 7-10 m (Stromberg 1998). En el oeste de EUA se ha establecido en llanuras de inundación, humedales, en los bordes de los lagos, en lagunas costeras, en pastizales húmedos. También se puede establecer en desiertos y a lo largo de los arroyos de montaña. Se le ha encontrado creciendo en pastizales sub-irrigados, acueductos de riego, canales de irrigación, vías ferroviarias y parques (Lindgren *et al.* 2010). En su rango nativo, las flores de *T. chinensis* son visitadas por moscas *Syrphus* sp., de la familia de los sírfidos (Syrphidae), que las pueden polinizar (Wang *et al.* 2005).

En cuanto a otras interacciones, se ha encontrado una correlación negativa entre la presencia de aves con *Tamarix* en Colorado, EUA (Anderson *et al.* 1977), aunque algunas aves insectívoras pueden usar a estos árboles en el forrajeo en Nuevo Mexico, EUA (Ellis 1995). Inclusive, se ha reportado que *Tamarix* es utilizado por la paloma de alas blancas *Zenaidura macroura* como hábitat de nidificación (Shepperd 2008). Por otro lado, se ha reportado que algunas especies de aves se comen a escarabajos *Diorhabda elongata* que fueron utilizados para el control biológico de *T. chinensis* en EUA (Dudley & DeLoach 2005, Lindgren *et al.* 2010).

En otras interacciones, en su área nativa en el Delta del Rio Amarillo, el suelo bajo plantas de *T. chinensis* presentó una abundancia y una composición de especies de nemátodos y varios parámetros microbianos relativamente mayores en comparación con sitios donde no se presentaba esta planta (Cao *et al.* 2011). También se aisló de sus hojas a una bacteria del género *Salinicola*, que es una bacteria Gram-Stain-negativa de la cepa F01T que presenta forma de barra; esta bacteria posee una alta tolerancia a metales como manganeso, plomo, níquel, iones ferrosos y cobre. De acuerdo con análisis filogenéticos, al parecer se puede tratar de una nueva especie de bacteria del género *Salinicola* (i.e. *Salinicola tamaricis*) (Zhao *et al.* 2017).

En su área de invasión, en EUA se han reportado insectos nativos alimentándose de *Tamarix*, causándole un daño mínimo, como las ninfas de cicada Apache, *Diseroprocta apache* (hemiptera), que se alimentan de las raíces de *Tamarix*. Sus flores son una fuente

de néctar y polen para un número alto de insectos generalistas polinizadores; 5 insectos enemigos de *Tamarix* han sido introducidos no intencionalmente en EUA desde Europa (los hemípteros *Opsiusstactogalus*, *Chonapsis etrusca* y *C. gilli*; y dos ácaros eriofidos) (Lindgren *et al.* 2010).

En México, en el lago de Texcoco, se registró a una especie de chicharra (*Opsius stactogalus*) que se alimenta del floema de las ramas, brotes y hojas nuevas de plantaciones de *T. chinensis*, causando amarillamiento del follaje y disminución del crecimiento. También se registró la presencia de otras especies como el chapulín *Melanoplus differentialis*, *Icerya purchasi* y *Saissetia olea* (Ramírez-Carmona *et al.* 2016).

Sobre las enfermedades, en China se ha detectado que las plantas de *T. chinensis* son infectadas por un fitoplasma perteneciente al subclado Candidatus, con varios fitoplasmas *Candidatus* (*Ca*) Phytoplasma reportados, que incluye '*Ca. Phytoplasma prunorum*', '*Ca. Phytoplasma mali*', '*Ca. Phytoplasma pyri*' y '*Ca. Phytoplasma spartii*'. Esta infección causa una enfermedad o deformidad en la planta modificando su estructura natural formando una masa densa de brotes que parten de un punto; los fitoplasmas habitan en las células del floema y causan un desajuste en el balance hormonal, inhiben la fotosíntesis y causan senescencia; esta enfermedad ataca a plantas leñosas. Los vectores de transmisión son insectos, principalmente ortópteros y hemipteros psilidos (Zhao *et al.* 2009). También se aisló de las hojas de *T. chinensis* una nueva bacteria llamada *Pseudonocardia nantongensis* sp., que es un actinomiceto aeróbico, Gram-positivo, que forma micelio de sustrato ampliamente ramificado y micelio aéreo. Las formas del micelio de sustrato son amarillentas/amarillas o anaranjadas, y del micelio aéreo, blancas (Xing *et al.* 2012).

En su área de invasión, en el suroeste de EUA se han colectado hongos endofitos oscuros de las raíces de este árbol. No se da información sobre sus efectos (Lindgren *et al.* 2010).

Finalmente, a *T. chinensis* se le ha considerado una especie alelopática (como a las demás especies de *Tamarix*) ya que posee la habilidad para concentrar y exudar sales y minerales a través de sus hojas. Varios investigadores han sugerido que los exudados de sal causan la salinización del suelo debajo del dosel de *Tamarix* inhibiendo el crecimiento de especies nativas menos tolerantes a la sal (Ohrtman & Lair 2013). A pesar de que la mayoría de los

estudios han mostrado resultados sobre la alelopatía, un estudio indicó que no encontró resultados concluyentes de que ocurra dicha alelopatía (Lesica & DeLuca 2004).



a. *T. chinensis* creciendo en área pavimentada abandonada. Steve Jones.



b. Abeja polinizando flores de *T. chinensis*.

c. Abeja polinizando flores de *T. chinensis*.

Mike Luzk

Weng Ming Yi

Figura 14. Crecimiento de planta de *T. chinensis* en suelo con pavimento. Interacciones de esta especie con insectos polinizadores. Fotos con permiso académico de los autores, que se indican al final en cada fotografía.

5. Estatus

En diferentes partes del mundo se considera a *Tamarix chinensis* como una planta invasora que afecta la biodiversidad de distintos ecosistemas, sobre todo ribereños. Es considerada una especie exótica invasora en 10 países. *T. chinensis* es una planta incluida en el Compendio Global de Malezas (Global Compendium of Weeds; Randall 2012) y se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva presente en 48 estados y afectando humedales (USDA-NRCS 2012, <https://plants.usda.gov/java/noxiousDriver>; <https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=TACH2>). Es considerada una mala hierba nociva de manera federal y estatal (USDA 2017). Se le considera como una planta escapada de cultivos, naturalizada, invasora, una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos, debe estar en cuarentena; es una maleza dañina que la gente debe controlar (Randall 2012).

a. Distribución nativa

De acuerdo a la información obtenida *Tamarix chinensis* es una planta nativa de Afganistán, China (Anhui, Hebei, Henan, Hubei, Jiangsu, Liaoning, Ningxia, Shandong, Shanxi), Irán, Iraq, Japón, Corea del Norte, Corea del Sur, Mongolia, Paquistán, Turquía, Turkmenistán y Unión Soviética (CABI 2017). Se considera originaria de China, Mongolia y Japón, se distribuye ampliamente en China y se encuentra en Anhui, Hebei, Henan, Jiangsu, Liaoning, Shandong y algunas regiones de Gansu y Qinghai. Las poblaciones silvestres más comunes se encuentran en el Delta del Rio Amarillo (Gaskin & Schaal 2002, 2003, Wang *et al.* 2011, Lindgren *et al.* 2010, Liu *et al.* 2014, Sun *et al.* 2016) (Fig. 15).

b. Distribución de invasión

Se le ha introducido como especie exótica en distintos países con ambientes distintos, en Argentina, Australia, Canadá, otras regiones de China (Fujian, Gansu, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hunan, Nei Menggu, Shaanxi, Sichuan, Xinjiang, Yunnan y Zhejiang), España, Holanda, Hungría, Israel, Jordán, Estados Unidos de Norteamérica (Arizona, Arkansas, California, Colorado, Georgia, Idaho, Kansas, Mississippi, Montana, Nevada, Nuevo México, Carolina del Norte, Dakota del Norte, Dakota del Sur, Ohio, Oklahoma, Oregón, Texas, Utah, Vermont, Washington, Wyoming), Nueva Zelanda, Rumania, Sudáfrica y México (Sykes 1982, Everitt & Deloach 1990, Gaskin & Schaal 2002, Natale *et al.* 2008, Shepperd 2008, CABI 2017; nuestra base de datos).

En México, ocurre en Baja California, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Estado de México, Ciudad de México, Sinaloa, Sonora y Veracruz. (Fig. 15).

Tamarix chinensis

Distribución nativa



Distribución de invasión



Figura 15. Mapas mostrando la distribución nativa de *Tamarix chinensis*, así como en los países donde se le ha introducido y es exótica, invasora.

6. Usos y comercialización

Tamarix chinensis es utilizada en China ampliamente, como medicina tradicional (Cui *et al.* 2010). Se le usa como planta medicinal, sirviendo para afecciones pulmonares, estomacales y del corazón, así como el sarampión. Estimula el sudor (Saludbio 2017). Se le considera que tiene efectos inhibitorios de células pulmonares cancerígenas (Wang *et al.* 2009). Se le utiliza como leña y madera así como para producir miel (Shepperd 2008). Se le ha reportado en China como un excelente arbusto de lijado, como cortavientos y como recurso de bioenergía potencial para la tierra marginal. También es una especie útil para prevenir la intrusión de agua de mar en las zonas costeras del norte de China (Wang *et al.* 2011). Como se indicó, también se le usa ampliamente como cortavientos para prevenir la desertificación y la erosión en las zonas áridas del noroeste de China (Cui *et al.* 2010). En el Delta del Río Amarillo, *T. chinensis* desempeña un papel importante en la reducción de la sal y la mejora del suelo, así como en la conservación del suelo y el agua. En este país, *T. chinensis* es la principal especie arbórea preferida para la restauración de la vegetación, con fines de restauración ecológica, y para la protección de los humedales costeros (e.g. en el Golfo de Bohai) y la conservación de zonas costeras fangosas (Liu *et al.* 2014, Xia *et al.* 2017).

T. chinensis fue introducido a los EUA para uso ornamental en jardines, como árboles de sombra y para la prevención de la erosión (Everitt *et al.* 1996). En Costa Rica se le ha presentado como especie para resolver problemas de estabilización de dunas y restauración de suelos, así como para uso de leña y carbón (Geilfus 1994). Se le ha utilizado para estabilizar dunas arenosas y para mejorar los suelos salinos en campos de cultivos antes de empezar a sembrar; sus brotes son elásticos y se utilizan para tejer artículos agrícolas como canastas y cajas; la madera es muy dura y se utiliza para hacer herramientas agrícolas además de usarse como leña, entre los productos se incluye cajas de madera, cercas, mangos de herramientas. Otros usos son: como material tallado, fibras y madera industrial y doméstica, lápices, juguetes; inclusive como forraje para animales. Los brotes y las hojas se utilizan para tratar enfermedades como el sarampión y la diaforesis (CABI 2017).

En México, ha sido cultivado y utilizado en cortinas rompevientos y en plantaciones compactas en la Zona Federal del ex Lago de Texcoco, Estado de México (Ramírez-Carmona *et al.* 2016). Un total de 11,763,018 árboles fueron plantados hasta 2003 en terrenos salino-sódicos del ex lago de Texcoco con el fin de contrarrestar la erosión eólica de los suelos y mejorar las condiciones ambientales del oriente de la ciudad de México y la zona metropolitana (Ramírez-Carmona *et al.* 2016). En la Fig. 16 se muestra un ejemplo del uso ornamental de esta planta.

A. Historia de la comercialización

a. Origen de los individuos comercializados

Tamarix chinensis fue comercializada junto con otras ocho especies de *Tamarix* como plantas ornamentales, barreras rompevientos y para prevenir y controlar la erosión, y ahora ya es considerada como una especie invasora a la que hay que controlar en su área de invasión. Fueron introducidas a EUA procedentes de Europa, Asia y África durante la década de 1820 (Robinson 1965, Everitt & Deloach 1990, Shepperd 2008, Liu. *et al.* 2014).

En México no se sabe cuál es el origen de los individuos que se encuentran en Sinaloa, Chiapas, Estado de México ni ciudad de México.

b. Condiciones de cultivo

El cultivo de la planta es por semilla, esqueje y estaca principalmente, siendo más efectivo en la temporada de lluvias. Debido a que las semillas pierden su viabilidad en pocos días (Shepperd 2008), para su propagación se utilizan principalmente estacas y esquejes. Para las estacas, se toman las de 20 a 30 cm, se plantan directamente o después de enraizar en vivero. Se plantan en cercas o cortinas de 0.5 x 0.5 metros y 15 x 15 o 2 x2 metros para reforestación (Geilfus 1994). También se puede propagar fácilmente por esquejes; éstos enraízan en cualquier época del año si se plantan en suelo húmedo a 16°C. Los esquejes de madera dura deben tener al menos 2 cm de espesor. Los esquejes se obtienen de ramas de 1 año cortando 6-7 cm, sembrándolos en arena; la siembra es en surcos de 8-10 cm de

profundidad y 25-30 cm de ancho. Bajo riego con agua salada la supervivencia es de 98% o más. Después de que se establecen las plántulas pueden resistir a la sequía severa (Shepperd 2008, Xiaojing *et. al* 2014).



Figura 16. Uso de *T. chinensis* como planta ornamental en calles de Taiwán. Con permiso académico del autor. Weng Ming Yi.

c. Análisis económico

No hay un análisis económico realizado en México. En EUA las pérdidas por la invasión de *Tamarix* se han estimado como considerables, aunque no se separan estos costos por cada especie claramente. Aparte de los costos no valuados a la biodiversidad, el valor total de los suministros municipales de agua del sur de California y Arizona que se pierden cada año por *Tamarix* se estima entre 26 a 67 millones de dólares. Esto es solo una parte de los costos, en dos estados. Habría que considerar lo que serían los costos por la invasión de *Tamarix* en más de 600,000 hectáreas de hábitat ribereño de llanuras aluviales en 23 estados de EUA, desde el nivel del mar hasta los 2,100 m de altitud. En estos costos se deben considerar los correspondientes al manejo de zonas invadidas, y por el no uso de la tierra, así como por el consumo de entre 1.4-3.0 mil millones m³ de agua. Asimismo, el valor anual estimado de pérdida de agua para la agricultura que es del orden de 38 millones de dólares (Zavaleta 2000a,b). Es decir, los costos económicos son muy elevados.

B. Rutas de introducción

Las semillas de *T. chinensis* son diminutas y pueden ser dispersadas por el viento. Sus semillas y esquejes se pueden transportar a través de maquinarias, ya que la tierra que se remueve con ellas puede, al moverse entre sitios, llevar las semillas. Parece ser que los humanos y sus actividades son el principal vector para la introducción y dispersión de *Tamarix*, pudiendo ser por vehículos terrestres y botes que los llevan hacia otros sitios (Lindgren *et al.* 2010). Partes de la planta o toda la planta se pueden dispersar en contenedores o en transporte de madera (CABI 2017a).

Se ha documentado precisamente que entre las especies de *Tamarix* que entraron a EUA, se encontraba *T. chinensis*. Hacia los años 1800s fue introducido por primera vez en EUA proveniente de viveros, con fines ornamentales y de control de erosión, y para 1830 los árboles fueron ofertados para venta en Nueva York. En 1828 ya se vendía *Tamarix* en Filadelfia, y para los 1830s la planta ya se comercializaba en varios viveros de la costa este entre sus plantas ornamentales. El primer registro de *Tamarix* en el suroeste ha sido autenticado a partir de catálogos de viveros. En California, en 1856 se enlistó en un

catálogo de un vivero (Horton 1964, Everitt & Deloach 1990). El departamento de Agricultura de EUA comenzó a cultivar los *Tamarix* y quizás fueron ellos los que introdujeron algunas especies de *Tamarix* a este país. En los años 1850s los pinos salados fueron ofrecidos en venta al público en California, posteriormente comenzaron a aparecer en colecciones y herbarios (Robinson 1965). En 1868, un reporte anual del U.S. Department of Agriculture indica que seis especies de *Tamarix* fueron sembradas en el Department Arboretum (DiTomaso 1998). De los plantíos ornamentales de *Tamarix* gradualmente se comenzaron a escapar de cultivo, comenzando a naturalizarse en Texas en 1877; se reportaron también en Carolina del Norte, y el primer registro de *Tamarix* en Arizona fue en 1901 (Horton 1964). En Nuevo Mexico, en Pecos River Valley, se registró por primera vez en 1912; para 1915 se estima que unas 240 hectáreas ya estaban infestadas de *Tamarix*, incrementando su abundancia durante los siguientes años. Para los años 1950s ocupaba sitios adecuados en Arizona, Nuevo Mexico y oeste de Texas. Para 1890, gran parte del suroeste de Estados Unidos ya estaba infestado de *Tamarix* y para los años 1950s se había establecido en la mayoría de los sistemas ribereños desde las Grandes Planicies del Pacífico hasta el norte de México y el sureste de Montana. En esos tiempos era difícil reconocer las distintas especies del género *Tamarix* (Horton 1964, Robinson 1965).

Para los años 1920 las infestaciones de *Tamarix* en EUA cubrían alrededor de 4,000 hectáreas; en 1960 se estimó que la infestación cubría 362,000 hectáreas de hábitats ribereños desde Oklahoma hasta el sur de California, y desde Colorado hasta Sonora, México. En 1970 se estimó en 540,000 hectáreas y para 1987 la infestación abarcaba 600,000 hectáreas, lo cual representaba un aumento de 3 al 4% de aumento anual (estimado para el Green River en Colorado). *Tamarix* fue introducido en Norte América en los años 1800s y en los años 1920s fue reconocida como especie invasora en el suroeste de EUA (Lesica & Miles 2001). En 1936, en Wyoming fueron plantados como proyecto urbano y para el control de la erosión en grandes proyectos de irrigación.

En México, se introdujo en la Zona Federal del ex Lago de Texcoco, Estado de México, en terrenos salino-sódicos con el fin de contrarrestar la erosión eólica de los suelos y mejorar las condiciones ambientales del oriente de la ciudad de México y la zona metropolitana

(Ramírez-Carmona *et al.* 2016). Con respecto a México, en 1923 Standley documentó que *Tamarix* fue cultivada especialmente como planta ornamental en porciones áridas del norte de México, a veces escapando, indicando una distribución local en México a finales de 1923 (Horton 1964). Esta pudo ser la ruta de introducción a México de *T. chinensis*, a partir de comprarla en EUA y cultivarla, sobre todo para las poblaciones del norte.

7. Potencial de establecimiento y colonización

a. Potencial de colonización

Tamarix chinensis puede reproducirse oportunistamente, tanto de manera asexual, a partir de ramas, como por la vía sexual, por la producción de semillas aunque la viabilidad es baja y disminuye al paso de los días (Shepperd 2008). Se ha estimado que una planta madura puede producir medio millón de semillas por temporada (DiTomaso 1998) y que *Tamarix* produce semillas durante 5.5 meses cada año, con picos en verano (Warren & Turner 1975). Estas semillas cayendo en suelo húmedo pueden rápidamente germinar. Ello quiere decir, que encontrando condiciones de humedad y tipo de suelo la colonización en zonas de arroyo son elevadas. Sin embargo, las semillas tienen una viabilidad baja conforme pasa el tiempo (Shepperd 2008), no se forma un banco de semillas. Pero las ramas pueden caer y perdurar más tiempo, con lo que la reproducción asexual ayuda a que la colonización incremente su efectividad.

Aunque *T. chinensis* es nativo de zonas frías y desiertos secos del este de Turquía, norte de China y Corea donde los inviernos son severos y las temporadas cálidas son de 60-120 días (Lindgren *et al.* 2010), han colonizado desiertos más secos y sin esas condiciones de ser fríos ni tan severos. Los híbridos que se forman entre *T. chinensis* con *T. ramosissima* incluso pueden soportar más climas fríos que las especies parentales (Lindgren *et al.* 2010). *T. chinensis* crece en bordes de desiertos de zonas áridas (Liu *et al.* 2014). *T. chinensis* es una especie freatofita facultativa, lo que la hace más tolerante a la sequía que las especies nativas de árboles ribereños (Horton *et al.* 2001). Esta especie tiene fuertes capacidades de

germinación, adaptabilidad ecológica y alta resistencia, teniendo adaptaciones ecológicas para defensa contra el viento, se puede fijar a la arena y puede estar en sitios con retención de agua; es decir es tolerante a las inundaciones (Xia *et al.* 2015). Debido a su mayor tolerancia a la sequía y salinidad que las especies nativas, y a su adaptabilidad mencionada, tiene una fuerte ventaja en la colonización. Inclusive, el tolerar mejor los ecosistemas alterados le confiere una ventaja más (Cui *et al.* 2010, Liu *et al.* 2014). El fuego puede ayudar a su colonización, puesto que es tolerante (Cui *et al.* 2010). Sus raíces profundas le confieren también ventajas para la colonización, pues pueden encontrar agua a profundidad. Se ha encontrado que presenta una alta densidad y biomasa a profundidades 7-10 m de agua (Stromberg 1998). En Arizona, EUA han determinado estas ventajas para *T. chinensis* (Stromberg 1998).

El potencial de colonización también se infiere al analizar las tasas de incremento de la cobertura de la especie dentro de EUA. Basta recordar que para los años 1920 las infestaciones de *Tamarix* cubrían alrededor de 4,000 hectáreas, para 1960 cubrían 362,000 hectáreas de hábitats ribereños desde Oklahoma hasta el sur de California y desde Colorado hasta Sonora, México; para 1970 eran 540,000 hectáreas, y 600,000 hectáreas para 1987 (Brotherson & Field 1987, DeLoach 1988, Zavaleta 2000a, Lesica & Miles 2001). La colonización e invasión ocurren principalmente en áreas con suelos húmedos, desnudos y áreas abiertas; inicialmente se asociaba con mezquitales (*Prosopis spp.*), algodón (*Populus spp.*) y (*Salix spp.*), eventualmente reemplazando la vegetación nativa (DiTomaso 1998).

Esta especie puede encontrarse desde el nivel del mar hasta los 2100 m, con lo que las temperaturas oscilan desde -15 hasta 50 °C (Lindgren *et al.* 2010).

La gente ayuda en algunos lugares a su establecimiento por utilizarlas con fines de ornato y como cortavientos, principalmente. Los gobiernos la han usado para retención de suelo. Entre los factores limitantes que tiene *T. chinensis*, se reporta que las semillas deben encontrar condiciones de humedad adecuadas rápidamente porque pierden viabilidad en poco tiempo.

T. chinensis puede ocurrir en varios y distintos ecosistemas. Se presenta en diferentes países con una variedad de climas y condiciones ecológicas, lo que muestra su adaptabilidad a dicha variabilidad ecológica, y su potencialidad de colonización, sobre todo considerando su distribución como especie exótica.

b. Potencial de dispersión

Se ha reportado que todas las especies de *Tamarix* producen semillas muy pequeñas que puede ser dispersadas por el viento, por el agua (en ríos y arroyos) y por las aves, aunque son los dos primeros factores los principales vectores de dispersión de la planta (DiTomaso 1998). Se ha estimado en Arizona que las semillas maduras de *Tamarix* tienen un peso de 0.01 mg (Lindgren *et al.* 2010), lo que podría explicar la estimación de que las semillas de *Tamarix* se pueden dispersar a una tasa de 2.5 km/año mediante el viento, y 11 km/año a lo largo de ríos y otras rutas acuáticas (DiTomaso 1998), lo que indica la mayor importancia de este vector para la dispersión de *Tamarix* (Lindgren *et al.* 2010). Ramas y raíces de la planta pueden también ser dispersadas por el agua, y llegar a establecerse a un sitio con condiciones de humedad, para entonces producir raíces y crecer un nuevo individuo. Se pueden propagar fácilmente por esquejes, mismos que enraízan en cualquier época del año si llegan a suelo húmedo y a temperaturas alrededor de 16 °C. Después de que se establecen las plántulas pueden resistir a la sequía severa (Shepperd 2008). Parece ser que los humanos y sus actividades son el principal vector para la introducción y dispersión de *Tamarix*, pudiendo ser vehículos terrestres y botes. Se ha registrado que en zonas infestadas por *Tamarix*, como Boysen Reservoir en Wyoming, Fort Peck Reservoir en Montana, y el Lake Sakakawea en Dakota del Norte, las semillas y partes de la planta *Tamarix* como esquejes, pueden ser transportadas en botes y trailers hacia sitios nuevos con potencial de infestación (Lindgren *et al.* 2010).

8. Evidencias de impactos

a. Impactos/beneficios socioeconómicos

No existe un análisis socioeconómico para México. Solo se ha indicado su cultivo como planta ornamental y para control de erosión de suelos salinos, pero no se indicaron costos ni beneficios.

Entre los costos o impactos producidos por *Tamarix*, se presenta el realizado en EUA. El daño como resultado de la invasión de las especies de *Tamarix* se ve reflejado en la pérdida de agua para irrigación y de los sistemas de flujo municipal, una reducción de energía hidroeléctrica, costos asociados con la pérdida de vida silvestre e interferencia con actividades recreativas en ríos. Un estimado de la presencia de *Tamarix* en el oeste de EUA costaría entre 7 y 16 billones de dólares en pérdidas funcionales del ecosistema en los siguientes 55 años (Zavaleta 2000a,b). El costo económico para la sociedad incluye costos de programas de control con herbicidas, que son pagados por los contribuyentes. En Wyoming, en Big Horn County, se ha estimado el control en 1,000 dólares por 0.4 hectáreas y con un costo total de 22.5 millones de dólares US; en Pecos River, Texas el costo de controlar 5,189 ha de pinos salados fue estimado en 2.5 millones de dólares US, aproximadamente 481 dólares US por hectárea (Lindgren *et al.* 2010). Se ha estimado que por cada \$1 US dólar que se gasta en mantener las áreas libres de *Tamarix*, se pueden salvar \$31 US dólares para su control en el futuro. Esto significa que es más benéfico no plantar ni llevar *Tamarix* hacia dentro de un país.

Entre los beneficios reportados, en el Delta del Rio Amarillo, China, *T. chinensis* ha desempeñado un papel importante en la reducción de la sal y la mejora del suelo, así como en la conservación del suelo y el agua. La presencia de plantas de *T. chinensis* aumentó los sustratos del suelo, por lo que se ha sugerido que esta planta tiene una aplicación potencial en la remediación de la contaminación salina del ambiente (Cao *et al.* 2011). También es benéfico para animales domésticos al generarles sombras en el campo; es útil para animales silvestres, ya que utilizan hojas y ramas para construir madrigueras y nidos; es fuente de

polen para abejas melíferas. El haber sido utilizado en aspectos ornamentales y para manejo de la erosión ha generado beneficios económicos a quien ha realizado el comercio así como ha disminuido los costos generados por la pérdida de suelos productivos, pero no se ha cuantificado. Tampoco se han cuantificado los beneficios económicos por haber sido utilizado como fuente de taninos, como leña, carbón y como material de construcción (Everitt *et al.* 1996, Shepperd 2008, CABI 2017a).

b. Impactos a la salud

Al haber tenido distintos usos medicinales, *T. chinensis* tiene impactos positivos en la salud (Cui *et al.* 2010). Cura o tiene impactos en el tratamiento de afecciones pulmonares, estomacales y del corazón, así como el sarampión (Saludbio 2017). Se considera que tiene efectos inhibitorios de células pulmonares cancerígenas (Wang *et al.* 2009). Se obtuvieron 6 esteroides y 7 flavonoides que se identificaron como sitosterol (1), stigmast-4-ene-3,6 dione (2), ergosta-4,24 (28)-diene-3-one (3), stigmast-4-ene-3,6-dione (4), sitosterone (5), colesterol (6), 5-hydroxy-7,4-dimethoxyflavone (7), kaempferol(8), 4'-methylkaempfero (9), 7-methylkaempferol (10), 4',7-dimethylkaempfero(11), quercetin (12) y 3',4'-dimethylquercetin (13), que impactan en la salud de los humanos (Wang *et al.* 2009). Por otro lado, se ha reportado que si los humanos consumen una sobredosis medicinal de *T. chinensis* es posible que le produzca nerviosismo o ansiedad en el paciente (Saludbio 2017).

c. Impactos ambientales y a la biodiversidad

Se considera a *T. chinensis* como una planta escapada de cultivos, naturalizada, invasora, una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos, debe estar en cuarentena; es una maleza dañina que la gente debe controlar (Randall 2012).

Se ha reportado que la invasión de *Tamarix* es uno de los peores desastres ecológicos que han impactado ecosistemas ribereños en EUA ya que han remplazado las plantas nativas, degradando el hábitat y por consecuencia afectando a la diversidad biológica nativa; además se incrementa la frecuencia de incendios forestales, y ha sido asociado con el

declive de especies amenazadas y en peligro (Warren & Turner 1975, DiTomaso 1998, DeLoach *et al.* 2000). Se ha registrado que la salinidad inhibe la germinación de las semillas de plantas nativas, haciendo imposible la colonización de plantas nativas después de la invasión de *Tamarix* (Lindgren *et al.* 2010). *Tamarix* forma densos bosque en zonas ribereñas desplazando la vegetación nativa, impidiendo el flujo de agua, incrementando la sedimentación y estrechando los canales de los arroyos; consume grandes cantidades de agua además de que incrementa la salinidad de los suelos (Warren & Turner 1975, Everitt & DeLoach 1990). La colonización e invasión por *T. chinensis* inicialmente se asociaba con mezquites (*Prosopis spp.*), algodón (*Populus spp.*) y (*Salix spp.*), eventualmente reemplazando la vegetación nativa (DiTomaso 1998). La invasión de *T. chinensis* en ecosistemas ribereños del desierto de Sonora ha alterado la hidrología fluvial y conducido al declive de especies nativas (Horton *et al.* 2001).

Hay evidencia de que *T. chinensis* tiene un rol importante en la forma y distribución espacial de comunidades nativas de plantas herbáceas en China. Las especies de plantas herbáceas estuvieron cerca, rodeando a plantas de *T. chinensis*, por lo que se ha sugerido que esta especie podría tener un efecto facilitador para el establecimiento de plantas herbáceas en su área nativa (Gao *et al.* 2015).

Por otro lado, se han reportado beneficios para algunas especies de vida silvestre, como el ave paserina *Empidonax traillii extimus* que se encuentra en la lista de especies en peligro en EUA; en este caso *Tamarix* reemplaza la vegetación nativa proveyendo zonas de anidación para esta especie de ave; además, provee de hábitat y alimento a algunos mamíferos (*Neotoma spp.*, *Silvilagus audubonii*), aunque los números de mamíferos en vegetación de *Tamarix* son bajos comparados con otros tipos de vegetación nativos (Bateman *et al.* 2013). Se ha reportado que alrededor de 49 especies de aves utilizan a *Tamarix* como hábitat reproductivo, y que el colibrí *Archilochus alexandri* anida solo en *Tamarix sp.* en el Gran Cañón en Colorado; sin embargo, se ha reportado que las aves prefieren la vegetación nativa que a *Tamarix* (Lindgren *et al.* 2010). Se ha encontrado una correlación negativa entre la presencia de aves con *Tamarix* en Colorado, EUA (Anderson *et al.* 1977), básicamente porque reemplazan a las comunidades de plantas nativas que

proveen de alimento a las aves (sobre todo migratorias) (Lindgren *et al.* 2010); aunque algunas aves insectívoras pueden usar a estos árboles en el forrajeo en Nuevo Mexico, EUA (Ellis 1995). Inclusive, se ha reportado que *Tamarix* es utilizado por la paloma de alas blancas *Zenadia asiatica* como hábitat de nidificación (Shepperd 2008).

En la región de las grandes llanuras (Great Plains, Prairie Pothole región) donde habitan cantidades importantes de aves acuáticas, se tiene temor de la invasión por *Tamarix* debido a que podrían alterar el hábitat de *Sterna antillarum*, *Rallus longirostris yumanensis*, *Haliaeetus leucocephalus* y *Grus americana*, que se encuentran en listas de especies de preocupación (Kauffman 2005). Por otra parte, en el Missouri River, hace unos años, *Tamarix* había comenzado a colonizar zonas arenosas sin vegetación, resultando en la pérdida de hábitat para *Charadrius melodus* (Lindgren *et al.* 2010). En un estudio se determinó que los roedores pequeños están ausentes en sitios con *Tamarix* en Texas; en otro estudio, la rata canguro *Dipodomys* sp. y los tejones *Taxidea taxus* en el Big Bend National Park, han sido eliminados después de la invasión de *Tamarix*. Datos de capturas de lagartijas y serpientes y anfibios no muestran un efecto significativo (DeLoach *et al.* 2000).

T. chinensis se ha expandido a lo largo de los ríos del suroeste de EUA desde 1800, mientras que los bosques de álamo han disminuido (Stromberg 1998). Por otro lado, un experimento hecho con hojarasca de *Tamarix* defoliada por un escarabajo del género *Diorhabda* sp. (que fue liberado en EUA por primera vez en 2004, usado para control biológico) muestra que los niveles de nutrientes y sales en el suelo podrían aparentemente beneficiar el crecimiento de plantas exóticas en relación con las nativas, pero que esta condición no es nociva para las plantas nativas; aunque las plantas nativas no son afectadas por la hojarasca de *Tamarix*, sí se ven afectadas negativamente por la competencia con las especies exóticas, que son las que se establecen primero en estas condiciones de cobertura del suelo con hojarasca (Sherry *et al.* 2016).

9. Control y mitigación

Los programas de control y mitigación de *Tamarix chinensis* y *T. ramosissima* iniciaron en los años 1960s en EUA (Guerrero-Maldonado *et al.* 2016). Las estrategias para el control *T. chinensis* deben incluir primero la prevención, eliminando su comercio. Se ha realizado el control mediante medios mecánicos, aunque se han usado también los químicos como herbicidas, el control biológico y el fuego.

Es importante considerar que si se hace un control, no bastará realizarlo una sola vez para eliminar los árboles, pues no los matará por completo; sus raíces fuertes y resistentes permanecerán, con lo que al cortarlas pueden volver a crecer de forma vigorosa posteriormente; es necesario proceder a eliminarlas en diferentes sesiones. Para lograr su erradicación, o sea eliminarlas a largo plazo, se sugiere integrar o combinar al menos dos métodos de control (Gouldthorpe 2008), mismos que se indican adelante.

Como se mencionó para *T. aphylla* en este documento, al llevar a cabo un control de especies invasoras, consideradas malezas, se deben considerar ciertos aspectos (ver Gouldthorpe 2008):

- Tamaño, densidad y especie que produce la infestación
- Objetivos a corto y largo plazo del proyecto
- Accesibilidad y tipo de sitio infestado
- Tipo y cantidad de vegetación endémica o deseable presente

A este respecto, las infestaciones de *Tamarix* son identificables fácilmente y por lo general son accesibles para el tratamiento. Los costos de químicos y mano de obra son muy altos, especialmente para grandes infestaciones. Los métodos utilizados para el control y mitigación de *T. aphylla* son muy similares a los utilizados en el control del pino salado *T. ramosissima*, y seguramente lo serán para *T. chinensis*. Sin embargo, antes de llevar a cabo un método de control se debe planificar detalladamente el programa de control, porque ayudará a realizar un presupuesto adecuado y óptimo, y a determinar la manera de realizar un seguimiento efectivo antes de iniciar el programa (Gouldthorpe 2008).

Los seis pasos fundamentales que sugiere el manual para control de *Tamarix* compilado en Australia (Gouldthorpe 2008) se pueden revisar en el apartado correspondiente para *T. aphylla* en este documento.

Se presentan algunos datos que ayudarán a entender el problema de costos, por ejemplo en el año 2008 un gran número de personas e instancias se dedicaron al control de *Tamarix* en EUA, principalmente en el este, gastando decenas de millones de dólares por el gobierno federal y las agencias estatales y locales. Las técnicas de eliminación de *Tamarix* variaron desde utilizar rociadores aéreos, aplicadores de herbicidas montados en el tractor, la quema, la siega, la labor intensiva de aplicación de herbicidas árbol por árbol; lo anterior, ha requerido mucha mano de obra. También se usó control biológico utilizando escarabajos (*Diorhabda elongata*) importados de Asia y Europa, que posteriormente fueron liberados en varios estados del este de EUA. Este escarabajo se ocupa de matar los individuos más débiles de *Tamarix* mediante la defoliación repetida (Shafroth & Briggs 2008). En el año 2006, a través de una ley se invirtieron \$80 millones de dólares para el control de *Tamarix* (U.S. House of Representatives 2720 and U.S. Senate177: Salt Cedar and Russian-olive control and demonstration act) (Shafroth & Briggs 2008).

Un método que se ha usado para el control de *T. chinensis* es la quema. Sin embargo, no se recomienda mucho esta técnica ya que la madera es difícil de quemar y es posible que el fuego no mate a la planta e inclusive la revigorece; además, los incendios generan un suelo desnudo que no favorece a la vegetación nativa. Es mejor consultar las recomendaciones de control de *T. ramosissima* y *T. aphylla* que pueden ser aplicables para *T. chinensis* (CABI 2017).

El método de remoción mecánica es efectivo si se remueve la planta completa, con sus raíces. Asimismo, si la remoción de la planta es seguida de una aplicación de sombra, bien sea con plástico o con otras plantas, el control es más efectivo; sin embargo, este método no es práctico para poblaciones grandes (CABI 2017, Lindgren *et al.* 2010). Asimismo, la remoción mecánica de *Tamarix* puede dejar restos de madera y escombros que impiden el crecimiento de las plantas nativas en el área (Sherry *et al.* 2016), por lo que se debe tener

cuidado de controlarlo para no afectar a la diversidad biológica del sitio. Por otro lado, se ha evaluado el uso de agentes potenciales para el control biológico como un piojo de Israel *Trabutina mannipara* y un escarabajo chino *Diobarda elongata*, pudiendo incidir en alguna medida para bajar la abundancia y debilitar a las plantas. En Texas, la liberación del escarabajo *D. elongata deserticola* ha resultado en una defoliación generalizada y tres años después de la liberación del escarabajo la biomasa de *Tamarix* se redujo en un 85-95% (Lindgren *et al.* 2010). Sin embargo, este parece ser un método muy costoso y no hay un agente de control comercial. La mayor parte de la investigación acerca del control biológico se ha enfocado en *T. ramossisima* y es posible que este tipo de control también sea efectivo en *T. chinensis* (CABI 2017). Para el control químico, que es costoso dependiendo del área invadida, en el Anexo 3 se presenta una tabla de los tratamientos que se han hecho con herbicidas para controlar a *Tamarix*. Se presenta la información sobre su efectividad, el modo de aplicación y los efectos al ambiente. Por ejemplo, en Texas se ha reportado que en promedio la mortalidad de *Tamarix* es de 85-90% en dos años después de la aplicación de arsenal-herbicida, aplicado desde un helicóptero (Lindgren *et al.* 2010).

10. Normatividad

En México existen actualmente algunos recursos bibliográficos donde se considera a *Tamarix chinensis* como especie invasora, pero sin ningún carácter legal.

Se encuentra en el listado de plantas exóticas de alto riesgo para México. CONABIO. 2016. Sistema de información sobre especies invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Considerada como especie de alto riesgo para México.

<http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/Plantas.pdf>

<http://www.biodiversidad.gob.mx/invasoras>

<http://enciclovida.mx/especies/6075888>

Considerada como especie invasora de alto impacto a la biodiversidad para México.

IMTA, Conabio, GECl, Arid América, The Nature Conservancy, 2007. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México. Jiutepec, Morelos. <http://www.invasive.org/gist/products/library/mex-especies-invadoras.pdf>

Se presenta la normatividad nacional y posteriormente la internacional para esta especie de planta, *Tamarix chinensis*.

a. Legislación Mexicana

No existe actualmente en México alguna ley que regule o controle la presencia de *Tamarix chinensis*.

b. Legislación Internacional

Se hizo primeramente una búsqueda sobre los rangos de distribución y estatus de la planta, mismos que se presentan en los apartados respectivos.

Además de hacer las búsquedas normales en las páginas gubernamentales de cada país también se realizaron búsquedas en Google de diferentes maneras, manejando diferentes formas de búsqueda como por ejemplo: list of alien plants of India, quarantine species of India, list pest of India, list weeds of India, list invasive plants of India, list of noxious weeds of India.

Países que la consideran Introducida Invasiva

Anguilla

Considerada como especie invasora por Environment and Sustainable development Department of Environment, Anguilla.

Rhon A. Connor (2008). Anguilla Invasive Species Strategy 2008 (Draft).

La gestión, control y erradicación de las especies exóticas invasoras es extremadamente crítica. En un esfuerzo por administrar y controlar eficazmente la introducción y posterior

dispersión de especies invasoras en Anguila, se implementarán varias medidas de mitigación y otras técnicas. El protocolo establecido para la gestión de especies exóticas invasoras se describe a continuación:

1. Prevención
2. Detección temprana y respuesta rápida
3. Control y gestión
4. Rehabilitación y restauración

1. Prevención de especies invasivas. La prevención es el mejor método para evitar el ingreso de especies invasoras a Anguila. Es una tarea difícil detectar y evitar todas las especies invasoras potenciales que están ocultas en diversos elementos de los productos que ingresan a Anguila diariamente. Sin embargo, las autoridades pertinentes en Anguila deben actuar con precaución para evitar que nuevas especies invasoras entren en el territorio. Las iniciativas de prevención deben iniciarse en todos los puertos. Las Aduanas, el Departamento de Agricultura y las agencias gubernamentales relevantes deben asegurarse de que los contenedores que ingresan a Anguila se verifiquen previamente y reciban un certificado de buena salud antes de ser descargados. A nivel local, las autoridades deben asegurarse de que haya personal capacitado adecuado para investigar a fondo los contenedores, el equipaje y otros productos con el fin de interceptar cualquier especie foránea o invasora que pueda representar una amenaza para la biodiversidad nativa o la salud humana.

2. Detección temprana y respuesta rápida. El método más efectivo para abordar el tema de las especies invasoras en Anguila es detectarlas en una etapa temprana y formular una estrategia para su eliminación o control inmediato. Se debe alentar a los residentes a que estén continuamente atentos a especímenes de diversas plantas y animales que son desconocidos para el territorio. Una vez que tales especies son identificadas y reportadas a las autoridades pertinentes, deben iniciar inmediatamente una estrategia para gestionar y reducir la propagación de la especie.

3. Control y manejo de especies invasoras. Los administradores ambientales deben establecer e implementar estrategias prácticas para controlar y manejar las especies

invasoras en Anguila. Las agencias ambientales relevantes deben tratar de restringir la invasión reciente a un lugar específico. Las especies invasoras establecidas se deben priorizar y clasificar de acuerdo con el nivel de riesgo / amenaza que representan para el medio ambiente o la salud humana. Deben iniciarse programas y estrategias coordinados para erradicar (si es posible), o controlar y manejar. Para el control y manejo generalmente se utiliza la siguiente metodología:

Mecánico. Método para controlar o erradicar la invasión utilizando personas quienes a mano o con el uso de maquinaria, eliminarán físicamente las plantas invasivas y sus propágulos.

Químico. Método para controlar o erradicar la invasión mediante el uso de productos químicos.

Biológico. Método para controlar o erradicar a los invasores mediante la introducción de otro depredador natural no nativo de su país de origen u otro territorio.

4. Rehabilitación y restauración de la zona. Las especies invasoras tienen la capacidad de alterar o destruir completamente varios tipos de flora y fauna a lo largo de los ecosistemas de Anguila. Si un invasor ha devastado un ecosistema, entonces los administradores de los recursos pueden reconstruir o rehabilitar dicho sitio con las mismas plantas nativas o especies animales que se vieron afectadas. Esto se puede hacer mediante la conservación *ex situ*, en el que la planta se cosecha en un área segura y luego se replanta o se reintroduce el organismo que había sido eliminado en dicha área. Este es un mecanismo particularmente importante cuando se trata de una especie rara o endémica. Sin embargo, solo se recomienda bajo condiciones en que las áreas infestadas y circundantes se hayan considerado libres de la plaga que causó la desaparición de la planta nativa/endémica de esa zona.

[http://www.gov.ai/documents/Anguilla%20Invasive%20Species%20Strategy%202008%20\(2\).pdf](http://www.gov.ai/documents/Anguilla%20Invasive%20Species%20Strategy%202008%20(2).pdf)

Argentina

Considerada como especie exótica invasora por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable y por el sistema nacional de información sobre especies Exóticas invasoras de Argentina.

<http://ambiente.gob.ar/especies/especies-exoticas-invasoras/>

<http://www.inbiar.uns.edu.ar/>

<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/biodiversidad/especiesinvasoras/proyecto/focalizaci%C3%B3n/tamarisco>

<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/biodiversidad/exoticasinvasoras>

http://www.inbiar.uns.edu.ar/?p=NTkwcYRsMWBtYj9%2BfhkCSBkLWg9bCkWF0EDZGZjdTRtayltPC5ycyctfD9oD14IBV5QW1taHIIDFUUcSA0OVVRHBFibXfXVDDd1JndwJSJ2YTA9#tab_sheet_start

Canadá

Alberta

Se encuentra en el listado de malezas nocivas prohibidas, donde se incluyen las especies que no están establecidas en Alberta, pero que han demostrado efectos perjudiciales en otras provincias o estados. El objetivo de identificarlas es evitar que se establezcan en la provincia.

Formas de control:

1. Pastoreo: el ganado y las cabras comerán *Tamarix* pero el pisoteo del ganado en las áreas ribereñas podría ser perjudicial. Las cabras requerirían pastoreo para proteger a las especies nativas. Por otro lado, las plantas invasoras nunca deberán ser consideradas como forraje. Cultivo. El arado de raíces se ha utilizado en el desierto de EUA, en zonas de grandes densidades.
2. Mecánico. Cortar la planta solamente no es efectivo, ya que *Tamarix* rebrota vigorosamente. El método más empleado es después del corte en tocones, se aplica el herbicida, teniendo los mejores resultados cuando la aplicación se hace en otoño. La extracción manual de plantas nuevas y jóvenes puede ser efectiva. Por otra parte, la quema se ha usado en los EUA y los rebrotes se tratan con herbicida.

3.- Químico. El Triclopyr e imazapyr han sido utilizados para tratamientos en tocón cortado; imazapyr y / o glifosato, para aplicaciones foliares. Picloram se ha usado en bases de árboles. Las aplicaciones de herbicida en áreas ribereñas requieren certificación y las personas que los aplican deben cumplir con los Códigos provinciales de práctica.

4.- Biológico. El escarabajo de la hoja de Tamarisk (*Diorhabda elongata*) es un defoliador que ha sido usado en los EUA desde 2001 y está comenzando tener un impacto sustancial.

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html>

<http://invasivespeciesmanitoba.com/site/uploads/pdf/ISCM%20Fact%20Sheets/AB%20SaltCedar.pdf>

http://www.qp.alberta.ca/1266.cfm?page=2010_019.cfm&leg_type=Regs&isbncln=9780779748150

British Columbia

Se encuentra en el listado de Plantas invasivas reguladas en British Columbia, en la categoría de planta invasiva adicional no regulada con preocupación en British Columbia.

<http://bcinvasives.ca/invasive-species/about/regulated-invasive-species-in-bc/list-of-regulated-invasive-plants-in-bc/>

<https://bcinvasives.ca/invasive-species/identify/invasive-plants/tamarisk>

Saskatchewan

Considerada en la categoría de invasiva y prohibida (Saskatchewan Invasive Species Council). Debido a que las malezas prohibidas se introdujeron recientemente y son raras o no se encuentran en la actualidad en Saskatchewan, no se han desarrollado aún las opciones para su control en Canadá. De acuerdo con The Weed Control Act, los municipios requieren notificar al área de Cultivos e Irrigación sobre el descubrimiento de una hierba prohibida y en ese momento se investigará y aprobará una opción de control apropiada.

Es esencial que estas malas hierbas se descubran tan pronto como sea posible, después de que ingresen a la provincia; una vez que se encuentren, se deben poner en cuarentena, y

posteriormente, utilizando los medios más efectivos posibles para evitar que se establezcan, buscar su erradicación.

Formas de prevención y erradicación:

Tamarix es una planta extremadamente difícil de controlar y casi imposible de erradicar por completo. Se puede usar una combinación de los siguientes pasos para su control.

- 1.- Eliminación mecánica de plantas pequeñas desde la raíz; arar y quemar.
- 2.- Tratamientos con herbicidas de glifosato en el rebrote de plantas.

Se ha encontrado que los métodos mecánicos de cortar, encadenar, rasgar y usar excavadoras han fracasado debido que las plantas vuelven a crecer, más vigorosamente.

Por otra parte, el glifosato se debe aplicar a finales de la primavera y a principios del otoño, especialmente cuando la humedad es adecuada para el crecimiento de las plantas.

Los métodos de control biológico están siendo probados en la actualidad, pero no se han utilizado para el control de forma masiva de esta planta.

http://www.saskinvasives.ca/index.php?id=14#Terrestrial_Plants

[http://www.saskinvasives.ca/ckfinder/userfiles/files/Salt%20cedar\(1\).pdf](http://www.saskinvasives.ca/ckfinder/userfiles/files/Salt%20cedar(1).pdf)

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#sk>

[http://www.saskinvasives.ca/file/Saltcedar_Factsheet_June_2007\[1\].pdf](http://www.saskinvasives.ca/file/Saltcedar_Factsheet_June_2007[1].pdf)

[http://www.saskinvasives.ca/file/Salt%20Cedar%20Fact%20Sheet\[1\].pdf](http://www.saskinvasives.ca/file/Salt%20Cedar%20Fact%20Sheet[1].pdf)

Estados Unidos de Norteamérica (EUA)

Esta planta esta listada por el Gobierno federal o por algún estado. Colorado (Lista B de malezas nocivas), Montana (categoría 2 de malezas nocivas) Nuevo Mexico (Clase C de malezas nocivas), Dakota del Norte (maleza nociva), Dakota del Sur (maleza nociva), Texas (planta nociva), Wyoming (maleza nociva). Federal and State Noxious Weeds.

<https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=TACH2>

California

Categoría B. Regulada por el Departamento de Alimentos y Agricultura de California. Invasive Plant Council. Cal-IPC. 2006. California Invasive Plant Inventory. Cal-IPC Publication 2006-02. California Invasive Plant Council: Berkeley, CA.

Regulada en la Section 4500, Noxious Weed Species - Establece 22 especies de malezas. Todas estas especies se han incluido en la Lista de malezas nocivas de California después de realizar los análisis de riesgo de plagas, con lo que se ha respaldado su incorporación.

Se ha determinado que *Tamarix* es una mala hierba nociva, de acuerdo a lo establecido en la Sección 5004 del Código de Alimentos y Agricultura.

3 CCR § 4500. Cal. Admin. Code tit. 3, § 4500. Barclays Official California Code of Regulations. Title 3. Food and Agriculture Division 4. Plant Industry. Chapter 6. Weed Free Areas And Weed Eradication Areas. Subchapter 6. Noxious Weed Species. This database is current through 8/7/09, Register 2009, No. 32:

Categoría B. Es una plaga que se sabe produce detrimento económico o ambiental, y si está presente en California, tiene una distribución limitada. Las plagas con clasificación B son elegibles para ingresar al estado, si el condado receptor ha acordado aceptarlas. Si se encuentran en el estado, están sujetas a acciones de erradicación solo con el fin de contenerlas. A discreción del comisionado agrícola del condado individual, están sujetas a erradicación, contención, supresión, control u otro tipo de acción.

<http://ucanr.edu/sites/plantpest/files/63514.pdf>

https://www.cdfa.ca.gov/plant/regs_nws.html

<https://www.cdfa.ca.gov/plant/docs/4500Text04012015.pdf>

https://www.cdfa.ca.gov/plant/ipc/encycloweedia/weedinfo/winfo_table-sciname.html

https://www.cdfa.ca.gov/plant/PPD/PDF/2010_CA_Noxious_Weed_Disseminules_Identification_Manual.pdf

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#ca>

Colorado

Categoría B. Regulada por Colorado Noxious Weeds. Plant Industry Division. 2017. Reglas relativas a la administración y ejecución de leyes de Colorado Noxious Weed Act. Colorado Department of Agriculture.

Lista B: Se requiere que sea erradicada, controlada o suprimida, dependiendo de las infestaciones locales.

Dentro de las recomendaciones integradas para la gestión de malas hierbas se encuentran las culturales, biológicas, mecánicas y químicas.

Cultural. Después de que se maneja una infestación de pino salado, la revegetación es necesaria para proteger el suelo y reducir la amenaza de reinvasión. Las hierbas sembradas, las estacas de sauce y el álamo de Virginia pueden reducir las posibilidades de que los árboles de *Tamarix* crezcan nuevamente en los sitios tratados.

Biológico. Las larvas y los adultos del escarabajo de la hoja del *Tamarix* (*Diorhabda elongata*) se alimentan del follaje, lo que causa la muerte regresiva del tallo y la muerte potencial de la planta si la defoliación es consistente. El escarabajo de la hoja debe estar disponible para una distribución limitada. Para su uso como control biológico se debe hacer en coordinación con el Departamento de Agricultura de Colorado.

Mecánico. Se puede usar excavadora o fuego prescrito para abrir grandes rodales de madera de pino salado. Estos métodos deben ser seguidos con un tratamiento de los rebrotes con herbicida, cuando miden de 1 a 2 m de altura. Las motosierras o tijeras para plantas más pequeñas son efectivas en los tratamientos de corte y cuando se deja un muñón, cuando hay infestaciones pequeñas o en áreas de manejo ambientalmente sensibles.

Herbicidas. Los herbicidas como el Triclopyr; Glyphosate son los que principalmente se pueden aplicar en praderas y pastizales.

Para mayor detalle sobre las medidas de control se pueden consultar las siguientes ligas:

<https://www.colorado.gov/pacific/agconservation/noxious-weed-species>

<https://www.colorado.gov/pacific/agconservation/saltcedar-tamarisk>

https://drive.google.com/file/d/1qMxP9ogp7Z_Q_bnCSIF6wyKdkIELKOCO/view

<https://www.colorado.gov/pacific/agconservation/tamarisk-biocontrol>

<https://www.swcoloradowildflowers.com/Tree%20Enlarged%20Photo%20Pages/tamarix.htm>

https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_PLANTMATERIALS/publications/mtpmctn13110.pdf

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#co>

Dakota del Norte

Considerada dentro del listado: State Noxious Weed List. Article 7-06

Noxious Weeds, Chapter 7-06-01: Section 7-06-01-02 N. 7-06-01-02. Noxious weeds listed. General provisions North Dakota Department of Agriculture.

La Ley de Dakota del Norte (NDCC § 4.1-47-02) requiere que cada persona haga todo lo necesario y apropiado para controlar la propagación de malezas nocivas. El Departamento de Agricultura de Dakota del Norte coordina los esfuerzos de las juntas de malas hierbas del condado y la ciudad y los administradores de tierras estatales y federales, para implementar programas integrados de manejo de malezas. North Dakota Noxious Weeds. Family and Life Cycle of Weeds for PLSC 323.

Formas de prevención y erradicación:

La prevención es el mejor método para evitar que *Tamarix* invada los humedales de Dakota del Norte y tierras silvestres. Por otra parte, la exploración a lo largo de las trayectorias de agua y la remoción de plantaciones ornamentales también han sido eficaces para reducir la propagación de *Tamarix* en Dakota del Norte.

Químicos: Arsenal (imazapyr) es el herbicida más ampliamente utilizado para controlar el *Tamarix*. Arsenal también se puede aplicar con glifosato con una formulación etiquetada para uso en agua. Después de aplicar el herbicida, no quitar la parte superior de crecimiento durante tres años, de lo contrario el rebrote puede ocurrir.

Garlon (triclopyr) también ha sido efectivo cuando se aplica en la primavera o al final del otoño.

Cultural: no se ha tenido éxito con métodos de control tales como quemar o usar excavadoras.

Biológico. El escarabajo de la hoja *Diorhabda carinulata* deshoja las hojas de *Tamarix*. Este insecto se alimenta de las hojas y lentamente reduce el vigor de la planta. Sin embargo, no ha sido consistentemente exitoso en la reducción de las invasiones de *Tamarix*. Este insecto no ha sido liberado en Dakota del Norte debido al pequeño tamaño de las plantas y el bajo nivel de invasión en el estado.

<https://www.nd.gov/ndda/plant-industries/noxious-weeds/saltcedar>

<https://www.nd.gov/ndda/plant-industries/noxious-weeds>

<https://www.nd.gov/ndda/plant-industries/noxious-weeds/saltcedar>

<https://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/weeds/w1411-21.pdf>

<https://www.legis.nd.gov/information/acdata/pdf/7-06-01.pdf>

<https://www.legis.nd.gov/cencode/t04-1c47.pdf>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#nd>

Dakota del Sur

Considerada en el listado de malas hierbas y plagas nocivas del estado de Dakota del Sur (State Noxious Weed & Pest List South Dakota). South Dakota Code. 2017. South Dakota weed and pest control, Chapter 38-22, Article 12:62. State of South Dakota.

<https://sdda.sd.gov/ag-services/weed-and-pest-control/weed-pest-control/sd-state-noxious-weed-declared-pest-list-and-distribution-maps/default.aspx>

<https://sdda.sd.gov/ag-services/weed-and-pest-control/weed-pest-control/sd-state-noxious-weed-declared-pest-list-and-distribution-maps/salt-cedar/default.aspx>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#sd>

Idaho

Considerada con la categoría dentro de la lista de contención estatal (Statewide Containment List) como especie dañina por la Ley Estatal de Idaho. IDAPA 02-Title 06 Chapter 22 02.06.22 – Noxious Weeds Rules.

Contención- Concentración de malezas donde el control y / o la erradicación pueden ser posibles.

Como control químico se utiliza principalmente el herbicida Triclopyr. Para mayor detalle sobre este tipo de control ver la primera liga.

<https://invasivespecies.idaho.gov/noxious-weed-program/>

<http://invasivespecies.idaho.gov/control-strategies/>

<https://www.cals.uidaho.edu/edcomm/pdf/BUL/BUL0865.pdf>

<https://static1.squarespace.com/static/564b8c9ae4b0459b2b8187a3/t/590765046a4963cec48e817d/1493656838135/Saltcedar.pdf>

<http://invasivespecies.idaho.gov/terrestrial-plants>

<https://legislature.idaho.gov/statutesrules/idstat/Title22/T22CH19/>

<https://adminrules.idaho.gov/rules/2010/02/0622.pdf>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#id>

Kansas

Considerada como especie en cuarentena *Tamarix* (Salt Cedar). Saltcedar o tamarisk (*Tamarix* spp.) fue puesta en cuarentena por el Departamento de Agricultura de Kansas en 2004, actualmente ha desplazado aproximadamente 1.6 millones de acres (648,000 ha) de vegetación nativa en el oeste de los Estados Unidos. *Tamarix* es un arbusto ribereño invasor de Eurasia y se vendió originalmente como planta ornamental o se plantó para la estabilización de los arroyos.

El Departamento de Agricultura, de conformidad con lo autorizado por KS.A. 2-2117, determina que la acción de cuarentena es necesaria para evitar la introducción y expansión de *Tamarix* spp. en el estado de Kansas. Secretary of the Kansas Department of Agriculture. En el manejo de malezas nocivas, se debe tener en cuenta la forma de eliminarlas de la manera más rápida y económica posible. Se debe tener cuidado de considerar el suelo, el agua y las plantas deseables, así como las propiedades contiguas a las áreas. Deben desarrollarse planes para implementar técnicas integradas de manejo de malezas que sean apropiadas para cada sitio, y considerar las plantas que se quieren eliminar así como las que se quieren proteger. El manejo integrado de malezas nocivas se lleva a cabo mediante

control biológico, mecánico, químico y cultural; para mayor detalle consultar las ligas siguientes:

<http://agriculture.ks.gov/divisions-programs/plant-protect-weed-control/noxious-weed-control-program>

<http://agriculture.ks.gov/docs/default-source/statutes-ppwc/quarantinetamarix.pdf?sfvrsn=2>

<http://agriculture.ks.gov/divisions-programs/plant-protect-weed-control>

<https://plants.usda.gov/java/noxious?rptType=State&statefips=20>

<http://agriculture.ks.gov/divisions-programs/plant-protect-weed-control/noxious-weed-control-program>

https://agriculture.ks.gov/docs/default-source/statutes-ppwc/noxious_weed.pdf?sfvrsn=2

Montana

Catalogada como Priority Class 4.- Las especies tienen el potencial de propagarse, pero existen estrategias de manejo disponibles para estas especies. Aquatic Nuisance Species (ANS) Management Plan. Flathead Basin Commission. Montana. Montana Fish, Wildlife and Parks.

Considerada como Prioridad 2b: estas malas hierbas son abundantes en Montana y están extendidas en muchos países. Los criterios de manejo requerirán erradicación o contención donde sean menos abundantes. El manejo debe ser priorizado por los distritos locales de control de malezas.

Se han investigado varios métodos para controlar el pino salado como el uso de químicos, biológicos y mecánicos. En muchos casos, solo se obtendrá la eliminación temporal del crecimiento de la planta, a menos que se destruya toda la corona de la raíz subsuperficial. Las coronas radiculares restantes vuelven a crecer vigorosamente y requerirá retratamiento. Además, otras plantas invasoras, como la lengua de perro, el cardo de Canadá y la capa blanca, a menudo invaden un sitio que sigue el control del pino salado. Por esa razón, el monitoreo de seguimiento para controlar otras especies invasoras y / o

reinvasión del pino salado es crítico. Dependiendo del sitio y el grado de infestación, puede ser necesaria la revegetación con una vegetación conveniente y apropiada, especialmente arbustos ribereños y árboles como sauces y álamos. Para más detalle sobre el manejo y control en la siguiente liga:

[http://msuinvasiveplants.org/documents/mt_noxious_weeds/Saltcedar MT199710AG FINAL%202017%20REVISION.pdf](http://msuinvasiveplants.org/documents/mt_noxious_weeds/Saltcedar_MT199710AG_FINAL%202017%20REVISION.pdf)

<https://www.mtweed.org/weeds/weed-id/>

https://www.mtweed.org/weed_id/saltcedar/

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#mt>

http://flatheadbasincommission.org/chd_bcdc10/files/MTansPlan101602.pdf

https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_PLANTMATERIALS/publications/mtpmctn13113.pdf

<https://plants.usda.gov/java/noxious?rptType=State&statefips=30>

Nevada

Catalogada como categoría C. Nevada Noxious Weed List By Category (NAC 555.010). Malezas generalmente establecidas y con amplia distribución en muchos de los condados del estado. Tales malezas están sujetas a: (a) Erradicación activa desde las instalaciones de un distribuidor de viveros. Noxious Weeds Categories. Department of Agriculture of Nevada.

NAC555.010 Designation and categorization of noxious weeds. (NRS 555.130)

Manejo y control:

- 1.- Se puede cortar, excavar o quemar, pero se debe combinar con una aplicación química para ser efectiva.
- 2.- Se puede usar el control biológico por medio de insectos.
- 3.- Se puede aplicar el herbicida imazapyr al follaje en crecimiento activo durante la floración; triclopyr, glifosato o imazapir como un tratamiento de corte de tocón o corteza basal.

[http://agri.nv.gov/Plant/Noxious_Weeds/WeedList/Saltcedar \(Tamarix spp \)/](http://agri.nv.gov/Plant/Noxious_Weeds/WeedList/Saltcedar_(Tamarix_spp_)/)

http://agri.nv.gov/Plant/Noxious_Weeds/Noxious_Weed_List/

http://agri.nv.gov/uploadedFiles/agrinvgov/Content/Plant/Noxious_Weeds/Documents/NVNoxiousWeedList_by%20category_2012.pdf

<https://www.leg.state.nv.us/NAC/NAC-555.html#NAC555Sec010>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#nv>

Nuevo Mexico

Catalogada como especie clase C. Las especies de clase C están muy diseminadas en el estado. Las decisiones de manejo para estas especies se deben determinar a nivel local, según la viabilidad del control y el nivel de infestación. New Mexico Noxious Weed List. New Mexico Department of Agriculture.

Lo que se debe y no se debe hacer en el manejo de *Tamarix* es:

- 1.- La eliminación física solo es efectiva si la raíz es eliminada.
- 2.- Los herbicidas son efectivos, pero el tejido sobre el suelo debe ser eliminado después del tratamiento.
- 3.- Los métodos de tratamiento de árboles individuales deberían utilizarse en rodales de baja densidad.
- 4.- La vegetación nativa establecida puede competir con las plántulas *Tamarix*.

<http://www.nmda.nmsu.edu/wp-content/uploads/2016/11/Weed-List-memo-and-weed-list-2016.pdf>

http://www.nmda.nmsu.edu/wp-content/uploads/2012/04/troublesome_weeds_nm.pdf

<http://www.nmda.nmsu.edu/apr/noxious-weed-information/>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#nm>

Oklahoma

Considerada como no nativa invasiva y como una especie problema. Oklahoma Non-Native Invasive Plant Species. Native Plant Society, OK Biological Survey, & OSU Natural Resource Ecology & Management.

https://docs.wixstatic.com/ugd/cb7fd3_8e15c9aaf1a246fdaebd55fba1e54572.pdf

<https://defenders.org/sites/default/files/publications/oklahoma.pdf>

<http://www.ag.ok.gov/cps/noxweedlaw.htm>

Oregon

Considerada en la categoría B y T del listado de malezas (dirigida a Biocontrol): Una hierba de importancia económica que es regionalmente abundante, pero que puede tener distribución limitada en algunos condados. Oregon Department of Agriculture Noxious Weed Control Program.

Control biológico.- El escarabajo de la hoja del pino salado *Diorhabda elongata* está bien establecido como control biológico en el este de Oregon, a menudo causando la defoliación completa de todas las plantas en sitios específicos.

<http://www.oregon.gov/oda/shared/Documents/Publications/Weeds/SaltcedarProfile.pdf>

<https://www.oregon.gov/ODA/shared/Documents/Publications/Weeds/WesternUSInvasivePlantEDRRWeedIDGuide.pdf>

Texas

Considerada como categoría de planta exótica, dañina o potencialmente dañina. Ninguna persona puede importar, poseer, vender o colocarlas en el agua de este estado, excepto según lo autorizado por la regla o el permiso emitido por el departamento. Considerada en el listado de plantas nocivas Texas Administrative Code. 2005. Quarantines and noxious plants, Chapter 19 (24 May 2006). State of Texas.

El manejo del pino salado requiere un compromiso a largo plazo para mantener niveles bajos de esta planta y prevenir la reinfestación. Se han utilizado una variedad de métodos en el manejo del bosque del pino salado, incluidos los mecánicos, químicos y biológicos.

Se ha demostrado que los métodos de gestión mecánica no tienen éxito debido a la capacidad de las plantas para volver a crecer a partir de brotes o raíces solas. Sin embargo, los estudios en Nuevo México que usan pesticidas como imazapyr o imazapyr + glyphosate con rociador aéreo han demostrado ser efectivos. En California, los árboles de pino salado

se han erradicado cortando el tocón cerca del suelo y esparciendo herbicida sobre él. El manejo más efectivo probablemente involucre una combinación de estos métodos.

El uso de químicos o biológicos siempre debe ser en concordancia con el Departamento de Agricultura.

https://www.texasinvasives.org/plant_database/detail.php?symbol=TACH2

<http://www.texasnonnatives.org/Texasnonnatives-LISTS.htm>

<https://plants.usda.gov/java/noxious?rptType=State&statefips=48>

<http://www.tsusinvasives.org/home/database/plants.html>

<http://www.tsusinvasives.org/home/database/tamarix-spp->

<https://plants.usda.gov/java/noxious?rptType=State&statefips=48>

<http://www.texasnonnatives.org/Texasnonnatives-LISTS.htm>

Vermont

Considerada como planta invasora. Vermont invasives. New York Invasive Species Research Institute.

<https://vtinvasives.org/news-events/news/geography-of-invasion-risk>

Wyoming

Se encuentra en el listado de Especies de malezas nocivas e invasoras de Wy. Wyoming Weed and Pest Council. 2012. "Wyoming Weed & Pest Control Act Designated List".

El consejo de Weed and Pest de Wyoming adoptó el Manejo Integrado de Plagas (IPM) como su enfoque para el control nocivo de malezas. IPM se refiere al uso de múltiples métodos para el control de malezas. Los métodos incluyen control químico usando herbicidas, control biológico utilizando plagas de plantas y prácticas culturales como labranza o siega. Para áreas infestadas de malezas nocivas establecidas, la utilización de estrategias de control múltiple generalmente producen un buen resultado. El Consejo, así como los distritos individuales, se esfuerzan por mantenerse a la vanguardia en el manejo de la vegetación con el fin de combatir las amenazas existentes y nuevas. Las asociaciones entre el Departamento de Agricultura de Wyoming y la Universidad de Wyoming ayudan a

mantener actualizadas tanto la información como la metodología. La detección temprana y la respuesta rápida (EDRR) son un aspecto clave para mitigar los problemas emergentes de malezas.

http://www.wyoweed.org/images/Designated_List.pdf

<http://www.wyoweed.org/weeds/state-designated-weeds>

https://www.blm.gov/sites/blm.gov/files/documents/files/nv_rubypipeline_App_C_Noxious_Invasive_Weeds_Lists.pdf

https://www.blm.gov/ca/pdfs/cdd_pdfs/attnexgen/Appendix-E_opt.pdf

<http://www.tcweed.org/weed-pests-programs/noxious-weeds/weed-id/>

http://www.tcweed.org/?noxious_weeds=saltcedar-tamarix

<http://www.tcweed.org/weed-pests-programs/noxious-weeds/integrated-management/>

Sudáfrica

Considerada como especie invasora con la categoría 1b: especies invasoras que no se pueden poseer, importarse en Sudáfrica, cultivarse, moverse, venderse, regalarse o arrojar a un canal. Las especies de la Categoría 1b son especies invasoras importantes que pueden necesitar ayuda del gobierno para eliminarlas. Todas las especies de la Categoría 1b deben estar contenidas, y en muchos casos ya están bajo un programa de gestión patrocinado por el gobierno. Existing legislation: CARA 2002 – Category 1 NEMBA – Category 1b. Invasive species of South Africa.

<http://www.capetowninvasives.org.za/news/2014/02/nemba-invasive-alien-species-regulations-list-published-public-comment>

<http://www.invasives.org.za/legislation/item/316-chinese-tamarisk-tamarix-chinensis>

<http://www.griis.org>

<http://www.invasives.org.za/legislation/itemlist/category/35-invasive-plants>

<http://www.invasives.org.za/legislation/declaration-of-invasive-species>

<http://invasives.org.za/legislation/what-does-the-law-say#control-guidelines>

11. Información para el Análisis de riesgo de *T. chinensis*

A continuación, se presenta la justificación y las referencias consideradas para cada pregunta dentro del análisis de riesgo WRA (Weed Risk Assessment; Pheloung *et al.* 1995; 1999) para *Tamarix chinensis* (ver Apéndice 1):

Historia/Biogeografía

1. Domesticación/Cultivo

1.01. ¿La especie está altamente domesticada?

R= Sí. Fue introducida por primera vez en EUA proveniente de viveron en los años 1800s. Posteriormente, siguieron cultivándolos en viveros, fueron ofertados para venta en Nueva York por la Old American Nursery. Para 1828 *Tamarix* ya se vendía en Filadelfia y para 1830s la planta ya se encontraba en varios viveros de la costa este de EUA, vendiéndola com planta ornamental. En California, en 1856 se enlistó en un catálogo de un vivero (Horton 1964, Everitt & Deloach 1990). El departamento de Agricultura de EUA comenzó a cultivar los *Tamarix* y quizás fueron ellos los que introdujeron algunas especies de *Tamarix* a este país. En los años 1850s los pinos salados fueron ofrecidos en venta al público en California, posteriormente comenzaron a aparecer en colecciones y herbarios (Robinson 1965). En 1868, un reporte anual del U.S. Department of Agriculture indica que seis especies de *Tamarix* fueron sembradas en el Department Arboretum (DiTomaso 1998).

1.02. ¿Se ha vuelto la especie naturalizada donde crece?

R= Sí. Se le considera como una maleza, naturalizada, invasora (Randall 2012). *T. chinensis* junto a otras especies de *Tamarix* se naturalizó en EUA en 1877, en Texas. Para 1890, gran parte del suroeste de Estados Unidos ya estaba infestado de *Tamarix* y para los años 1950s estaba establecido en la mayoría de los sistemas ribereños desde las Grandes Planicies del

Pacífico hasta el norte de México y el sureste de Montana (Horton 1964, Lesica & Miles 2001).

1.03. ¿Tiene la especie razas de maleza?

R= No. No se han reportado razas de esta especie. Solo hay una subespecie en China, *T. chinensis haicheng* (de la Bahía de Bohai, en la provincia de Hebei) (Xiaojing *et al.* 2014).

2. Clima y Distribución

2.01. Especie adecuada a climas en México

R= Alta. De acuerdo a la modelación y al análisis de similitud climática realizados se puede ver una relativa alta adecuación a los climas de México (Apéndice 3, tabla 1 y Mapas de climas para *T. chinensis*)

2.02. Calidad de la similitud climática

R= Alta. Se conoce bien el rango de distribución natural e introducido de *T. chinensis*, y presenta una alta coincidencia con el clima similar de México.

2.03. Idoneidad del clima amplia (versatilidad ambiental)

R= Sí. *T. chinensis* es una maleza distribuída en ambientes secos y fríos de desiertos y de zonas de llanuras en su distribución nativa, pero en su distribución de invasión se le encuentra naturalizado en áreas templadas de Canadá y en zonas desérticas secas y calientes en EUA y México, inclusive en un ambiente templado de Chiapas y en uno tropical en Sinaloa (Everitt & Deloach 1990, Gaskin & Schaal 2002, 2003, Natale *et al.* 2008, Shepperd 2008, Wang *et al.* 2011). Esta especie se puede establecer en un amplio rango de temperaturas en que se puede reproducir, desde -15 °C hasta los 50 °C . Durante el invierno soporta temperaturas desde -20°C (CABI 2017). Es una planta halófito tolerante a una amplia gama de ambientes, desde el nivel del mar hasta los 2,100 msnm (Shepperd 2008). Se le encuentra en muchos tipos de suelos, pero asociado a suelos húmedos para su colonización. Puede desarrollarse en zonas con solo 100 mm de lluvia pero su óptimo es de 350-500 mm. En Nevada, EUA la germinacion de las semillas ocurre desde los 0 °C pero puede llegar a los 56 °C (Lindgren *et al.* 2010). Por otro lado, analizando los registros que

obtuvimos de su área nativa y sobreponiéndolos al mapa de climas del mundo (World Maps of Koppen-Geiger Climate Classification; <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/>), a *T. chinensis* se le encuentra en climas del tipo semiárido frío, árido cálido, hemiboreal con invierno seco (verano suave, invierno frío) y subtropical con invierno seco; de acuerdo a los registros del área invadida, se denotan climas del tipo semiárido cálido, semiárido frío, árido cálido, mediterráneo con verano cálido, oceánico con verano suave, mediterráneo con verano cálido, subtropical sin estación seca, y subpolar sin estación seca (Tabla 1, en Apéndice 3). Es decir, que la especie tiene un relativo alto grado de versatilidad ambiental.

2.04. Nativa o naturalizada en regiones con periodos de sequía prolongados

R= Sí. Después de que se establecen las plántulas, pueden resistir sequías severas (Shepperd 2008). En China, en su área nativa, *T. chinensis* es tolerante a la sequía (Liu *et al.* 2014). Puede desarrollarse con solo 100 mm de precipitación media anual (Geilfus 1994). Se adapta a zonas áridas y semiáridas (Robinson 1965). Al ser una planta freatofita que se abastece del agua subterránea, freática, es una planta tolerante a la sequía exterior (Shepperd 2008). Se ha registrado que en el desierto Sonorense en EUA, *T. chinensis* es más tolerante a la sequía que las especies nativas y está mejor adaptado a los ecosistemas alterados (Horton *et al.* 2001). En zonas de EUA y México donde ha invadido y se ha naturalizado, como en los desiertos de Arizona, California, Nuevo México, Sonora y Baja California, se presentan periodos prolongados de sequía. Arizona se encuentra actualmente en un periodo de sequía de 21 años (ASU 2018). Se han registrado largos periodos de sequía en todo el estado, 4 años de 1932-1936, 22 años de 1942-1964 y 3 años de 1974-1977 (USGS 2005). En Nuevo México, los periodos de sequía duran en promedio de 50 a 100 años y ocurren una vez cada siglo (Gutzler 2003). Los periodos de sequía que se han registrado en California son de 6 años (de 1929-1934; 1987-1992) y de 2 años (1976-1977) (CDWR 2015). En Sonora y Baja California los periodos de sequía han sido de 6 años (1948 a 1954), de 4 años (1960 a 1964), de 8 años (1970 a 1978) y de 3 años (1993 a 1996) (CONAGUA 2018). Es decir, que *T. ramosissima* se desarrolla y se ha expandido en su invasión en regiones con sequías prolongadas y recurrentes.

Por otro lado, es de resaltar que por ejemplo en el Río Wind, Wyoming, EUA, durante la temporada de sequía, de 1999 a 2003, las plantas de *Tamarix* (*T. ramosissima* y *T. chinensis*, en conjunto) aumentaron la producción y diseminación de semillas, así como la concentración de plántulas osciló entre 10,000 a 450,000 plantas/Ha (Smith & Pearce 2009).

2.05. Tiene la especie una historia de repetidas introducciones fuera de su rango natural?

R= Sí. En EUA se inició la comercialización de especies de *Tamarix*, entre ellas *T. chinensis*, que se introdujeron desde los 1800s y posteriormente aparentemente hubo varios eventos de introducción (Horton 1961). En México inició en el norte en 1923 (Horton 1961), y posteriormente ocurrieron introducciones en otros estados de acuerdo a los registros de los herbarios (ver base de datos).

3. Maleza en cualquier sitio

3.01. Naturalizada más allá de su área de distribución nativa

R= Sí. Se naturalizó en EUA en 1877. Se sabe que *T. ramosissima* y *T. chinensis* son dos de las especies que fueron introducidas y que han invadido y reemplazado la mayor parte de la vegetación nativa en al menos 600,000 ha naturales y de tierras agrícolas en ecosistemas ribereños del oeste de EUA (DeLoach 1988). Para los años 1920 las infestaciones de *Tamarix* cubrían alrededor de 4,000 hectáreas, ya para 1960 eran 362,000 hectáreas de hábitats ribereños desde Oklahoma hasta el sur de California y desde Colorado hasta Sonora, México; y para 1970 eran 540,000 hectáreas, y 600,000 hectáreas para 1987 (Brotherson & Field 1987, DeLoach 1988, Zavaleta 2000a, Lesica & Miles 2001). En México inició su naturalización en los 1920s (Horton 1961). Se ha naturalizada en Australia y América (Gaskin 2003). En Argentina ha colonizado regiones naturales y seminaturales (Natale *et al.* 2008), y se ha naturalizado en Nueva Zelanda (Sykes 1982). Se le considera como una planta naturalizada, invasora en EUA (ver apartado Estatus; Randall 2012).

3.02. Maleza de jardín/ ornato (amenidad)/disturbio

R= Sí. *T. chinensis* fue introducida y comercializada como planta de ornato. Actualmente, todavía se le encuentra como planta de ornato en EUA, México y seguramente en otros

países. En China crece en sitios con distintas etapas de sucesión incluyendo sitios degradados (Du *et al.* 2017), y en general se considera que crece en sitios degradados (CABI 2017a). Como maleza crece en sitios de disturbio a los costados de las carreteras en EUA, en áreas urbanas y periurbanas (CABI 2017a). En el oeste de EUA se ha establecido en canales de irrigación, pastizales sub-irrigados. También se puede establecer creciendo en acueductos de riego, vías ferroviarias y parques (Lindgren *et al.* 2010).

3.03. Maleza de agricultura/horticultura/forestal

R= Sí. Se le considera una maleza que puede estar en tierras de cultivo, que se establece en el borde de zonas agrícolas y forestales (Randall 2012). *T. chinensis* crece en zonas de pastoreo, bosques gestionados, plantaciones y huertos (CABI 2017a). Entre los impactos que produce esta especie de *Tamarix* a zonas agrícolas y forestales sobre todo, es que afecta el régimen de inundación, incrementa el flujo de velocidad del agua y disminuye la profundidad del agua (Guyenain 1996, DiTomaso 1998, Carruthers *et al.* 2008). Los árboles de *T. chinensis* se consideran, junto a *T. ramosissima* y *T. parviflora*, como árboles indeseables en parques o áreas recreacionales debido a que no son estéticamente atractivos, no proporcionan suficiente sombra, emiten un hedor desagradable (sobre todo en las mañanas cálidas), tienen una exudación húmeda de sal, bloquean tanto el paisaje (la vista) como el flujo del aire en los jardines, además de que producen hojarasca de manera excesiva. Finalmente, reducen los suministros de agua para riego, de uso municipal y ambiental (DeLoach 1988, Carruthers *et al.* 2008).

3.04. Maleza ambiental (campo)

R= Sí. Se le considera como una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos (Randall 2012). Se ha reportado que la invasión de *Tamarix* es uno de los peores desastres ecológicos que han impactado ecosistemas ribereños en Estados Unidos ya que han remplazado las plantas nativas, degradando el hábitat y por consecuencia afectando a la diversidad biológica nativa. Además, se incrementa la frecuencia de incendios forestales y ha sido asociado con el declive de especies amenazadas y en peligro (Warren & Turner 1975, DiTomaso 1998, DeLoach *et al.* 2000). Se ha registrado que la salinidad inhibe la

germinación de las semillas de plantas nativas, haciendo entonces imposible la colonización de plantas nativas después de la invasión de *Tamarix* (Lindgren *et al.* 2010). *Tamarix* forma densos bosques en zonas ribereñas desplazando la vegetación nativa, impidiendo el flujo de agua, incrementando la sedimentación y estrechando los canales de los arroyos; consume grandes cantidades de agua además de que incrementa la salinidad de los suelos (Warren & Turner 1975, Everitt & Deloach 1990). La invasión de ecosistemas ribereños del desierto de Sonora ha alterado la hidrología fluvial y conducido al declive de especies nativas (Horton *et al.* 2001). *T. chinensis* crece también como maleza en bordes de desiertos de zonas áridas (Liu *et al.* 2014).

3.05. Malezas congenéricas

R= Sí. Se considera malezas a las especies congenéricas *T. gallica*, *T. hispida*, *T. nilotica*, *T. ramosissima*, *T. chinensis* y *T. parviflora* (Randall 2012). Estas tres últimas especies que fueron introducidas desde el sudoeste de Asia, han invadido y reemplazado la mayor parte de la vegetación nativa en al menos 600,000 ha naturales y de tierras agrícolas en ecosistemas ribereños del oeste de EUA (DeLoach 1988).

Biología/Ecología

4. Rasgos indeseables

4.01. Produce espinas, estructuras espinosas

R= No. En el apartado de Descripción de la especie no se indica que se presenten estas estructuras.

4.02. Alelopática

R= Sí. Se considera a *T. chinensis* como alelopática, ya que posee la habilidad para concentrar y exudar sales y minerales a través de sus hojas. Los exudados de sal causan la salinización del suelo debajo de su dosel, inhibiendo el crecimiento de especies nativas menos tolerantes a la sal (Lesica & DeLuca 2004).

4.03. Parásita

R= No. No existen en la literatura artículos que indiquen que *T. chinensis* sea parásita.

4.04. Es desagradable para los animales de pastoreo

R= Sí. Aunque no existe información específica para *T. chinensis*, se ha probado que las especies de *Tamarix spp.* son relativamente desagradables al paladar para la mayoría de las clases de ganado y vida silvestre. El follaje contiene ácidos fenólicos que pueden prevenir la herbivoría (Tesky 1992).

4.05. Tóxica para los animales

R= No. No se ha reportado toxicidad.

4.06. Huésped de pestes y patógenos reconocidos

R= Sí. Se ha detectado que *T. chinensis* es infectada por un fitoplasma perteneciente al subclado *Candidatus* con varios candidatus incluyendo *Ca. Phytoplasma prunorum* ', *Ca. Phytoplasma mali* ', *Ca. Phytoplasma pyri* 'y' *Ca. Phytoplasma spartii*. Esta infección causa una enfermedad o deformidad en la planta modificando su estructura natural, formando una masa densa de brotes que parten de un punto; los fitoplasmas habitan en las células del floema y causan un desajuste en el balance hormonal, inhiben la fotosíntesis y causan senescencia; esta enfermedad es conocida como “escoba de bruja” y ataca a plantas leñosas. Los vectores de transmisión son insectos, principalmente ortópteros y hemipteros psilidos (Zhao *et al.* 2009). También se aisló de las hojas de *T. chinensis* una nueva bacteria llamada *Pseudonocardia nantongensis* sp., que es actinomiceto aeróbico, Gram-positivo que forma micelio de sustrato ampliamente ramificado y micelio aéreo. Las formas del micelio de sustrato son amarillentas/amarillas o anaranjadas, y del micelio aéreo blancas (Xing *et al.* 2012). En su área de invasión, en el suroeste de EUA se han colectado hongos endofitos oscuros de las raíces de este árbol, aunque no se da más información sobre sus efectos (Lindgren *et al.* 2010).

4.07. Causa alergias o es tóxica para los humanos

R= No. No se reporta ningún incidente de alergias o toxicidad a humanos por *T. chinensis*. De hecho, en China tiene diversos usos medicinales (Wang *et al.* 2009, Cui *et al.* 2010, Saludbio 2017).

4.08. Crea un riesgo de incendio en ecosistemas naturales

R= Sí. Aunque las hojas de *Tamarix* no son flamables por su humedad, sí contiene aceites volátiles. La flamabilidad aumenta con la acumulación del material muerto y senescente de la planta, por lo que es un riesgo (Zouhar 2003).

4.09. Es una planta tolerante a la sombra en alguna etapa de su ciclo de vida

R= No. *Tamarix* no es tolerante a la sombra, es una especie demandante de luz (Guerrero-Maldonado *et al.* 2016, CABI 2018a,b). De hecho, uno de los métodos de control recomienda que después de remover mecánicamente las plantas se de una aplicación de sombra a las áreas para evitar que vuelvan a rebrotar las plantas (CABI 2017a, Lindgren *et al.* 2010).

4.10 Crece en suelos infértiles

R= Sí. Tolera suelos infértiles y con altas concentraciones de sal en el suelo desde 650 hasta 36,000 ppm (Lindgren *et al.* 2010, CABI 2017a).

De acuerdo a la CONABIO, en el país existen cuatro tipos de degradación del suelo: degradación física, degradación química, erosión eólica y erosión hídrica. SEMARNAT asigna el grado de degradación del suelo en el país en las categorías: ligero, moderado, fuerte y extremo. *T. chinensis* que se distribuye en México se encuentra en algunos sitios con degradación de suelo, que muestra suelos infértiles con un grado extremo inclusive, que es infértil (SEMARNAT 2004, CONABIO 2012):

1. Suelos con degradación química moderada: en Valle de Guadalupe, Baja California; Maneadero, Ensenada, Baja California; Laguna de Canachi, Culiacán, Sinaloa; Carretera Costa Rica a carretera Culiacán a El Dorado, Sinaloa;
2. Suelos con degradación física ligera: Cuenca baja Papaloapan, Veracruz;
3. Suelos con degradación física extrema: Texcoco, Cd. de México.

4.11. Es de hábitos trepadores o sofocantes

R= No. Es un árbol y arbusto que crece en el suelo (ver apartado de Descripción).

4.12. Forma matorrales o agregaciones arbustivas densas

R= Sí. En el suroeste de EUA y México *T. chinensis* forma matorrales densos y bajos (Everitt *et al.* 1996). En Montana, EUA forma matorrales (Lesica & Miles 2001).

5. Tipo de planta

5.01. Acuática

R= No. Es una freatofita facultativa. Puede crecer en sitios inundados, pero no requiere pasar parte de su ciclo de vida en el agua (Horton *et al.* 2001, Shepperd 2008).

5.02. Pasto

R= No. Es un árbol o arbusto (ver Descripción).

5.03. Planta leñosa fijadora de Nitrógeno

R= No. Es una planta leñosa, pero no se indica que fije Nitrógeno (ver apartado de Descripción y Biología e Historia Natural).

5.04. Geofita

R= No. *T. chinensis* es un árbol o arbusto que no tiene características de especie geofita (ver apartado de Descripción).

6. Reproducción

6.01. Evidencia de falla reproductiva sustancial en su hábitat nativo

R= No. No hay evidencias de estas fallas en la literatura consultada sobre su reproducción (ver apartado de Biología e Historia Natural).

6.02. Produce semillas viables

R= Sí. *T. chinensis* produce grandes cantidades de semillas pequeñas, que tienen vida corta (Shepperd 2008). Se ha estimado que una planta madura puede producir medio millón de semillas por temporada (DiTomaso 1998) y se ha observado que *Tamarix* produce semillas

por 5.5 meses cada año con picos en verano (Warren & Turner 1975). La viabilidad de las semillas es alta, con una tasa de germinación promedio de 78% después de 24 horas; a los 6 días es de 88% (Merkel & Hopkings 1957, Shepperd 2008).

6.03. Hibridiza naturalmente

R= Sí. La hibridación ha sido reportada en su rango nativo entre *T. ramosissima*, *T. chinensis*, *T. hohenackeri* y *T. arceuthoides* (Sun *et al.* 2016). También se ha encontrado una hibridación pero extensa entre dos de las especies invasoras de *Tamarix* dentro de los EUA: *T. chinensis* y *T. ramosissima*; con menos frecuencia se han encontrado otros híbridos entre las especies invasoras que implican combinaciones de *T. ramosissima* y *T. chinensis* con *T. parviflora* y *T. gallica* (Sun *et al.* 2016). *T. chinensis* se hibridiza con *T. parviflora* en el sudoeste de EUA (Shepperd 2008).

6.04. Auto-fertilización

R= Sí. Normalmente la polinización es cruzada, pero puede haber autofertilización cuando la polinización cruzada no ocurre (Gaskin & Schaal 2002, Lindgren *et al.* 2010).

6.05. Requiere de polinizadores especialistas

R= No. No se han reportado polinizadores especialistas para *T. chinensis*. Sus flores son una fuente de néctar y polen para un número alto de insectos generalistas polinizadores como moscas, escarabajos, abejas (Zhong-li *et al.* 2005, Lindgren *et al.* 2010).

6.06. Reproducción por propagación vegetativa

R= Sí. *T. chinensis* se puede reproducir por semillas y vegetativamente. Si al remover la planta a mano o mecánicamente se rompen los tallos, de la raíz, nodos y tallos se produce una nueva planta. Se puede propagar a través de esquejes de tallos cortados (Shepperd 2008, Lindgren *et al.* 2010, Xiaojing *et al.* 2014).

6.07. Tiempo mínimo en generaciones (años)

R= 3. No hay información para la especie, pero se considera igual que para las demás especies de *Tamarix*, que inicia generalmente al tercer año de vida y partir de ahí continua anualmente (Csurches 2008).

7. Mecanismos de dispersión

7.01. Propágulos se pueden dispersar sin intención

R= Sí. Las semillas y esquejes de *T. chinensis* se pueden propagar a través de maquinarias. La tierra que se remueve con la maquinaria puede al moverse entre sitios, llevar las semillas. Parece ser que los humanos y sus actividades son el principal vector para la introducción y dispersión de *Tamarix*, pudiendo ser por vehículos terrestres y botes que los llevan hacia otros sitios (Lindgren *et al.* 2010). Partes de la planta o toda la planta se pueden dispersar en contenedores o en transporte de madera (CABI 2017a).

7.02. Propágulos dispersados intencionalmente por la gente

R= Sí. *T. chinensis* fue comercializada junto con otras ocho especies de *Tamarix* como plantas ornamentales, barreras rompevientos y para prevenir y controlar la erosión. Fueron introducidas a EUA procedentes de Europa, Asia y África durante la década de 1820 (Horton 1964, Robinson 1965, Everitt & Deloach 1990, Shepperd 2008, Liu. *et al.* 2014).

7.03. Propágulos se pueden dispersar como contaminante de producto

R= No. No hay evidencia de que sus propágulos puedan ser llevados a otro lado como contaminante de semillas, alimentos, forraje.

7.04. Propágulos adaptados a dispersarse por el viento

R= Sí. Se ha reportado que todas las especies de *Tamarix* producen semillas muy pequeñas que puede ser dispersadas por el viento siendo probablemente el factor de dispersión más importante (DiTomaso 1998). Se ha estimado en Arizona que las semillas maduras de *Tamarix* tienen un peso de 0.01 mg (Lindgren *et al.* 2010), lo que podría explicar la estimación de que las semillas de *Tamarix* se pueden dispersar a una tasa de 2.5 km/año mediante el viento (DiTomaso 1998). Aparte de su bajo peso, las semillas tienen un mechón

apical de pelos, lo que facilita la dispersión por viento, considerándose tiene anemocoria (Shepperd 2008, Simberloff & Rejmánek 2011).

7.05. Propágulos flotantes

R= Sí. Sus semillas, ramas y raíces también pueden propagarse por el agua y llegar a establecerse a un sitio con condiciones de humedad, para entonces producir raíces y crecer un nuevo individuo. Se pueden propagar fácilmente por esquejes, mismos que enraízan en cualquier época del año si llegan a suelo húmedo (Shepperd 2008). Pueden desplazarse a una tasa de 11 km/año a lo largo de ríos y otras rutas acuáticas (DiTomaso 1998, Lindgren *et al.* 2010).

7.06. Propágulos dispersados por las aves

R= Sí. Se ha documentado que las aves pueden dispersar las semillas de *Tamarix* (DiTomaso 1998).

7.07. Propágulos dispersados por otros animales (externamente)

R= No. No hay evidencia en la literatura, aunque podría ser dispersada por el ganado.

7.08. Propágulos dispersados por otros animales (internamente)

R= No. No se tienen reportes de este tipo de dispersión.

8. Atributos de persistencia

8.01. Producción de semillas prolífica

R= Sí. Es una planta productora de semillas prolífica. Se ha estimado que una planta madura puede producir medio millón de semillas por temporada (DiTomaso 1998) y se ha observado que *Tamarix* produce semillas por 5.5 meses cada año con picos en verano (Warren & Turner 1975).

8.02. Evidencia de que un banco de propágulos (semillas) es formado (>1 año)

R= No. La viabilidad de las semillas disminuye en un corto tiempo por lo que no se forma un banco de semillas (Shepperd 2008).

8.03. Bien controlada por herbicidas

R= No. Aunque las especies del género *Tamarix* son sensibles al uso de herbicidas, es difícil controlar una invasión grande de *Tamarix* (Gaskin & Schaal 2003, DeLoach et al. 1988). Se presenta en el Anexo 2 una tabla con información sobre los herbicidas que han mostrado alguna efectividad para el control de *Tamarix*.

8.04. Tolera o se beneficia de la mutilación, cultivo o fuego

R= Sí. Las ramas que se quiebran o rompen pueden enraizar y reestablecerse posteriormente. Si al remover la planta a mano o mecánicamente se rompen los tallos, de la raíz, nodos y tallos se produce una nueva planta. De hecho, la reproducción vegetativa contribuye a la propagación de *Tamarix* ya que produce varias raíces adventicias y nuevos brotes de tejido del tallo (Lindgren *et al.* 2010).

8.05 Enemigos naturales efectivos presentes en México

R= No hay información. Se desconoce si hay enemigos naturales de *T. chinensis* en México.

12. Riesgo de invasión de *Tamarix chinensis* en México en función de la similitud climática

T. chinensis presenta un elevado riesgo de invasión en gran parte de México considerando la similitud climática con las áreas de su distribución nativa, sobre todo en el Norte y Centro en las zonas áridas de México, pero también en zonas menos áridas de Chihuahua, Coahuila, en la zona tropical de Sinaloa y hasta la templada de Chiapas (Fig. 17). Si consideramos la presencia por región invadida actual, el riesgo es más bajo, presentándose elevado sobre todo en el norte, en Chihuahua, Durango, Sonora y la parte más norteña de la península de Baja California, muy localizado. Pero se remarca el riesgo en la parte norte de Sinaloa. Al incluir Norte y Centro América considerando el clima de la región nativa, no queda restringida ni limitada su zona de invasión en ninguno de los escenarios.

Si comparamos los mapas de climas generados a partir de los mapas climáticos mundiales, se puede observar que hay una menor versatilidad de climas en las áreas invadidas comparado con la distribución nativa (Apéndice 3).

Tamarix chinensis

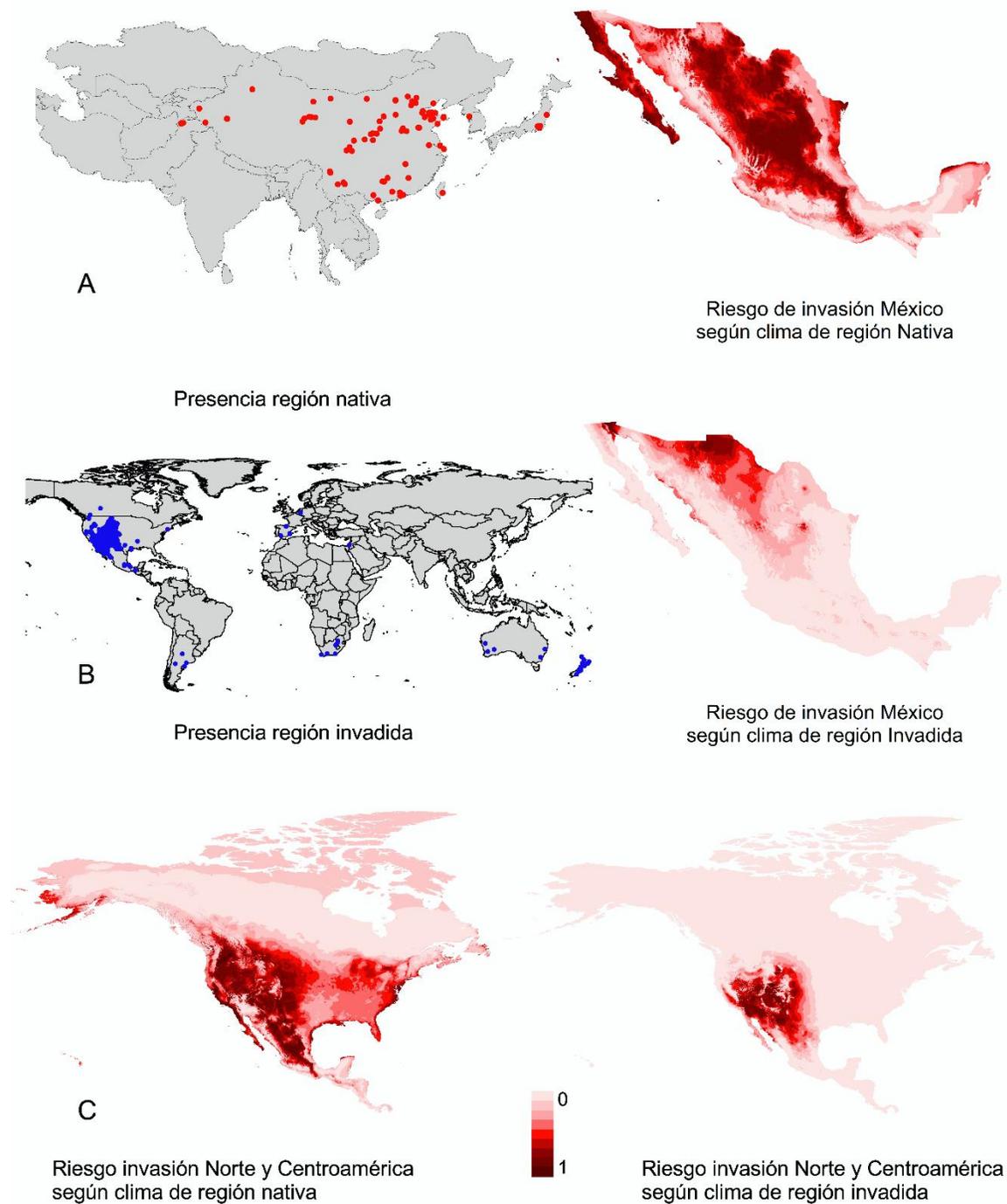


Figura 17. Modelos de Maxent para *Tamarix chinensis* calibrados en su región nativa (A) y de invasión (B) y proyectados a Norte y Centroamérica (C); notar el riesgo para México dentro de esta región. Los mapas de distribución geográfica potencial de la derecha indican las áreas con condiciones climáticas y topográficas adecuadas para el establecimiento de *Tamarix chinensis*. Los puntos rojos y azules representan la presencia de la especie en la región nativa e invadida respectivamente.

13. Resultado del Análisis de riesgo de *Tamarix chinensis*

De acuerdo a los valores mostrados en el Apéndice 1 que se obtienen de las respuestas justificadas para la especie, el puntaje WRA (Weed Risk Assessment) para *Tamarix chinensis* fue de **30**. Debido a que el puntaje es mayor que 6 (ver Anexo 1 sobre estos valores), el taxa debe ser **Rechazado**.

Por otro lado, de acuerdo al AQI el valor obtenido fue de: **64** (Apéndice 2). Por ser este puntaje >20 (ver Anexo 1 sobre estos valores), el taxa debe ser **Rechazado**.

14. Conclusión

El valor máximo del puntaje que puede tener una especie de planta para no ser rechazada para su introducción en un país considerando el WRA es igual a 6, por lo que por lo que al tener un puntaje de 30 la recomendación es que *Tamarix chinensis* debe ser **rechazada** y considerada como una especie invasora de Alto riesgo, por lo que no debe de ser comercializada ni permitir su introducción al país bajo ningún concepto. Asimismo, debe de ser una especie para la que se establezca un plan de control y erradicación en donde exista. El AQI refuerza la recomendación que da el WRA, que es rechazar su ingreso a México y su comercialización. De la misma manera, de acuerdo al riesgo de invasión obtenido por modelación en función de la similitud climática en relación tanto a la distribución nativa y la de invasión, se denota que gran parte del Norte y centro de México, incluida una parte de su zona costera del Pacífico de México presenta un elevado riesgo de invasión.

Tamarix ramosissima

1. Introducción

Entre las tres especies de *Tamarix* más invasivas en el oeste de EUA se encuentra *Tamarix ramosissima* que es una planta arbórea y arbustiva que se ha naturalizado ampliamente en el sur de EUA. Es considerada una especie exótica invasora en 10 países. *T. ramosissima* se ha propagado en el norte de México, en diversas zonas ribereñas estableciéndose en hábitats del Desierto Chihuahuense. Actualmente se le considera la especie exótica invasora más agresiva de los hábitats ribereños del norte de México. Es catalogada como una especie exótica invasora en México (CONABIO 2016). *T. ramosissima* se incluye en el Compendio Global de Malezas (Global Compendium of Weeds; Randall 2012) y se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva presente en 48 estados. Se le considera como una planta escapada de cultivos, naturalizada, invasora, una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos, maleza agrícola con efectos económicos; es una maleza dañina que la gente debe controlar (Randall 2012).

a. Taxonomía

Tamarix ramosissima Ledeb., 1829.

Clase: Magnoliopsida (Magnolias, margaritas y parientes (dicotiledóneas)

Superorden: Caryophyllana

Orden: Caryophyllales (Tamaricales)

Familia: Tamaricaceae (Tamarisco)

Género: *Tamarix* L. (Tamaris)

b. Sinónimos

Tamarix pentandra Pall.

Tamarix eversmanni Persi ex Ledeb.

Tamarix gallica var. *micrantha* Ledeb.

Tamarix gallica var. *pallasii* auct. non Desv.

Tamarix odessana Stev. Ex Bunge

Tamarix pallasii auct. sensu DC.

Tamarix pallasii var. *brachystachys* Bunge

Tamarix pallasii var. *minutiflora* Bunge

Tamarix pallasii var. *ramosissima* (Ledeb.) Bunge.

Tamarix pallasii var. *tigrensis* Bunge.

Tamarix parviflora DC.

c. Nombres comunes

Español: Pino salado, cedro salado, taray catina, tamarindo rosa, tamarindo, tamarisco, plumerillo, saladillo (Moreno-Ramón 2007, Natale et al. 2008, Corral-Díaz et al. 2009, Del-Val & Sevillano 2015)

Inglés: Salt cedar, Saltcedar, Tamarisk, Tamarix

d. Especies de *Tamarix* con las que puede hibridizar

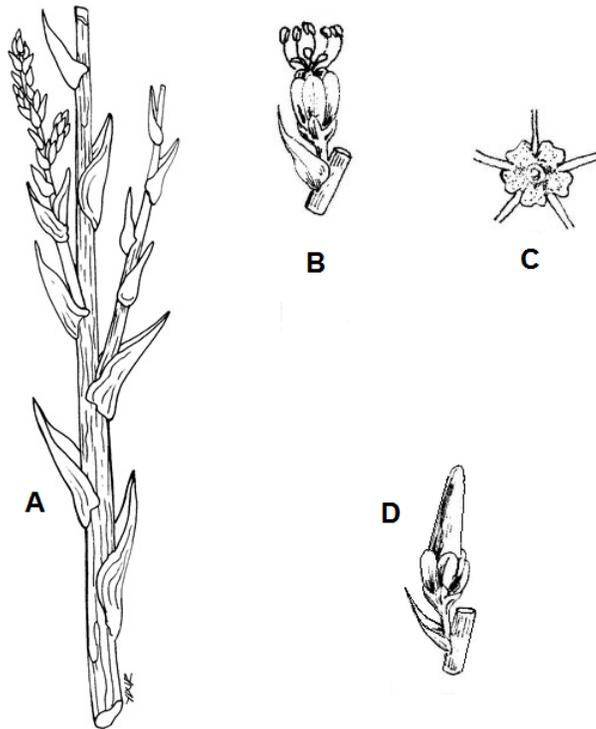
Se puede hibridizar de manera más probable con *T. chinensis*, pero aunque menos, también con *T. aphylla* y *T. gallica* (Gaskin 2013).

2. Descripción

Las plantas del género *Tamarix* crecen como arbustos o árboles pequeño-medianos, caducifolios con una altura aproximada de 5 a 8 m (Welsh et al. 1987, Crins 1989, Wilken 1993, Carpenter 1998). *T. ramosissima* es muy ramificado, con las ramas delgadas y flexibles; las ramas jóvenes son glabras, el color de la corteza varía de marrón rojizo a

marrón, marrón negruzco, morado oscuro, gris o negro (Wilken 1993, Carpenter 1998, Lindgren *et al.* 2010). La corteza del tallo de los árboles o arbustos más viejos, es de aspecto triturado, rugoso, de color gris o marrón (Wilken 1993, Lindgren *et al.* 2010). El diámetro de los tallos puede medir de 10 a 15 cm, pero en árboles más antiguos, con un solo tronco, pueden alcanzar hasta 30 cm de diámetro (Lindgren *et al.* 2010). Las hojas son rómbicas a ovadas, en forma de escamas, enteras, alternas, estipuladas, glabras o papilosas, sésiles y puntiagudas con adelgazamiento gradual; tienen glándulas secretoras salinas; el margen de la hoja es delgada, seca y membranosa (Welsh *et al.* 1987, Wilken 1993, Carpenter 1998, Lindgren *et al.* 2010) (Fig. 18).

Las brácteas son más largas que los pedicelos, escariosas pero apenas translúcidas (Welsh *et al.* 1987). La inflorescencia es racimosa, a menudo con ramificación paniculada. Las flores son blanquecinas o rosáceas, nacen en racimos esbeltos de 2 a 5 cm de largo (Welsh *et al.* 1987, Carpenter 1998, Lindgren *et al.* 2010); las flores tienen de 4 a 5 sépalos, de 4 a 5 pétalos, superpuestos; surgen de la base de un disco nectarífero; los estambres son varios, son el doble de los pétalos; los pétalos son ovados o elípticos a obovados y contorsionados en botones (Welsh *et al.* 1987, Lindgren *et al.* 2010). Los ovarios generalmente consisten en tres, a veces cuatro, y raramente cinco, carpelos y estigmas; el número varía en un solo racimo (Lindgren *et al.* 2010). El fruto dehiscente loculicida es pequeño, mide de 3-4 mm de largo; normalmente retiene los pétalos; es una cápsula de tres válvulas, lanceolada-ovoide (Welsh *et al.* 1987, Crins 1989, Wilken 1993, Carpenter 1998, Lindgren *et al.* 2010). Las semillas miden alrededor de 0.45 mm de largo y 0.17 mm de ancho; tienen un mechón apical de pelos finos que miden aproximadamente 2 mm (Carpenter 1998, Lindgren *et al.* 2010).



Tamarix ramosissima

Figura 18. Algunas características de *T. ramosissima*. A) ramilla con hojas; B) flor; C) disco floral; D) fruto. Modificado de *Flora of China* (www.efloras.org).

Tamarix ramosissima es una especie morfológicamente parecida a *T. chinensis* y *T. parviflora* (Carpenter 1998, Gaskin & Schaal 2002, Gaskin 2003). *T. ramosissima* y *T. chinensis* solo se distinguen por unas características florales microscópicas, en las que los sépalos de *T. ramosissima* son erosos-denticulados; los pétalos son obovados de 1-1.8 mm de largos. El racimo mide de 3 a 4 mm, la inserción de filamento en el disco nectario es hipodiscal (Welsh *et al.* 1987, Gaskin & Schaal 2002, Lindgren *et al.* 2010). Las flores de *T. ramosissima* son pequeñas, miden alrededor de 2 mm, sobre racimos en panículos simples

o compuestos. *T. ramosissima* presenta inflorescencia racimosa con panículos simples o compuestos en racimos; las flores miden menos de 2 mm (Andersen & Nelson 2013) En la Fig. 19 se presentan fotos de flores, inflorescencias, frutos y semillas de la especie.

Las plantas de poblaciones invasoras y de cultivos de *T. ramosissima* tienen algunas diferencias. El color de la flor de poblaciones invasivas varían de rojo intenso a blanquecinas; en una sola planta la densidad de la inflorescencia es muy variable, ya que puede haber tanto racimos simples como compuestos; el follaje puede ser verde oscuro hasta gris azulado. En las plantas de cultivos de *T. ramosissima*, las flores son de color rosa oscuro; los racimos son compuestos, por lo que la inflorescencia es densa; el follaje es azulado con textura fina (Gaskin 2003). En la Fig. 20 se presentan algunas características de las ramas y plantas de esta especie.

En algunos sitios del Río Bravo, en Ojinaga, Chihuahua, *T. ramosissima* forma poblaciones monoespecíficas (franjas de 20 m) con individuos de hasta 7 m de altura (DGIOECE 2009).



a. Inflorescencia de *T. ramosissima*. Warren Lauzon



b. Inflorescencia con flores jóvenes.
R. Rodríguez-Estrella

c. Inflorescencia con flores maduras.
R. Rodríguez-Estrella



d. Racimo de inflorescencia.
Andrey Zharkikh



e. Racimo de inflorescencia en Baja California.
R. Rodríguez-Estrella



f. Rama fructífera con racimos de inflorescencia,
flores secas. Olives Titus



g. Inflorescencias con flores secas. Olives Titus



h. Inflorescencia con flores secas y vivas.
Olives Titus



i. Racimos de inflorescencia; se observa un caracol en rama secundaria. Olives Titus



j. Racimos de inflorescencia en arbusto de *T. ramosissima*.
Jerry Oldenettel



k. Frutos de *T. ramosissima*. R. Rodríguez-Estrella



l. Inflorescencia con semillas y frutos.
Tony Frates



m. Semillas de *T. ramosissima*; nótese su tamaño pequeño. R. Rodríguez-Estrella

Figura 19. Flores, inflorescencias, frutos y semillas de *Tamarix ramosissima*. Fotos con permiso académico de los autores, que se indican al final en cada fotografía.



a. Hojas de *T. ramosissima*. Olives Titus



b. Hojas con glandulas de sal.
R. Rodríguez-Estrella



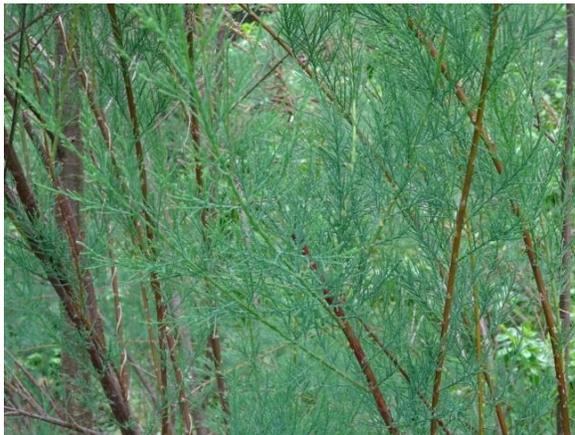
c. Brotes de hojas. R. Rodríguez-Estrella



d. Ramas rojizas. R. Rodríguez-Estrella



e. Rama del tronco, con característico color rojizo y rugoso. Olives Titus



f. Ramas de *T. ramosissima*. Olives Titus



g. Rama madura y reciente de *T. ramosissima*
Olives Titus



h. Plántula de *T. ramosissima*. R. Rodríguez-Estrella



i. Plántulas de *T. ramosissima*.
R. Rodríguez-Estrella



j. Planta juvenil de *T. ramosissima*. Andrey Zharkikh



k. Árbol de *T. ramosissima* con flor. Kjeannette

Figura 20. Hojas, ramas, plántulas, plantas juveniles, y árbol de *Tamarix ramosissima*. Con permiso de los autores. Fotos con permiso académico de los autores, que se indican al final en cada fotografía.

3. Biología e historia natural

Tamarix produce con frecuencia flores desde el primer año, habiendo un mayor florecimiento en la temporada de crecimiento, aunque la mayoría florece en su tercer año (Turner 1974, Stevens 1987, Andersen & Nelson 2013). Se observó en *Tamarix* del oeste de Kansas y en Las Vegas, que un racimo puede tener flores de diferentes edades y algunos hasta llegan a tener distintas etapas fenológicas, desde botones florales hasta semillas maduras. Tan solo un racimo de *Tamarix* de 8 cm de largo puede tener de 50 a 60 flores en promedio y un árbol con 35 panículas puede tener 550,000 flores (Andersen & Nelson 2013).

Tamarix ramosissima produce las flores de mayo a septiembre (Shishkin 1949). En la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe, Sonora, México, *T. ramosissima* produce flores durante todo el año, siendo primavera e inicios del verano las temporadas con mayor floración; el 70% de la población de esta planta produjo flores en esta región (Del-Val & Sevillano 2015). En las elevaciones bajas de Arizona, esta especie comienza a florecer a fines de abril, ocurriendo el mayor pico de floración desde mediados de mayo a principio de junio (Stevens 1987). En Arizona, bajo estrés hídrico, los individuos de *T. ramosissima* no continúan reproduciéndose después del período de floración (en primavera) (Stevens 1987). Con relación a esta etapa de floración y fecundación, en Fountain Creek, Colorado, una respuesta peculiar se dio cuando se liberó al escarabajo *Diorhabda carinulata* con el fin de controlar a *Tamarix*; se observó que durante y después del ataque del insecto, *Tamarix* podía responder aumentando la tasa de fijación de carbono e incrementando la producción y fecundación de las flores (Craine *et al.* 2016).

Tamarix puede florecer en su primer año de crecimiento, pero la mayoría empieza a reproducirse al tercer año o más tarde (Stevens 1987).

Las semillas de *Tamarix* son diminutas, miden aproximadamente 0.45 mm de largo y 0.17 de ancho, tienen pelos unicelulares de 2 mm de largo que se encuentran en el extremo apical, las semillas no tienen endospermo y pesan aproximadamente de 0.00001 gramos (Stevens

1987, Carpenter 1998). En condiciones ambientales favorables para esta especie (como suelos saturados de agua, salinos), la producción de semillas de *T. ramosissima* es muy alta; se estima que una planta madura puede producir medio millón de semillas por temporada, y es capaz de producir semillas en un amplio rango de condiciones ambientales (Brotherson & Winkel 1986, DiTomaso 1998). Se encuentra en climas diversos en su área natural e invadida, como por ejemplo, en árido cálido, árido frío, semiárido cálido, semiárido frío, tropical seco o de sabana, mediterráneo con verano cálido, templado con invierno seco, oceánico con verano suave, subtropical sin estación seca, hemiboreal sin estación seca, y subpolar sin estación seca (ver análisis de Climas en el AR). La viabilidad de las semillas de *T. ramosissima* en campo, en vida libre, dura solo 4 semanas (Horton 1960, Turner 1974), pero en Sonora, México la viabilidad se encontró fue de tan solo dos días (Del-Val & Sevillano 2015); en Arizona, fue viable hasta 45 días en condiciones ambientales favorables, tales como tener saturación de la humedad ambiental y sombra total; si se exponen a insolación, la viabilidad dura solo 24 horas. En el invierno, en campo, la longevidad de la semilla en condiciones ideales es de 135 días (Stevens 1987). Las semillas de *T. ramosissima* producidas a final de temporada pueden retener su viabilidad hasta la siguiente temporada, aunque la viabilidad de estas semillas es baja (Gladwin & Roelle 1998). Se ha reportado que en Wyoming, EUA, en el Río Wind, en la temporada de sequía de 1999 a 2003, *T. ramosissima* (también había plantas de *T. chinensis*) aumentó la producción y diseminación de semillas, y la concentración de plántulas osciló entre 10,000 a 450,000 plantas/Ha (Smith & Pearce 2009).

La semilla de *T. ramosissima* germina en contacto directo con el agua o humedad extremadamente alta, tanto con luz u oscuridad, a 20 °C. La germinación es muy rápida, se produce en menos de un día; se embebe en 2 horas, el hipocótilo emerge en 2 horas, después de 5 a 10 horas la semilla se vuelve fotosintética; a las 10 horas aparecen las pelos radicales, luego la cubierta de la semilla se desprende entre 10 a 20 horas y a las 20 horas la raíz emerge (Stevens 1987). En el noreste de Sonora, en un estudio colectaron suelo de áreas invadidas por *T. ramosissima* con el fin de germinar las semillas colectadas, y después de los tratamientos, ninguna semilla germinó (Del-Val & Sevillano 2015).

Las plántulas de *T. ramosissima* crecen más despacio que las especies ribereñas. Las plántulas pueden crecer en sedimentos finos, grietas en el lecho de la roca, en elevaciones que abarcan desde el nivel del mar hasta 2,000 msnm, y soportan la salinidad en el suelo a más de 50,000 ppm (Stevens 1987). Se ha documentado que las plántulas de *T. ramosissima* crecen favorablemente y se establecen en suelos temporalmente saturados en la superficie; pero un estudio realizado en el noreste de Sonora mostró que las plántulas de la especie no sobrevivieron a las inundaciones; probablemente esto se debió a que durante el estudio la inundación fue larga, de más de cuatro semanas (Brotherson & Winkel 1986). En un experimento de efecto de nutrientes en Arizona, las plántulas de *T. ramosissima* crecieron favorablemente con la adición de nitrógeno, y hubo mayor respuesta con el fósforo (Stevens 1987).

Se ha cuantificado y encontrado que la densidad de plántulas llega a ser hasta de 8,000 por 0.4 Ha (Stevens 1987), lo que da una idea de su éxito y de la cantidad de semillas germinando.

Las plantas maduras de *T. ramosissima* crecen apicalmente, generan muchos brotes laterales. *T. ramosissima* crece hasta 30 cm por mes (Hoddenbach 1987). En el norte de Arizona esta especie produce dos oleadas de follaje al año, una de abril a mayo y la otra a finales de julio (Stevens 1987). Sus raíces crecen constantemente una vez que se establece, hasta alcanzar la capa freática; se ha registrado la profundidad de una raíz de *T. ramosissima* de 5 m, y continuaba creciendo debido a que el manto freático tenía una profundidad de 8 m. En el lago de Utah, las comunidades de *T. ramosissima* crecen bien en áreas con humedad intermedia y altos niveles del manto freático (Brotherson & Winkel 1986). Las plantas maduras son resistentes a inundaciones y a tensión de nutrientes, pero son susceptibles a la sombra donde no pueden crecer (Stevens 1987).

Hay pocos estudios sobre los factores que afectan la floración y polinizadores de *Tamarix* (Andersen & Nelson 2013). La polinización cruzada (alogamia) de *T. ramosissima* principalmente ocurre por el viento, pero en un experimento en que se embolsaron los racimos florales para evitar la llegada de los insectos polinizadores, las semillas no se desarrollaron (Brotherson & Winkel 1986, Stevens 1987). Hay presencia de néctar en la

mañana y a mediodía, pero se desconoce la producción de néctar diario y estacional de *Tamarix* (Andersen & Nelson 2013).

T. ramosissima tolera rangos extremos de condiciones ambientales. Inclusive, después de un incendio las raíces brotan vigorosamente (Brotherson & Winkel 1986).

T. ramosissima es capaz de reproducirse tanto vegetativamente (de manera vigorosa a través de raíces subterráneas y ramas), como por reproducción sexual (Brotherson & Winkel 1986, Vonlanthen *et al.* 2011). En el oeste de Texas, las plantas de esta especie que fueron defoliadas repetidamente lograron rebrotar el 92% de la cobertura inicial en 36 días, y 97.2% en 45 días (Grant-Rusell 2013).

A través de la transpiración y evaporación *T. ramosissima* pierde agua; lo hace a través de las glándulas salinas que tiene en sus hojas, perdiendo más agua por este medio que por los estomas; exuda más agua por la mañana y en promedio consume de 0.04 a 0.3 m³ por año, dependiendo del clima donde se encuentre (Wiesenborn 1996). Se ha documentado que *T. ramosissima* tiene una alta demanda energética para transportar sal a las glándulas salinas de las hojas, por lo que su crecimiento disminuye bajo estrés salino (Carter & Nipper 2012).

Shishkin (1949) describe que *Tamarix* es rico en taninos en toda la planta; en las raíces presenta 16-18% y en las hojas de 11-12%. También reporta que todas las especies de *Tamarix* son buenas productoras de néctar, y que sus ramas frescas se queman fácilmente debido a su contenido de cera (Shishkin 1949). No obstante, algunos estudios han encontrado que no todas las especies de *Tamarix* producen néctar en buenas cantidades, como *T. aphylla* (Griffin *et al.* 1989), mientras que *T. chinensis* y *T. ramosissima* sí lo producen (Lindgren *et al.* 2010, Andersen & Nelson 2013); asimismo, se ha indicado que debido a la sal que producen a través de sus hojas, estas plantas no son fácilmente flamables (Csurhes 2008, CABI 2017b).

Tamarix ramosissima y *T. chinensis* son diploides, con 2n=24 cromosomas (Gaskin & Schaal 2003, Lindgren *et al.* 2010). En la Reserva de Investigación Estuarina Nacional del Río Tijuana, no hubo diferencia en las características morfológicas, edad, tasa de crecimiento o

porcentaje de suelo desnudo, entre *Tamarix* puros e híbridos de *T. ramosissima* y *T. chinensis* (Asef 2013).

En el rango nativo los híbridos de *Tamarix ramosissima* son *Tamarix leptostachys* Bge X *Tamarix ramosissima* Ldb; *Tamarix ramosissima* Ldb X *Tamarix hispida* Willd; y *Tamarix passerinoides* Delile X *Tamarix ramosissima* Ldb (Shishkin 1949). No se han encontrado híbridos de *T. ramosissima* X *T. chinensis* en su rango nativo, a pesar de que hay áreas en las que coinciden, al igual que tampoco se han reportado híbridos de *T. ramosissima* y *T. aphylla* en su rango nativo (Gaskin & Schaal 2002).

Hay evidencia de hibridación entre *T. ramosissima*, *T. canariensis* y *T. gallica* (Gaskin & Schaal 2003). La hibridización entre *T. ramosissima* X *T. chinensis* es muy común; las dos especies son las más dañinas y ampliamente distribuidas a través del oeste de EUA, lo mismo que sus híbridos; también se puede hibridizar *T. ramosissima* con *T. parviflora* y *T. gallica*, así como *T. chinensis* con estas dos últimas especies, pero es menos frecuente (Gaskin & Schaal 2002, 2003, Carruthers *et al.* 2008). En el noroeste de EUA, hay híbridos de *T. ramosissima* X *T. aphylla*; y de *T. chinensis* X *T. aphylla* (Gaskin & Shafroth 2005). Se desconoce si la hibridización de *T. ramosissima* X *T. chinensis* inició en Europa o en EUA (Gaskin & Schaal 2002). Otros híbridos muy comunes en sitios desérticos son de *T. parviflora* X *T. ramosissima* (Dudley 2005).

T. ramosissima y *T. chinensis* florecen a principios de primavera y a finales de otoño,; *T. aphylla* florece a finales de verano hasta principios de invierno; estas especies coinciden en algunos meses en floración, lo que puede permitir la hibridación entre ellas (Gaskin & Shafroth 2005). La viabilidad de las semillas de los híbridos de *T. ramosissima* X *T. aphylla*; y *T. chinensis* X *T. aphylla* del noroeste de EUA fue de 3.8% (de un total de 239 semillas); esta es hasta ahora la única evidencia de viabilidad de semillas de híbridos de *Tamarix*. Las plántulas necesitan sobrevivir los meses de invierno; se cree que las plántulas de híbridos no logran sobrevivir las bajas temperaturas de invierno (Gaskin & Shafroth 2005). La reproducción entre los híbridos aumenta el número de genotipos, le da oportunidades evolutivas, aunque sea bajo el éxito del linaje híbrido (Gaskin & Shafroth 2005).

4. Ecología

En África y Eurasia que es el rango nativo de la familia Tamaricaceae, las especies de género *Tamarix* crecen en zonas templadas y subtropicales, en desiertos arenosos y salados, en regiones áridas y semiáridas, así como en estepas, costas arenosas y a lo largo de ríos, montañas (Shishkin 1949, Asef 2013, Arianmanesh *et al.* 2015). En su área nativa, *Tamarix* crece en las orillas de ríos y arroyos, en las costas de los lagos y del mar (Shishkin 1949); y crece en en estepas arenosas y arcillosas solonctónicas, montañas calcáreas, suelos solonetz y solonchaks (suelos salinos) (Shishkin 1949).

En EUA, parte de su rango de invasión, *Tamarix* individuales crecen más alto en las zonas corriente arriba de las orillas de fuentes de agua, tales como arroyos, ríos, estanques, lagos; también son las zonas que más invaden; llegan a crecer en las mesetas (Asef 2013). *T. ramosissima* se encuentra con mayor frecuencia en sitios estacionalmente sumergidos (pantanos) o praderas salinas (Brotherson & Winkel 1986). *T. ramosissima* prefiere suelos ricos en materia orgánica margas limosas y limo arcillosos con pocas o sin rocas, poca erosión y a 1,836 m de elevación en el lago de Utah (Brotherson & Winkel 1986). En el Área Recreativa Nacional cañón Glenn, esta especie se establece en sitios con suelos aluviales o arenosos (Holland 1987).

En su rango nativo *Tamarix* crece a nivel de mar a 1,200-2,100 msnm y ocasionalmente a 2,800 msnm (Shishkin 1949). En el Monumento Nacional Death Valley, EUA se ha establecido *T. ramosissima* y *T. aphylla* a elevaciones inferiores a 1,525 m (Rowlands 1987). Las plántulas de *T. ramosissima* crecen a elevaciones que van desde el nivel del mar hasta 2,000 msnm (Stevens 1987).

Tamarix usa agua subterránea al ser freatofita facultativa; en caso de que disminuya el agua subterránea, puede cambiar rápidamente su fuente de agua, ya sea por precipitación local o zona vadosa; además, es un género cuyas especies son plantas halófitas que soportan suelos salinos o xerofíticos, soportando condiciones de sequía (Brotherson & Winkel 1986, Andersen & Nelson 2013, Arianmanesh *et al.* 2015). Una vez establecida la planta, la

disponibilidad de agua ya no le afecta de la misma manera, por lo general sobrevivirá sin depender tanto del agua (Turner 1974). Las plántulas de *T. ramosissima* de menos de un año no soportan inundaciones, mientras las plántulas de más del año soportan inundaciones prolongadas (Gladwin & Roelle 1998). *T. ramosissima* sobrevive a inundaciones de 3 años en aguas frías y bien oxigenadas y tolera altos niveles de desecación de hasta menos de 30 bares (Stevens 1987). Estas características convierten a *T. ramosissima* en una maleza problemática (Brotherson & Winkel 1986).

En el rango nativo de *Tamarix*, muchas de sus especies son dominantes en la comunidad vegetativa de zonas costeras, como *T. ramosissima* en el Desierto Taklamakan, Oasis Qira, China, donde es dominante (Shishkin 1949, Vonlanthen *et al.* 2011). En el Río Colorado, México, *T. ramosissima* domina en la comunidad de plantas nativas de las zonas de inundación; el porcentaje de cobertura de *T. ramosissima* se estimó en 19.3%, mientras que el porcentaje de cobertura de las plantas nativas (*Salix spp.*, *Populus spp.*, *Prosopis glandulosa* y *Prosopis pubescens*) fue de 8.2% (Hinojosa-Huerta *et al.* 2008). *Tamarix* tiene ventajas competitivas sobre las plantas nativas en ecosistemas perturbados por el hombre (Carruthers *et al.* 2008). En las zonas de llanura aluvial del Río Colorado bajo en Arizona, California y Nevada, se clasificaron comunidades de vegetación como de *T. ramosissima*, *Populus/Salix*, *Prosopis*, *Populus/Salix*, y en cada una de ellas dominó *T. ramosissima* (Busch 1995). En el 50% de las comunidades de plantas de las llanuras aluviales del río Gila, Arizona domina *T. ramosissima* (Haase 1972). En el Monumento Nacional Wupatki, *T. ramosissima* coexiste con *Alhagi camelorum*, otra especie exótica invasora; son codominantes en sitios aislados en drenajes, filtraciones y manantiales (Cinnamon 1987). En el Monumento Nacional Joshua Tree, *T. ramosissima* es más abundante al coexistir con *T. aphylla* (Coffey 1987). *T. ramosissima* se encuentra en diferentes comunidades de plantas en el lago de Utah (Brotherson & Winkel 1986). En el noreste de Sonora, en sitios moderadamente infestados, *T. ramosissima* se encontraba creciendo con vegetación nativa, *Populus sp.*, *Salix sp.* y *Fraxinus sp.*, y en sitios donde dominaba la especie exótica solo crecía pasto; en verano crecían algunas herbáceas (Del-Val & Sevillano 2015). En el Río Bravo, *T. ramosissima* es una especie dominante, y la vegetación es rara alrededor de los rodales de esta planta; debido

a que el dosel del árbol es muy cerrado, no deja pasar la luz. Algunas de las especies nativas que se registraron creciendo cerca de *T. ramosissima* fueron *Larrea tridentata*, *Prosopis glandulosa*, *Argemone ochroleuca*, *Parkinsonia aculeata*, *Pithecellobium sp.* y *Baccharis glutinosa*; también se registraron especies exóticas invasoras como *Nicotiana glauca*, *Arundo donax* y *Cynodon nlemfuensis* (DGIOECE 2009).

T. ramosissima crece exitosamente en suelos alcalinos, con un pH promedio de 7.5 (Brotherson & Winkel 1986). Esta planta tolera suelos muy salinos, soportando hasta una concentración de 36,000 ppm de sales (Weisenborn 1996). En el lago de Utah crece en suelos con rango de concentración de sal soluble de 650 a 16,000 ppm, un promedio de 5,994 ppm (Brotherson & Winkel 1986). *T. ramosissima* es capaz de soportar una amplia gama de salinidad (Carter & Nipper 2012). La tolerancia de esta especie a las altas concentraciones de sal se debe a la acumulación de azúcar soluble y prolina en sus hojas (Ruan *et al.* 2009). La tolerancia que tiene al estrés salino le da una ventaja competitiva con las especies ribereñas que normalmente no son tolerantes a la salinidad (Carter & Nipper 2012).

En el Río Tarim, China, en su rango nativo, *T. ramosissima* crece bien en áreas hiperáridas, aunque dispone del agua subterránea; sus raíces descienden de 1.7 m a 7.0 m y soporta la salinidad en el agua subterránea de 36.59 a 93.48 m mol/L (Ruan *et al.* 2009). En el Oasis Qira, Desierto Taklamakan, China, las raíces de *T. ramosissima* llegan a alcanzar hasta 20 m de profundidad para llegar al manto freático (Gries *et al.* 2003).

Sobre las interacciones de *T. ramosissima* con la fauna se han descrito algunas específicas. Después de la introducción de *Tamarix* y asociado al cambio de uso de suelo, la paloma ala blanca *Zenaida asiatica* se ha vuelto común en comunidades de Texas y Arizona (DeLoach 1988). *Z. asiatica* y *Z. macroaura* utilizan *T. ramosissima* como estructura de anidamiento (Haase 1972, DeLoach 1988). El Servicio de Vida Silvestre y Pesca de EUA registró al ave en peligro de extinción *Empidonax trailli extimus*, anidando en *Tamarix* (Fleishman *et al.* 2003, Dudley 2005). En la Reserva Forestal Nacional Ajos-Bavispe, Sonora, México, en los sitios con esta planta invasora no hubo diversidad de nidos funcionales, registrando los nidos de las siguientes especies de aves: *Columbina passerina*, *Zenaida sp.*, *Pyrocephalus rubinus*,

Thryothorus sinaloa, *Melanerpes uropygialis*, y una especie de colibrí (MacGregor-Fors *et al.* 2013). En Middle Rio Grande Valley del centro de Nuevo México, en sitios con *T. ramosissima* hubo correlación positiva con la abundancia de *Peromyscus leucopus* en junio y agosto (Ellis *et al.* 1997). En Arizona, los mamíferos herbívoros que se registraron usando *T. ramosissima* fueron castores; también se registró un ave, el pájaro carpintero *Sphyrapicus varius* (Stevens 1987). En el Valle Owens, California, unas plantas jóvenes de *T. ramosissima* murieron a causa del roedor nativo *Thomomys bottae*, que mordía la raíz (Manning *et al.* 1996). En Argentina, la invasión de *T. ramosissima* provocó que se incrementara la abundancia de Collembola y Acari; a pesar de la abundancia de la mesofauna, la descomposición de las hojas de *Tamarix* fue un proceso lento (Bedano *et al.* 2014). En el Refugio de Vida Silvestre Bosque Nacional del Apache, la riqueza y abundancia de arañas fue mayor en sitios con *Tamarix*; en estos sitios también se registró presencia de anfibios, reptiles y otros vertebrados (Chung-MacCoubrey & Bateman 2006). En la Reserva Ajos-Bavispe, Sonora, un escarabajo crisomélido y un insecto de la familia Coccidae se encontraron comúnmente en el tronco de *T. ramosissima* (Del-Val & Sevillano 2015). En Salt River y Roosevelt Lake en el centro de Arizona, se registró mayor abundancia de artrópodos en *Tamarix* pero con menor riqueza de especies; se observaron cuatro familias en *T. ramosissima*, mientras en la vegetación nativa se observaron 10 familias de artrópodos (Durst *et al.* 2008). En el Río Bravo, Ojinaga, Chihuahua, los insectos que se han registrado en *T. ramosissima* son *Largus sp.*, *Chilocorus sp.*, *Hippodamia sp.*, escarabajos depredadores Carabidae, una especie de Coreidae, una especie de Policestinae, *Podisus sp.*; también las flores fueron visitadas por *Apis mellifera* (DGIOECE 2009).

En el rango nativo de *Tamarix*, es parasitado por *Cynomorium songaricum* sobre la raíz (Shishkin 1949) y es atacado severamente por *Diorhabda carinulata*, provocando la muerte de muchas ramas de la planta (Carruthers *et al.* 2008). *T. ramosissima* es muy susceptible a *D. carinulata*, la defoliación es completa (Dudley 2005). La respuesta de la planta al ataque de *D. carinulata* es que incrementa el consumo de agua, aumenta la tasa de la fijación de carbono e incrementa la producción y fecundación de flores (Craine *et al.* 2016). Los adultos y larvas de *Coniatus splendidulus* se alimentan de las flores y follaje de *Tamarix* (Andersen

& Nelson 2013). En Arizona, los invertebrados que se registraron en *T. ramosissima* y podrían ser plaga para el árbol son *Opsius stactogalu*, *Chionaspis etrusca*, (ambos exóticos); así como *Parthenicus sp.*, *Schistocerca occidentalis*, que son abundantes en la temporada de floración, en los meses de verano (Stevens 1987). En el sur de Nevada, se registraron dos plantas parásitas, *Phoradendron californicum*, hospedadas en *T. ramosissima* (Haigh 1996). Las raíces de la especie no son micorrizadas, pero sí altamente colonizadas por endófitos septados oscuros (Titus *et al.* 2002, Beauchamp *et al.* 2005).

Pocos estudios se han realizado sobre su fisiología y ecología (Bedano *et al.* 2014). Pero se ha determinado que gracias a las glándulas de sal que tiene *T. ramosissima*, al producir aleloquímicos se vuelve muy competitiva de manera interespecífica (Brotherson & Winkel 1986).

Después de incendios, se encontró que plantas nativas como *Salix gooddingii* se vieron afectadas, ya que es menos eficiente hidráulicamente cuando co-ocurre con *T. ramosissima*; la especie introducida rebrota vigorosamente y en 5 meses los rebrotes alcanzan 2 m de altura; incluso, las plantas que rebrotan después del incendio florecen más que las que no han sufrido incendio (Stevens 1987, Busch & Smith 1992).

La hibridización entre *Tamarix ramosissima* y *T. chinensis* es tan común en EUA que el radio de híbridos a especies puras es mayor de 5:1 (Asef 2013). En un estudio realizado en Las Vegas Wash, de 2010-2011, registraron artrópodos polinizadores de *Tamarix* (*T. ramosissima*, *T. chinensis* y sus híbridos), encontrando que la principal especie fue *Apis mellifera*, seguida por *Ochlodes yuma* (familia Dermestidae), y otra especie de la familia Sphecidae (Andersen & Nelson 2013).



a. Hábitat donde ocurre *T. ramosissima* en un ambiente natural. Patrick Alexander



b. Abeja en inflorescencia.
Anne Reeves



c. Abejas nativas en racimo de inflorescencia.
R. Rodríguez-Estrella

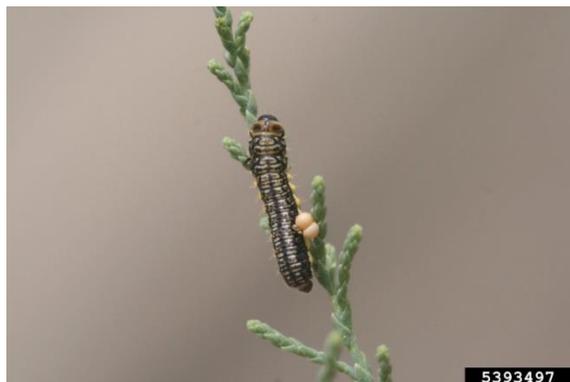


d. Nido en *T. ramosissima*. R. Rodríguez-Estrella



e. Planta de *T. ramosissima* junto a *Typha* sp. Patrick Alexander

Insectos usados para control de *Tamarix*:



f. Oruga *Diorhabda* spp. en *Tamarix*. Whitney Cranshaw



g. Escarabajo *Diorhabda* spp. en *Tamarix*.
Whitney Cranshaw



h. Infestación de *Diorhabda* spp. en *Tamarix*.
Whitney Cranshaw

Figura 21. Crecimiento de planta de *T. ramosissima* en hábitat natural. Interacciones de esta especie con insectos y otras especies. Se muestran también imágenes del escarabajo que es usado para el control biológico de *Tamarix*. Fotos con permiso académico de los autores, que se indican al final en cada fotografía.

5. Estatus

Una de las peores invasiones por plantas en EUA se ha dado por algunas de las especies del género *Tamarix* (Gaskin & Schaal 2003). Las tres especies de *Tamarix* más invasivas en el oeste de EUA son *T. ramosissima*, *T. chinensis* y *T. parviflora* (DeLoach 1988). *T. ramosissima* se ha naturalizado ampliamente en el sur de EUA (Christensen 1962, Haase 1972). En Australia *T. ramosissima* se ha naturalizado, pero no es considerada con la misma importancia nacional que *T. aphylla*, lo contrario de lo que sucede en EUA; no se entienden claramente las causas de esta diferencia (Gaskin & Shafroth 2005). Es considerada una especie exótica invasora en 10 países. *T. ramosissima* se ha propagado en el norte de México, en diversas zonas ribereñas (Del-Val & Sevillano 2015). Se ha establecido en hábitats del Desierto Chihuahuense (CONANP y FMCN 2015). Actualmente se le considera la especie exótica invasora más agresiva de los hábitats ribereños del norte de México, principalmente en Chihuahua y Sonora (Del-Val & Sevillano 2015). Es catalogada como una especie exótica invasora en México (CONABIO 2016).

T. ramosissima se incluye en el Compendio Global de Malezas (Global Compendium of Weeds; Randall 2012) y se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva presente en 48 estados (USDA-NRCS 2012, <https://plants.usda.gov/java/noxiousDriver>; <https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=TARA>). Se le considera como una planta escapada de cultivos, naturalizada, invasora, una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos, maleza agrícola con efectos económicos; es una maleza dañina que la gente debe controlar (Randall 2012).

a. Distribución nativa

Afganistán, Armenia, Azerbaiyán, China, Corea, Irán, Kazajstán, Kirguistán, Mongolia, Republica de Georgia, Pakistán, Qatar, Rusia, Tayikistán, Turkmenistán, Turquía, Ucrania, Uzbekistán (Shishkin 1949, Qaiser 1983, Gaskin & Schaal 2002, Pasiecznik 2007) (Fig. 22).

b. Distribución de invasión

Argentina, Australia, Canadá, España, Estados Unidos (Arizona, Arkansas, California, Carolina del Sur, Colorado, Dakota del Norte, Dakota del Sur, Georgia, Idaho, Kansas, Luisiana, Mississippi, Missouri, Montana, Nebraska, Nevada, Nuevo México, Oklahoma, Oregón, Texas, Utah, Virginia, Washington, Wyoming), Italia, Israel, Nueva Zelanda, Sudáfrica y México (Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Sinaloa y Sonora, Veracruz) (CONANP & FMCN 2015, Gaskin & Shafroth 2005, March-Mifsut & Martínez-Jiménez 2007, Pasiecznik 2007, Díaz *et al.* ND, DGIOECE 2009, Sarabia-Trejo 2015, Leyva *et al.* 2016) (Fig. 22).

Tamarix ramosissima

Distribución nativa



Distribución de invasión

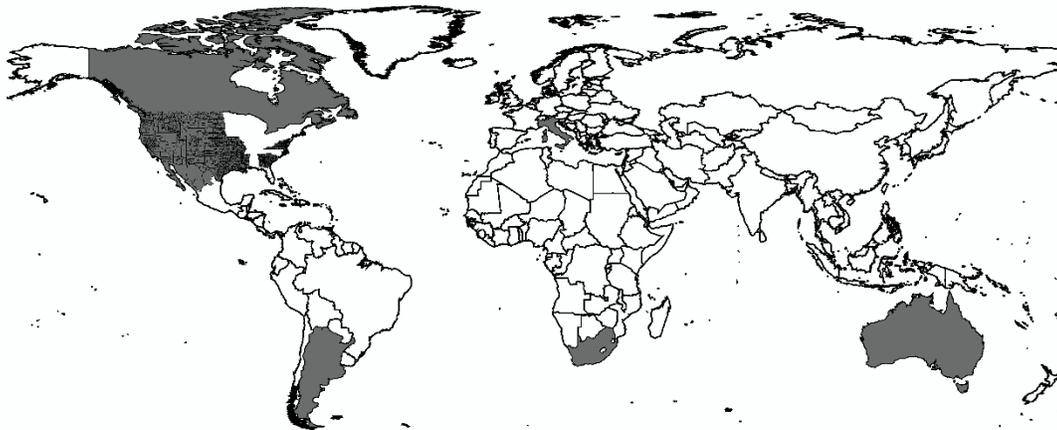


Figura 22. Mapas mostrando la distribución nativa de *Tamarix ramosissima*, así como en los países donde se le ha introducido y es exótica, invasora.

6. Usos y comercialización

En 1800's *Tamarix* fue usado como control de erosión por viento y agua a lo largo de orillas de vías de ferrocarriles y canales (Carruthers *et al.* 2008). La plantación de *Tamarix* fue apoyada por gobiernos federales, estatales y locales, también por administradores de tierras privados, lo que ocurrió hasta mediados de 1900's (Carruthers *et al.* 2008). *T.*

ramosissima fue una de las especies introducidas por los viveristas a mediados del siglo XIX y era muy admirada como un arbusto ornamental (Horton 1964). Fue importada a Estados Unidos en 1914, 1915, 1916 y 1932 como especie ornamental y para plantarlo junto a otras especies de *Tamarix*, como cortinas rompevientos en Texas (USDA 1917, USDA 1929).

A. Historia de la comercialización

Se tiene documentado en catálogos de viveros del año 1823 en la costa Atlántica y hacia 1854 en la costa del Pacífico (Horton 1964, Chew 2009), el registro de varias especies de *Tamarix* que fueron introducidas a EUA como plantas de ornato, entre ellas *Tamarix ramosissima*, a principios de 1800 (Brock 1994). Doce especies del género *Tamarix* fueron llevadas a EUA por horticulturistas desde el sur de Europa y Asia en los 1880s (Gaskin & Schaal 2003). En 1823, *Tamarix* fue introducido por primera vez en la costa oeste de EUA, y se ofreció a la venta por Old American Nursery (manejado por Lawrence y Mills); en 1928 se vendía en los viveros Bartram de Filadelfia (Brotherson & Winkel 1986). El Departamento de Agricultura de EUA comenzó a plantar *Tamarix* en 1868 y reportó que crecían seis diferentes especies en el Departamento Arboretum. En 1854 varios viveros de California ofrecían dos o tres especies a la venta. En el oeste de EUA, después de ser plantado *Tamarix* como ornamental se escapó a finales de 1870 (Horton 1964, Brotherson & Winkel 1986). En 1900 los granjeros empezaron a usar *Tamarix* para el control de erosión del suelo; en 1920 ya *Tamarix* era un grave problema, se había propagado rápidamente en los arroyos (Brotherson & Winkel 1986). En Utah, se reportó *T. ramosissima* creciendo como una especie de cultivo en 1880s. Entre 1930 y 1936 en el lago de Utah, *T. ramosissima* ya era el principal invasor de las comunidades de plantas. En 1980s la invasión de *T. ramosissima* ocupaba alrededor de 800 hectáreas de este lago (Brotherson & Winkel 1986). Actualmente se continúan vendiendo plantas de *T. ramosissima* por internet, como en Nature Hills Nursery, que se encuentra en Omaha, Nebraska, EUA (Gaskin & Schaal 2002; y ver Nature Hills Nursery. Summer Glow Tamarisk. Fecha de actualización: 25 de enero de 2018. <https://www.naturehills.com/tamarisk-summer-glow>). En 1923 se documentó que *Tamarix* fue cultivada especialmente como planta ornamental en porciones áridas del norte de

México, a veces escapando, indicando una distribución local en México (Standley 1923, Horton 1964). Se muestran en la fig. 23 algunos usos que se dan a esta planta.

a. Uso ornamental de *T. ramosissima*



b. *T. ramosissima* como cortina rompevientos en cultivo de Baja California. Pavel Dodonov y R. Rodríguez-Estrella



c. Uso ornamental de *T. ramosissima* en jardín. Steven Severinghaus

Figura 23. Algunos usos que se dan a *Tamarix ramosissima*. Fotos con permiso académico de los autores, que se indican al final en cada fotografía.

a. Origen de los individuos comercializados

Las especies que se introdujeron a Estados Unidos en los años de 1880 por horticulturistas fueron traídas de sus países de origen del sur de Europa y centro de Asia (Gaskin & Schaal 2003, Carruthers *et al.* 2008). De acuerdo a los registros del Departamento de Agricultura de EUA (USDA) de 1911 a 1932, *Tamarix ramosissima* se importó cuatro veces de Farab, Bokhara, Turquestán; Caucasus, Rusia; Petrograd, Rusia y Tiflis, Georgia a Estados Unidos (USDA 1912, USDA 1917, USDA 1929).

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos inventarió las especies de plantas que entraron al país, indicando las especies de *Tamarix* que entraron a EUA como se detalla a continuación:

¹USDA 1912, ²USDA 1917, ³USDA 1929.

Fecha de importación	Lugar de origen	Especie	Usos, recomendaciones de las plantas importadas
13/02/1911	Lango, Turquestán Oriental, Sinkiang, China	<i>Tamarix sp.</i> ¹	Recomendada para suelos alcalinos y desérticos de EUA; usarlos como cobertura de áreas de desecho, para retención de suelos arenosos y para proveer combustible. Se importaron esquejes de la especie.
18/02/1911	Tumchuk, Turquestán Oriental, Sinkiang, China	<i>Tamarix sp.</i> ¹	Como un arbusto ornamental, y también recomendada para usarlos para modificar en suelos alcalinos y desérticos de EUA; como cobertura de áreas de desecho y para retención de suelos arenosos, así como para proveer combustible. Se importaron esquejes de la especie.
22/02/1911	Schul-Kuduk, Turquestán Oriental, Sinkiang, China	<i>Tamarix sp.</i> ¹	En las regiones áridas y semiáridas de Estados Unidos se les comercializó por tener valor como material de escobas y cestas. Se importaron esquejes de la especie.
21/03/1911	Yamatu, Tien Shan, Turquestán Oriental, Sinkiang, China	<i>Tamarix sp.</i> ¹	Valorada como arbusto ornamental en regiones frías y secas. Se importaron esquejes de la especie.

18/03/1911	Tiflis, Caucasus, Rusia	<i>Tamarix hoheneri</i> ¹	Se importaron semillas de esta especie.
00/00/1914	Mr. M. H. Crawford, Del Mar, California	<i>Tamarix</i> especie sin determinar	Fue recibido en la Estación de Campo de Plantas Introducidas en Chico, California.
00/10/1914	Turkestán	<i>Tamarix karelini hirta</i> Litv ²	No hubo comentarios.
14/10/1914	Farab, Bokhara, Turquestán	<i>Tamarix florida albiflora</i> Bunge ²	Se importó para usarlo como cortina rompevientos, junto a otras especies de <i>Tamarix</i> en Texas.
23/10/1914	Farab, Bokhara, Turquestán	<i>Tamarix pentandra</i> var. <i>Brachystachys</i> (sinónimo de <i>Tamarix ramosissima</i>) ²	Como planta ornamental; se recomendó plantar en grupos grandes; se debía cortar cada invierno para que salieran ramas largas y delgadas, que florecen de septiembre a agosto. Se importó para usarlo como cortinas rompevientos junto a otras especies de <i>Tamarix</i> en Texas.
07/01/1915	Caucasus, Rusia	<i>Tamarix pentandra</i> (sinónimo de <i>Tamarix ramosissima</i>) ²	Como ornamental
07/01/1915	Caucasus, Rusia.	<i>Tamarix hoheneri</i> ²	No hubo comentarios.
07/01/1915	Nanking, China	<i>Tamarix</i> sp. ²	No hubo comentarios.
03/02/1915	Cairo, Egipto	<i>Tamarix aphylla</i> ²	Es la mejor especie egipcia para cultivo como maderable en áreas desérticas. Se ha empleado como cortina rompevientos en granjas. Se enviaron esquejes para cultivo.
29/07/1915	Cairo, Egipto	<i>Tamarix aphylla</i> ²	Es la mejor especie egipcia para cultivo como maderable en áreas desérticas. Se ha empleado como cortina rompevientos en granjas. Se enviaron esquejes para cultivo.
06/04/1916	Petrograd, Rusia	<i>Tamarix florida albiflora</i> Bunge ²	Sin comentarios.
06/04/1916	Petrograd, Rusia	<i>Tamarix karelini hirta</i> Litv ²	Sin comentarios.
06/04/1916	Petrograd, Rusia	<i>Tamarix pentandra</i>	Como ornamental.

			(sinónimo de <i>Tamarix ramosissima</i>) ²	
27/09/1929	Río Daria (Asia central)	Amu (Asia central)	<i>Tamarix sp.</i> ³	Sin comentarios.
07/01/1932	Tiflis, Georgia		<i>Tamarix hoheneri</i> ³	Se importaron semillas de la especie.
07/01/1932	Tiflis, Georgia		<i>Tamarix pentandra</i> (sinónimo de <i>Tamarix ramosissima</i>) ³	Se importaron semillas de la especie.

b. Condiciones de cultivo

En el rango nativo de *Tamarix* se usa principalmente para fijar suelos salinos y arenosos y también como una planta ornamental. *T. ramosissima* se propaga fácilmente por retoños y esquejes, producen fácilmente raíces adventicias en presencia de humedad; se recomienda que los esquejes sean de 6 a 9 pulgadas de largo y se propague en invierno, al ser esta la temporada más fuerte de crecimiento (USDA 1917, Shishkin 1949). Las semillas de *Tamarix* (*T. ramosissima*, *T. chinensis* y *T. aphylla*) del noroeste de EUA, se han colocado en cajas de petri, humedeciéndolas con agua destilada, a 24°C y 14 horas de luz por día; a las 48 horas las semillas germinaron, con la radícula ya emergiendo (Gaskin & Shafroth 2005). Para plantar *T. ramosissima* como ornamental se recomienda plantarlo en grupos densos de tal manera que sean visibles sus racimos de inflorescencia suaves y rosadas, para lograr un efecto de penacho. Se debe cortar cada invierno, eliminando la madera vieja, lo que permitirá que salgan ramas largas y delgadas, que florecerán en aproximadamente seis semanas, de agosto a septiembre (USDA 1917).

c. Análisis económico

La invasión de *Tamarix* ha provocado diversos impactos negativos económicos. Se han hecho estimaciones del valor económico del impacto de *Tamarix* en el oeste de EUA, calculando que el costo anual de la pérdida de servicios ecosistémicos (como agua para irrigación, agua municipal, energía hidroeléctrica en el Río Colorado y control de inundaciones) por la invasión de *Tamarix*, es de aproximadamente 127-291 millones de dólares¹, lo que representa 284 a 447 dólares por hectárea anualmente (Zavaleta 2000b). El costo monetario en un programa de erradicación y restauración de 20 años se estimó que fue de 7,420 dólares¹ por hectárea; este programa de erradicación y restauración consistió en cinco etapas:

1. En el primer año se realizó la evaluación del sitio, con un costo de 124 US dólares por hectárea.
2. Segundo año, se hizo la remoción de la raíz; costo de 145 US dólares por hectárea.
3. Del tercer al sexto año se realizó la aplicación manual de herbicida; costo de 1,540 US dólares por hectárea.
4. Del séptimo al catorceavo año, consistió en realizar la revegetación; costo de 4,940 US dólares por hectárea.
5. Del quinceavo al vigésimo año se realizó el monitoreo del área de control; costo 675 US dólares por hectárea.

¹El valor del dólar corresponde al año de 1998.

Para México no hay un análisis económico sobre los costos por comercialización o por pérdida económica por servicios ecosistémicos perdidos o alterados.

B. Rutas de introducción

Las semillas de *T. ramosissima* son muy pequeñas y pueden ser dispersadas por el viento. Sus semillas y esquejes se pueden transportar a través de maquinaria, ya que la tierra que se remueve con ellas puede llevar las semillas, al moverse entre sitios. Los humanos y sus actividades son el principal vector para la introducción y dispersión de *Tamarix*, pudiendo

ser por vehículos terrestres y botes que los llevan hacia otros sitios (Lindgren *et al.* 2010). Partes de la planta o toda la planta se pueden dispersar en contenedores o en transporte de madera (CABI 2017b). En adición, a causa de los ciclos de inundación de los ríos alterados en el campo, los propágulos vegetativos (como pedazos de ramas o raíces) han viajado a lo largo de cursos de agua y colonizaron de esta manera áreas extensas del suroeste de EUA (Crins 1989, Taylor *et al.* 1999).

No es muy claro cuáles fueron las rutas de introducción de *Tamarix* a Norteamérica. Pero se sabe que a principios de 1800 *Tamarix* fue introducido a EUA por Nueva Inglaterra. El registro más antiguo que existe del género en Norteamérica es de un inventario de 1818 del Jardín Botánico de Harvard (Brock 1994, Chew 2009). A finales de 1800 en el suroeste de Estados Unidos empezó a propagarse a través de arroyos, ríos en áreas áridas y semiáridas. Las áreas perturbadas y modificadas por actividades humanas favorecieron la rápida propagación de *Tamarix*. En 1900-1940 se construyeron grandes presas, lo que benefició la rápida invasión en EUA (Brock 1994). Durante la Depresión y la Segunda Guerra Mundial, en Arizona, Nuevo México y Texas hubo escasez de agua y lo asociaron a *Tamarix* que era usado para control de erosión (Chew 2009). A finales de la década de 1960, hubo preocupaciones ambientales y las instituciones federales de EUA se involucraron en la erradicación de la planta (Asef 2009, Chew 2009).

Inicialmente se pensaba que *Tamarix* había sido traído a América por exploradores españoles, pero actualmente se sabe que la primera introducción fue en Norteamérica en la costa oeste en 1823 por un viverista (Brotherson & Winkel 1986). En el bajo del Río Delta del Río Colorado se ha registrado comúnmente a *T. ramosissima* desde 1935 (Glenn *et al.* 1996).

En cuanto a México, se sabe que la ruta más probable de introducción por México fue el norte, por Sonora, dada la cercanía a las zonas donde se usó o comercializaba ya en Arizona con *Tamarix*, y seguramente *T. ramosissima* por su valor ornamental. Se menciona que *Tamarix* fue cultivada especialmente como planta ornamental en porciones áridas del norte de México (Standley 1923, Horton 1964). Aunque es probable que sea *T. ramosissima*, el autor la identifica como *T. gallica*. Posteriormente, hacia inicios de los 1900s, el ingeniero

civil Miguel Ángel de Quevedo intentó reforestar los lomeríos deforestados de Santa Fe, Cuajimalpa, en el valle de México, usando especies nativas de pinos, cedros, oyameles y encinos, pero no se pudieron propagar. En 1907, los franceses le proporcionaron semillas de eucaliptos, casuarinas, acacias, pinos y de *Tamarix* para reforestar los lomeríos del valle; se documentó que una de las primeras especies en adaptarse a las condiciones del Valle de México en los viveros de Coyoacán fue *Tamarix* sp. (UAM ND). En una entrevista reciente en el diario Sin Embargo, Alejandro Espinoza comentó que el pino salado se introdujo a Baja California por las primeras comunidades chinas que empezaron a llegar al estado a principios del siglo pasado; sin embargo, el origen de esta planta en Baja California es desconocido (Maristain 2 de julio de 2016). *T. ramosissima* está presente en Sonora, pero no está bien documentado cómo llegó a este estado (Van Devender *et al.* 2009). En 2009, se reportó la presencia en San José del Cabo, Baja California Sur (León de la Luz *et al.* 2009).

7. Potencial de establecimiento y colonización

a. Potencial de colonización

Como se vio en la sección de Biología, como las demás especies del género *Tamarix*, *T. ramosissima* puede reproducirse sexualmente por semillas, así como de manera asexual, vegetativa, por ramas y esquejes. Esto le da un alto potencial de colonización. La producción de semillas de *T. ramosissima* es muy alta en condiciones ambientales favorables de saturación de agua en el suelo, de salinidad elevada y sobre todo en climas áridos; no obstante, es capaz de producir semillas en un amplio rango de condiciones ambientales (Brotherson & Winkel 1986). Su potencial de colonización se ve disminuido si se considera que la viabilidad de las semillas de *T. ramosissima* en vida libre dura solo unas 4 semanas (Horton 1960, Turner 1974), e inclusive solo dos días en Sonora, México (Del-Val & Sevillano 2015); en Arizona se ha estimado su viabilidad en hasta 45 días en condiciones ambientales favorables, tales como buena humedad ambiental y sombra total; si se exponen a insolación, la viabilidad dura 24 horas; en invierno, en campo, la longevidad de la semilla en condiciones ideales es de 135 días (Stevens 1987). Se estima para las especies de *Tamarix*

que pueden llegar producir 500,000 semillas por árbol maduro en cada temporada. *Tamarix* germina de manera importante durante periodos húmedos o en sitios cercanos a ríos (Gaskin 2003); por ejemplo, en Little Colorado River, se estimó en 8,900 plantas de *T. ramosissima* por 0.4 hectáreas (Cinnamon 1987). *T. ramosissima* coloniza en bancos arenosos, que posteriormente se cubren de plántulas; éstas pueden ser arrastradas por el flujo del agua en las temporadas de inundación, muriendo; pero si la inundación no es muy alta ni prolongada, las plántulas pueden permanecer hasta la siguiente temporada (Thomas *et al.* 1987). El éxito en la colonización y establecimiento de *T. ramosissima* se da por su rápida propagación por el viento y por la prolífica producción de semillas diminutas, las cuales se diseminan de manera efectiva por el viento; tienen las plántulas un rápido crecimiento y una maduración temprana (Turner 1974, Stevens 1987). Después de un incendio, la condición del suelo y reducción de la disponibilidad de humedad favorece a *T. ramosissima* puesto que rebrota vigorosamente; en 5 meses los rebrotes pueden alcanzar 2 m de altura (Busch & Smith 1992), e inclusive las plantas que rebrotan después del incendio florecen más que las que no han sufrido de incendio (Stevens 1987); esta especie llega a dominar posteriormente las comunidades vegetales, colonizando las fuentes de agua (Busch & Smith 1992, 1993, Busch 1995); se recupera además fácilmente por su tolerancia a la salinidad (Busch 1995). Se estima que *T. ramosissima* se ha propagado 20 km por año a través del norte de Arizona, lo que da una idea de su capacidad de colonización (Thomas *et al.* 1987). De acuerdo a modelos de distribución de *T. ramosissima*, el norte México es altamente adecuado para que se establezca e incremente su distribución (Del-Val & Sevillano 2015). Nuestras modelaciones hechas para este reporte indican una tendencia similar.

b. Potencial de dispersión

Se ha descrito que las especies de *Tamarix* se propagan vegetativamente por raíces subterráneas y ramas, esquejes, así como por reproducción sexual (Brotherson & Winkel 1986, Vonlanthen *et al.* 2011). Las semillas diminutas de *T. ramosissima* tienen estructuras como pelos en un extremo, lo que les permite diseminarse rápidamente, por el viento o el

agua, a áreas retiradas del punto de origen (Turner 1974, Stevens 1987, Gaskin & Schaal 2002). Se ha sugerido que fue probablemente esta forma de dispersión por semillas lo que permitió el establecimiento de *T. ramosissima* en el Monumento Nacional Death Valley (entre California y Nevada): las semillas pudieron ser transportadas a través del viento desde áreas infestadas en el sur de esta área (Rowlands 1987). En adición, *T. ramosissima* puede propagarse por retoños y esquejes fácilmente, produciendo fácilmente raíces adventicias en las zonas con humedad (Shishkin 1949).

La falta de depredadores herbívoros de *Tamarix* y la tolerancia a factores como incendios, sequía, suelos inundados, suelos salinos, así como por su alta regeneración después de un incendio, le han permitido una fuerte expansión en su rango de distribución (Busch & Smith 1992, Busch & Smith 1993, Busch 1995, Carruthers *et al.* 2008). Su dispersión en zonas donde se ha establecido en los países donde no es nativa, es dada básicamente por el hombre, por comercio sobre todo como plantas ornamentales, pero también se han transportado para su uso en acciones rompevientos y de estabilización de suelos y control de la erosión.

8. Evidencias de impactos

a. Impactos/beneficios socioeconómicos

Los beneficios que *Tamarix* proporciona son limitados y comparativamente, los daños son superados con creces (Carruthers *et al.* 2008). Pero las causas de su introducción tuvieron que ver con aspectos económicos como de confort (ornamentales, sombra). En el siglo pasado tanto políticos, como científicos y agencias gubernamentales sugirieron la siembra de *Tamarix* en el sur de las Grandes Planicies y suroeste de EUA con el fin de controlar la erosión en costas y en la zona continental, desértica, sobre todo cercano a zonas agrícolas (Chew 2009). Esto pudo funcionar un tiempo, pero los beneficios económicos no fueron estimados. Se ha determinado que *Tamarix* es una fuente de néctar para la producción de miel (DeLoach *et al.* 1988, Alaniz-Gutiérrez *et al.* 2017), por lo que para los apicultores de Arizona es una planta de valor; aún así, de la miel que se vende en Nuevo México y Arizona,

la proveniente de *Tamarix* representa menos del 1% (DeLoach *et al.* 1988). Al analizar las mieles de 13 apiarios en el valle de Mexicali, Baja California, en junio y agosto de 2010, se encontró que *Tamarix* es la principal fuente de producción de néctar para las abejas (*Apis mellifera*), encontrando *Tamarix* en el 100% de las mieles (Alaniz-Gutiérrez *et al.* 2017). No hay una valoración económica de los beneficios, pero los autores plantean que el potencial de generación de miel en Baja California es alto, aunque actualmente se produce poca miel en comparación a otras regiones del país.

Por otro lado, *Tamarix ramosissima* proporciona sombra al ganado por lo que su eliminación podría ser vista de manera desfavorable por los ganaderos (Cinnamon 1987). Un estudio en Texas, determinó que las plantas de *T. ramosissima* son palatables y nutritivas para cabras, aunque no se encontró evidencia de que las cabras la seleccionaran y consumieran (Grant-Rusell 2013). En el Desierto Taklamakan, China, rango nativo de *T. ramosissima*, los camellos son los únicos mamíferos que forrajean la planta (Vonlanthen *et al.* 2011).

Existe un pez endémico, *Cyprinidon macularius*, que se encuentra en riesgo de extinción en la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, Sonora, México. Como una forma de manejo del hábitat y de los cuerpos de agua donde ocurre el pez, y para eliminar el problema de la invasión de *T. ramosissima*, le han propuesto a los habitantes del Rancho El Refugio-Agua Dulce que aprovechen la madera de este árbol como una alternativa al mal manejo del agua; de esta manera, a la vez que eliminan a la planta invasora, podrían paulatinamente sustituirla por especies nativas como el mezquite (Murguía-Ruíz 1998). Con ello, habría beneficios para los rancheros al tener un recurso a explotar por un tiempo, con sus ganancias, a la vez que se mejoraría el hábitat del pez endémico, y se restaurarían niveles de agua adecuados al eliminar a una especie exótica invasora como *T. ramosissima*.

En campamentos o áreas recreacionales, *Tamarix* es un árbol indeseable ya que no proporciona suficiente sombra, emite un hedor desagradable (sobre todo en las mañanas cálidas), produce una exudación húmeda de sal, bloquea la vista al paisaje, así como el flujo del aire, además de una producción de hojarasca excesiva (DeLoach 1988).

Por otro lado, los acuerdos del agua entre EUA y México en la zona fronteriza se han incumplido en gran parte debido a la severa sequía que ha habido en el suroeste de EUA; a ello se añadiría la invasión de *Tamarix*, que reduce los suministros de agua para riego, de uso municipal y ambiental, debido al alto consumo de agua que demanda esta planta exótica invasora (Carruthers *et al.* 2008). Lo anterior tiene consecuencias económicas importantes.

b. Impactos a la salud

En el rango nativo de *Tamarix* se usa a esta planta como medicina tradicional: para dolores del bazo, las flores se usan en el tratamiento de ictericia, la corteza como astringente en caso de hemorragia y las ramas en infusión para reumatismo (Shishkin 1949). *Tamarix* puede tomar y transportar, y secuestrar metales pesados y contaminantes (Dreesen & Wangen 1981, Urbansky *et al.* 2000, Conesa *et al.* 2006, Kadukova & Kalogerakis 2007, Sorensen *et al.* 2009), lo cual puede eliminar riesgos en la salud humana.

c. Impactos ambientales y a la biodiversidad

T. ramosissima es una maleza agresiva en los hábitats que invade, ya que inhibe la germinación de plantas nativas porque incrementa la salinidad del suelo, consume una gran cantidad de agua y provoca pérdida de agua, incrementa la frecuencia de fuego y aumenta la frecuencia e intensidad de las inundaciones (Wiesenborn 1996, USDA 2005). En un análisis temporal de mapas de 1937, 1944 y 1964 en el valle del Río Gila, se registraron cambios en la comunidad de las plantas, encontrando que el número de hectáreas con *T. ramosissima* pasó de 59 a 407 hectáreas, y con el tiempo a la vez el número de hectáreas con plantas nativas disminuyó: *Suaeda sp.* de 138 a 89 ha, *Pluchea sericea* de 95 a 47 ha; *Bacharis salicifolia* de 291 a 0 ha y *Populus sp.* de 65 a 0 ha (Turner 1974). Esto muestra que la continua invasión de *T. ramosissima* afecta a las plantas nativas desplazándolas; es probable que estos cambios en la composición vegetal sean irreversibles (Haase 1972, Turner 1974).

Tamarix causa cambios en la biodiversidad y en la estructura de la red alimentaria ya que el aumento de salinidad en el suelo y la disminución de contenido de agua provoca que varias especies no resistan estos cambios y desaparezcan o disminuyan sus abundancias (Asef 2013, Sher & Quigley 2013). Se encontró por otra parte que el microhábitat de las mesetas en zonas con *Tamarix* (que contiene 17% de híbridos de *T. ramosissima* X *T. chinensis*) fue más seco que en zonas sin esta planta, lo que provoca cambios en la composición de otras plantas y de la fauna de vertebrados (Asef 2013). También en las zonas pantanosas de la Reserva de Investigación Estuarina Nacional del Río de Tijuana y la Laguna de San Diego la presencia de *Tamarix* alteró la composición de la comunidad de invertebrados (Asef 2013). La mayoría de las plantas excluyen las sales (iones de Na, K, Ca, Cl) de sus raíces, pero *T. ramosissima* las absorbe y las transporta a la superficie de las hojas, las que eventualmente caen al suelo y se acumulan año con año; cuando caen las lluvias las sales son arrastradas y llegan al agua subterránea. Las plantas nativas entonces se ven afectadas fisiológicamente por la salinidad del suelo provocada por *T. ramosissima* (Wiesenborn 1996, Carter & Nippert 2012).

Tamarix tiende a hacerse dominante. Por ejemplo, antes de 1912, *Tamarix* era una planta desconocida en el Río Pecos; posterior a dicho año, esta planta empezó el proceso de invasión, llegando a cubrir 23,000 hectáreas hacia 1960. En 1914, *T. ramosissima* invadió 8 km en un segmento del valle del Río Gila; en el 1937, *T. ramosissima* dominaba 59 hectáreas y para 1964 alcanzó 407 hectáreas (Turner 1974).

Tamarix pierde agua por transpiración y evaporación, a través de las glándulas salinas que tiene en sus hojas; en promedio, consume de 0.04 a 0.3 m³ por año. Se ha estimado inclusive que un árbol grande de *Tamarix spp.* llegó a transpirar hasta 1,135 litros de agua por día (Wiesenborn 1996; Chapell *et al.* 2009). Uno de los efectos observados después de la eliminación de *Tamarix* en un área, es que el nivel del agua aumenta. Por ejemplo, en un área de 4 hectáreas se hizo la eliminación de *Tamarix* en los manantiales de Eagle Borax Works; ocho semanas después de la eliminación, el nivel de agua incrementó en casi 1.4 m, a la vez que reapareció un estanque que tenía un área de 0.4 hectáreas (Wiesenborn 1996, DiTomaso 2004). En el Gila River, Arizona, encontraron que después de la eliminación de

Tamarix el nivel del agua subterránea se recuperó y ganó en su flujo a lo largo del río (Culler *et al.* 1982).

Al tener una alta densidad de *Tamarix* en las orillas de ríos, arroyos o estanques, el agua no fluye adecuadamente por lo que no se puede propagar bien en ciertas zonas que normalmente no se inundan, causando por ende inundaciones, lo que a su vez provoca la sedimentación y erosión del suelo (Wiesenborn 1996). *T. ramosissima* causa que el hábitat que invade se deseeque, debido a que reduce el nivel freático (Brotherson *et al.* 1984). También se ha documentado en Fountain Creek, Colorado, que bajo estrés de agua, durante las sequías, *T. ramosissima* puede ganarle el agua disponible a plantas nativas cercanas (Craine *et al.* 2016).

Las especies nativas se ven afectadas al ser reemplazadas por *T. ramosissima* en áreas perturbadas por actividades humanas. En sitios como lagunas, arroyos, ríos, estanques, la invasión de *Tamarix* reemplaza las especies nativas dominantes y reduce la biodiversidad de vida silvestre, sobre todo en latitudes bajas; en latitudes altas esto es menos evidente (Anderson 1998, Carter & Nippert 2012).

La invasión de *T. ramosissima* incrementa la frecuencia de incendios en ecosistemas ribereños (Busch & Smith 1993, Wiesenborn 1996), lo que afecta la composición de la vegetación y la fauna. Posterior al fuego, esta especie tiende a volverse dominante en la cobertura. En un estudio realizado en Lower Río Colorado encontraron que los incendios en las comunidades de *T. ramosissima* son más frecuentes y más grandes que en otras comunidades de plantas, por lo que advirtieron el impacto negativo que podría tener esta especie de seguir invadiendo nuevos lugares (Busch 1995). No hay información actual sobre el problema.

En sitios de *T. ramosissima* en Salt River y Roosevelt Lake en el centro de Arizona, se observó mayor abundancia de artrópodos, pero menor riqueza de especies de artrópodos que en la vegetación nativa. Esto podría ser un problema para especies de aves insectívoras como *Vireo belli pusillus*, *Empidonax traillii extimus* y *Coccyzus americanus occidentalis* (Durst *et al.* 2008).

T. ramosissima no forma asociaciones micorrízicas, lo que evita que crezcan otras especies, como *Populus*, al degradar las comunidades fúngicas; incluso después de la eliminación de esta planta de un sitio, los efectos negativos en la formación de micorrizas pueden permanecer por un tiempo (Beauchamp *et al.* 2005).

Aunque parece paradójico al considerar especies invasoras, se debe tener cuidado con la forma y tiempos programados para eliminar a esta planta. Después de la eliminación de *T. ramosissima* en áreas grandes se puede amenazar la persistencia de algunas especies nativas, ya que dicha área quedaría descubierta, con lo que la colonización sería difícil debido a que algunas especies requieren de vegetación madura para sobrevivir (Fleishman *et al.* 2003).

Hay un gran desconocimiento del impacto de los híbridos de *Tamarix* (Asef 2013). Pero dadas las altas proporciones de híbridos en las zonas de coincidencia (entre 83 y 87%; Gazkin & Krazmer 2009), los impactos que se ven en la biodiversidad y los económicos podrían ser resultado, en gran parte, de los efectos de los híbridos. *T. ramosissima* y *T. chinensis*, son especies invasivas, y sus híbridos podrían ser genotipos más agresivos que los parentales; un híbrido podría por ejemplo producir un número sustancial de semillas viables y resistir más al frío que los progenitores (Gaskin & Shafroth 2005, Lindgren *et al.* 2010). Con ello, los híbridos de *T. ramosissima* y *T. chinensis* podrían invadir con éxito latitudes medias y altas (Asef 2013).

9. Control y mitigación

Para llevar un control de *Tamarix* se tiene que seleccionar el sitio de eliminación de forma cuidadosa ya que hay áreas que no serán fácilmente restauradas; también se pueden alterar las condiciones del hábitat, por lo que es importante realizar los cambios sin alterar significativamente en un corto plazo las condiciones de los ecosistemas (Anderson 1998).

Con relación a los métodos para controlar y erradicar, para el caso de los herbicidas usados para el control de *T. ramosissima*, se tienen que escoger de acuerdo al costo-efectividad, con el menor impacto al ambiente, evaluar su toxicidad, y que haya una flexibilidad en su

aplicación (Anderson 1998 y Anexo 3). Es difícil controlar la invasión de *Tamarix*, ya que es resistente a herbicidas. Se ha encontrado que *T. ramosissima* es resistente al control químico foliar (Brotherson & Winkel 1986). También es resistente al fuego y a ser cortado a nivel del suelo; después de un incendio o de ser cortado, las plantas rebrotan vigorosamente, llegando a 2 a 3 m después de un año (DeLoach *et al.* 1988, Gaskin & Schaal 2003).

En el Monumento Nacional Joshua Tree, el control de *T. ramosissima* inició en 1984, usando un método mecánico; las herramientas que se ocuparon para cortar la planta fueron motosierras, hachas y pulaskis; los restos vegetativos se apilaron en lugares secos y se quemaron; este control se llevó durante el período de inactividad de la planta, en invierno. Anteriormente, en 1976, en el área natural se llevó a cabo el control de *T. ramosissima* a través del control químico, usando Silvex pero no se presentó un reporte del resultado del control (Coffey 1987). En el Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui, en los arroyos El Mentidero y La Uvalama, se llevó a cabo control manual de *T. ramosissima*; extrajeron árboles menores a 1.5 m de altura, con todo y raíz, con ayuda de talachos, machetes y barras de hierro; los restos vegetativos se llevaron a un lugar seco para deshidratarlos y luego quemarlos (Leyva *et al.* 2016). En el Bosque Nacional White River se eliminó *Tamarix* usando un método mecánico y químico. El control mecánico consistió en arrancar los árboles (con raíz), con una retroexcavadora con un accesorio montado en el cubo frontal; este accesorio, llamado Star Hill JAWZ, toma y jala la planta cerca del nivel del suelo. Después, los árboles se amontonaron y se quemaron. Aunque este método fue exitoso, afectaron el suelo.

En el control químico se usaron dos químicos: el herbicida Pathfinder II sin diluir y Garlon 4 mezclado con diésel; un año antes de aplicar el herbicida se cortó el tocón de *Tamarix* (Chappell *et al.* 2009). En 1897, en el Parque Nacional del Bosque Petrificado, norte de Arizona, se llevó a cabo un control químico de eliminación de *T. ramosissima*. Primero cortaron el tallo del árbol y en la zona cortada, aplicaron el herbicida Garlon 3A sin diluir; después de seis semanas del control se revisó el área, y encontraron que solo murieron el 21% de los árboles tratados de esta manera. Esta baja mortalidad se pudo deber a la baja

efectividad del herbicida, a la temporada de aplicación (en verano, época más seca del año), a que el Garlon 3A pudo haberse evaporado, y también por haber dejado el tocón de 20-30 cm de alto, en lugar de dejarlo a ras del suelo (Bowman 1987). En el Parque Nacional Zion, se controló *T. ramosissima* en 1987 usando Garlon 3A; se aplicó en el cambium y floema del tocón cortado; las aplicaciones se hicieron en febrero y junio. El éxito fue de 62% de mortalidad para los árboles que fueron tratados en febrero, mientras que para los que se trataron en junio, la mortalidad fue de 82% (Hays & Mitchel 1987). En el Monumento Nacional Wupatki, a principios de verano en 1983 se controló químicamente el 80% de *T. ramosissima* utilizando el herbicida Tordon sin diluir; se aplicó en el tocón cortado; no hubo rebrotes. En 1987 se regresó al sitio a controlar la especie en el área donde no se había controlado; se usó el herbicida Garlon 3A, aplicando en el parte central del tocón cortado. En este monumento los resultados del control fueron buenos, aunque se vio que la naturaleza aislada de la planta representaría un problema de vigilancia, ya que dichas plantas podrían ser una fuente de semillas (Cinnamon 1987). En el Monumento Nacional Natural Bridges, se eliminó *T. ramosissima* de forma manual en 1958; la especie se mantuvo controlada por varios años, hasta que en 1970 se volvió a establecer; entre 1985-1987 nuevamente se realizaron esfuerzos para controlar a *T. ramosissima*; las aplicaciones químicas fueron en verano, y se aplicó Tordon RTU inmediatamente después cortar el tocón del árbol. La efectividad del herbicida fue del 50%; este herbicida no se pudo continuar usando debido a su toxicidad en el ambiente; se cambió por Garlon 3A, que es menos tóxico, pero la efectividad de Garlon 3A fue menor al Tordon RTU (Thomas *et al.* 1987). De acuerdo a Dew Chemical la efectividad de Garlon 3 en *T. ramosissima* es incierta, con mortalidad del 42%; los herbicidas con efectividad del 100% son Tordon sin diluir y Garlon 4 diluido con agua (Bowman 1987). *T. ramosissima* es susceptible a Arsenal, un herbicida de amplio espectro sin efectos perjudiciales en mamíferos, aves, abejas, peces o lombrices, por lo que recomiendan su uso (Kunzman & Bennett 1987).

En el Valle de Cuatrociénegas, Coahuila, se erradicaron 137 hectáreas de *T. ramosissima*, usando el método de control químico combinado con extracción manual; utilizaron Garlon 4, mezclado con aceites degradables. Empezaron ubicando los sitios infestados, haciendo

mediciones de la superficie dañada, y un inventario de recursos materiales, humanos y económicos; se dio capacitación a personal, y se realizaron los trabajos de control y erradicación; hicieron la extracción manual de plantas juveniles (menores a 1.5 m de altura) por medio de talachos; las plantas eliminadas se secaron por una semana para después incinerarlas; a los árboles adultos (tallos de más de 10 cm de diámetro), se les realizó un corte superficial, llegando al xilema; en ese corte se aplicó la mezcla de Garlon 4 con los aceites Stubble aid y Safe T Side; después del control químico, se realizaron monitoreos de los sitios mensualmente. La recomendación final fue dar seguimiento y evaluar los sitios controlados una vez al año para evaluar el éxito (CONANP & FMCN 2015).

Otro método es el control biológico, que para *Tamarix* ha sido usar *Diorhabda carinulata*, el escarabajo de la hoja de estos árboles; este insecto actúa alimentándose raspando la cutícula para acceder al tejido mesófilo y los tejidos vasculares dentro de la hoja; causa altos niveles de defoliación. El escarabajo tiene una alta tasa de reproducción y capacidad de dispersión extensiva, características que lo hacen idóneo para control biológico. En 1998 se liberó por primera vez en EUA, concluyendo en primera instancia que se debe analizar en qué partes de EUA se puede liberar el insecto, sobre todo considerando si en las zonas hay problemas con el agua, debido a que bajo la defoliación por este insecto se incrementa el consumo de agua (Carruthers *et al.* 2008, Craine *et al.* 2016). Aunque algunos autores indican que *T. ramosissima* es muy susceptible a *D. carinulata*, siendo la defoliación completa (Dudley 2005), en el rango nativo de *Tamarix*, *D. carinulata* sí lo ataca severamente, provocando la muerte de muchas ramas de la planta; pero al final de la temporada, *Tamarix* rebrota desde su base y la siguiente generación de escarabajos sigue defoliando la planta o se pasa a otra planta, lo que permite en general la recuperación de *Tamarix* (Carruthers *et al.* 2008). Por ello, solo se logra un control temporal de la planta usando este método. Un punto importante a considerar al usar este método, es que en el rango nativo de *Tamarix* el escarabajo de la hoja de tamariscos es extremadamente abundante, pero no es así en el rango introducido, en Norteamérica (Carruthers *et al.* 2008). Con lo cual la efectividad del método puede ser menor a lo esperada.

Un estudio realizado en el oeste de Texas demostró el control de *T. ramosissima*, a través de la ingesta de la planta por cabras (Grant-Rusell 2013).

En el Río Bravo la invasión de *T. ramosissima* es abundante, hay áreas donde solo crece esta especie. En esta zona recomiendan tener un plan de integral de eliminación de *T. ramosissima* por el escarabajo *Diorhabda elongata*, que consideren la reforestación y restauración de suelo, ya que una vez eliminado el pino salado, puede ser reemplazado por otras especies exóticas invasoras, como *Arundo donax*, que también abunda en las orillas del Río Bravo (DGIOECE 2009).

10. Normatividad

En México existen actualmente algunos recursos bibliográficos donde se considera a *Tamarix ramosissima* como especie invasora, pero sin ningún carácter legal, como son:

CONABIO. 2016. Sistema de información sobre especies invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Considerada como especie de alto riesgo para México.

<http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/Plantas.pdf>

<http://www.biodiversidad.gob.mx/invasoras>

Considerada como especie invasora de alta prioridad para México

IMTA, Conabio, GECl, AridAmérica, The Nature Conservancy, 2007. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México. Jiutepec, Morelos.

<http://www.invasive.org/gist/products/library/mex-especies-invadoras.pdf>

González, A.I., Y. Barrios, G. Born-Schmidt & P. Koleff. 2014. El sistema de información sobre especies invasoras, en R. Mendoza & P. Koleff (coords.), Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 95-112.

Se presenta la normatividad nacional y posteriormente la internacional para esta especie de planta, *Tamarix ramosissima*.

a. Legislación Mexicana

No existe actualmente en México alguna ley que regule o controle la presencia de *Tamarix ramosissima*.

b. Legislación Internacional

Se hizo primeramente una búsqueda sobre los rangos de distribución y estatus de la planta, mismos que se presentan en los apartados respectivos.

Además de hacer las búsquedas normales en las páginas gubernamentales de cada país también se realizaron búsquedas en Google de diferentes maneras, manejando diferentes formas de búsqueda como por ejemplo: list of alien plants of Malasia, quarantine species of Malasia, list pest of Malasia, list weeds of Malasia, list invasive plants of Malasia.

Países que la consideran Introducida Invasiva

Argentina

Considerada como especie exótica invasora por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable y por el sistema nacional de información sobre especies Exóticas invasoras de Argentina.

Speziale, K. L., Ezcurra, C. (2011). Patterns of alien plant invasions in northwestern Patagonia, Argentina. *Journal of Arid Environments*. 75, 10: 890-897.

Inter American Biodiversity Information Network (IABIN) - Invasive Species Network (13N) (2014). Database of Invasive Species in Argentina.

<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/biodiversidad/exoticasinvasoras>

<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/biodiversidad/especiesinvasoras/proyecto/focalizaci%C3%B3n/tamarisco>

<http://www.inbiar.uns.edu.ar/>

<http://www.inbiar.uns.edu.ar/?p=NTkwcYRsMWBjBDFwlkVeFBcFVAFQABIdSB5cOzcyJGVhZw%3D%3D>

Australia

Se encuentra en el listado de malezas nocivas para Australia y territorios (Noxious weeds list for Australian States and Territories).

Considerada con los siguientes códigos: Weed - N - 1A - 2A - 4 – 5 por Australian Weeds Committee (2012). Noxious weeds list for Australian States and Territories. Randall, R.P. (2007). The Introduced Flora of Australia and its Weed Status.

Weed: Hay una referencia publicada a esta planta como maleza en algún lugar del mundo.

N: Esta planta ha sido naturalizada en algún lugar de Australia.

1: Esta planta se ha registrado como maleza del entorno natural.

2: Esta planta se ha registrado por escapar de cultivo.

4: Esta planta ha sido registrada como una mala hierba nociva (declarada). Esta es una categoría legal y puede tomar la forma de una prohibición de entrada, venta y movimiento, o de evaluar requisitos para erradicar o controlar.

5: Esta planta ha sido registrada como una especie invasora. Este es el criterio más serio que se puede aplicar a una planta y generalmente se usa para malas hierbas ambientales y/o agrícolas de alto impacto que se diseminan rápidamente y con frecuencia crean monocultivos.

A: La A mayúscula después de cualquiera de los numerales indica que esta especie ha cumplido con este criterio en Australia.

Se puede realizar un plan de manejo de la planta invasora para lo siguiente, teniendo en cuenta la amenaza potencial y qué tan prácticas sean las medidas de control:

1.- La eliminación o destrucción de una planta invasora de algún tipo en particular con el conocimiento actual, las técnicas y recursos.

2.- La contención de una planta invasora si la destrucción es poco práctica.

<http://www.legislation.act.gov.au/di/2015-59/default.asp>

<http://weeds.ala.org.au/docs/weednet6.pdf>

<http://www.hear.org/books/tifoaiws2007/pdfs/tifoaiws2007fulltext.pdf>

<http://weeds.ala.org.au/>

<http://www.legislation.act.gov.au/di/2015-59/current/pdf/2015-59.pdf>

<https://www.legislation.act.gov.au/View/a/2005-21/current/PDF/2005-21.PDF>

South Australia

Planta declarada mala hierba con categoría 3. Está regulada por la Ley de Manejo de Recursos Naturales de 2004 debido a su amenaza para la industria primaria, el medio ambiente natural y la seguridad pública. 175(2),177(1)(2) 182 (2), 185.

Medidas de control para propietarios:

Movimiento: algunas plantas declaradas como invasoras no se deben mover a una vía pública (por ejemplo, ramas, semillas o en maceta). El movimiento inadvertido de la planta por animales, en el suelo, vehículos, maquinaria o productos también puede ser considerado ilegal, por lo que debe haber precaución.

Venta: la mayoría de las plantas declaradas como invasoras no deben comerciarse en ningún punto de venta, incluidos viveros, tiendas de mascotas y puestos de mercado. La venta de cualquier animal, tierra, vehículo, maquinaria o producto contaminado con estas plantas es ilegal.

Notificación: la presencia y ubicación de algunas plantas declaradas en su propiedad deben ser informadas a la Unidad de Bioseguridad del grupo NRM o a su oficina regional de NRM, Centro de Recursos Naturales.

Como propietario, debe tomar medidas para destruir o controlar especies de plantas declaradas como invasoras presentes en su propiedad, independientemente de si ésta se utiliza como negocio, residencia o para otros fines.

Las autoridades de Centro de Recursos Naturales también controlan ciertas plantas declaradas en las reservas viales y pueden recuperar los costos de control con los propietarios adyacentes.

Para tener más información acerca de los químicos y cantidades utilizadas para el control de *Tamarix* en la siguiente liga:

[http://pir.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0020/232382/PIRSA Weed Control Handbook 2018.pdf](http://pir.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0020/232382/PIRSA_Weed_Control_Handbook_2018.pdf)

[http://pir.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0003/231924/Declaration of Animals and Plants - July 2017.pdf](http://pir.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0003/231924/Declaration_of_Animals_and_Plants_-_July_2017.pdf)

http://pir.sa.gov.au/biosecurity/weeds_and_pest_animals/weeds_in_sa

[http://pir.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0018/237330/PIRSA Declared Plants SA.pdf](http://pir.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0018/237330/PIRSA_Declared_Plants_SA.pdf)

[http://pir.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0003/242715/Plants banned from sale in SA list - July 2017.pdf](http://pir.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0003/242715/Plants_banned_from_sale_in_SA_list_-_July_2017.pdf)

Declarada como malezas de significancia nacional (WoNS). Se incluyen en la lista de plantas declaradas de Australia Meridional todas las malas hierbas de National Significant (WoNS). Las WoNS han sido identificadas como amenazas nacionales debido a su invasividad, impactos económicos y ambientales. Existen planes estratégicos nacionales para su manejo.

<http://www.environment.gov.au/biodiversity/invasive/weeds/weeds/lists/wons.html>

[http://www.environment.gov.au/cgi-](http://www.environment.gov.au/cgi-bin/biodiversity/invasive/weeds/weeddetails.pl?taxon_id=16018)

[bin/biodiversity/invasive/weeds/weeddetails.pl?taxon_id=16018](http://www.environment.gov.au/cgi-bin/biodiversity/invasive/weeds/weeddetails.pl?taxon_id=16018)

Victoria

Considerada como planta invasora. State of Victoria (Agriculture Victoria) 1996 - 2018.

Dentro de las medidas de gestión que están 'Prescritas' en virtud de la Ley Catchment and Land Protection (CaLP) de 1994, Reglamento de 2002 que usan para el control de plantas nocivas se encuentran la aplicación de un herbicida registrado, fumigación cortado, cultivo y remoción física. Para información más específica sobre estas medidas de control se pueden consultar las siguientes ligas:

http://vro.agriculture.vic.gov.au/dpi/vro/vrosite.nsf/pages/weeds_listing_s

http://vro.agriculture.vic.gov.au/dpi/vro/vrosite.nsf/pages/weeds_saltcedar

Canadá

Se encuentra en el listado List of available weed risk analysis documents prepared by the Canadian Food Inspection Agency (CFIA). Sin embargo, no tiene categoría y no está regulada.

<http://www.inspection.gc.ca/plants/plant-pests-invasive-species/invasive-plants/weed-risk-analysis-documents/eng/1427387489015/1427397156216>

Saskatchewan

Considerada en la categoría de invasiva y prohibida. Saskatchewan Invasive Species Council. Debido a que las malezas prohibidas se introdujeron recientemente y son raras o no se encuentran actualmente en Saskatchewan, no se han desarrollado aún las opciones de control en Canadá. De acuerdo con The Weed Control Act, los municipios requieren notificar al área de Cultivos e Irrigación sobre el descubrimiento de una hierba prohibida y en ese momento se investigará y aprobará una opción de control apropiada.

Es esencial que estas malas hierbas se descubran tan pronto como sea posible después de que ingresen a la provincia, se pongan en cuarentena al encontrarlas, y se busque erradicarlas utilizando los medios más efectivos posibles, para evitar que se establezcan.

Formas de prevención y erradicación:

Tamarix es una planta extremadamente difícil de controlar y casi imposible de erradicar por completo. Se puede usar una combinación de los siguientes pasos para el control de esta planta invasora:

- 1.- Eliminación mecánica de plantas pequeñas desde la raíz; arar y quemar.
- 2.- Dar tratamientos con herbicidas de glifosato en el rebrote de plantas.

Los métodos mecánicos de cortar, encadenar, rasgar y usar excavadoras se ha encontrado que han fracasado debido a que las plantas vuelven a crecer vigorosamente.

Por otra parte, el glifosato se debe aplicar a finales de la primavera y a principios del otoño, en especial cuando la humedad es adecuada para que la planta crezca bien.

Los métodos de control biológico están siendo actualmente probados, pero no se han utilizado para controlar masivamente a las plantas.

http://www.saskinvasives.ca/index.php?id=14#Terrestrial_Plants

[http://www.saskinvasives.ca/ckfinder/userfiles/files/Salt%20cedar\(1\).pdf](http://www.saskinvasives.ca/ckfinder/userfiles/files/Salt%20cedar(1).pdf)

<https://sarm.ca/+pub/File/Invasive%20Plant%20Control%20Program/2017-18/2017-18%20IPCP%20Schedule%20A-FINAL%20May%202017.pdf>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#sk>

[http://www.saskinvasives.ca/file/Salt%20Cedar%20Fact%20Sheet\[1\].pdf](http://www.saskinvasives.ca/file/Salt%20Cedar%20Fact%20Sheet[1].pdf)

Alberta

Se encuentra en el listado de malezas nocivas prohibidas, donde se incluyen las especies que no están establecidas en Alberta, pero que han demostrado efectos perjudiciales en otras provincias o estados. El objetivo de identificarlas es evitar que se establezcan en la provincia.

Formas de control:

1. Pastoreo: el ganado y las cabras comerán *Tamarix* pero el pisoteo del ganado en las áreas ribereñas podría ser perjudicial. Las cabras requerirían pastoreo para proteger a las especies nativas. Por otro lado, las plantas invasoras nunca deberán ser consideradas como forraje. Cultivo. El arado de raíces se ha utilizado en el desierto de EUA, en zonas de grandes densidades.

2. Mecánico. Cortar la planta solamente no es efectivo, ya que *Tamarix* rebrota vigorosamente. El método más empleado es después del corte en tocones, se aplica el herbicida, teniendo los mejores resultados cuando la aplicación se hace en otoño. La extracción manual de plantas nuevas y jóvenes puede ser efectiva. Por otra parte, la quema se ha usado en los EUA y los rebrotes se tratan con herbicida.

3.- Químico. El Triclopyr e imazapyr han sido utilizados para tratamientos en tocón cortado; imazapyr y / o glifosato, para aplicaciones foliares. Picloram se ha usado en bases de árboles. Las aplicaciones de herbicida en áreas ribereñas requieren certificación y las personas que los aplican deben cumplir con los Códigos provinciales de práctica.

4.- Biológico. El escarabajo de la hoja de Tamarisk (*Diorhabda elongata*) es un defoliador que ha sido usado en los EUA desde 2001 y está comenzando tener un impacto sustancial.

http://www.qp.alberta.ca/1266.cfm?page=2010_019.cfm&leg_type=Regs&isbncln=9780779748150

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#ab>

<http://invasivespeciesmanitoba.com/site/uploads/pdf/ISCM%20Fact%20Sheets/AB%20SaltCedar.pdf>

Estados Unidos de Norteamérica (EUA)

Tamarix ramossissima está en la lista del gobierno federal de los Estados Unidos o de algún estado, NRCS Invasive Species Policy e Invasive Species Executive Order 13112.

<i>Estados Unidos de Norte America</i>	<i>Hierba Nociva</i>
Colorado	Listado B (hierba nociva)
Montana	Categoría 2 hierba nociva
Nebraska	Hierba nociva
Nevada	Hierba nociva
Nuevo Mexico	Clase C hierba nociva
North Dakota	Hierba nociva
Oregon	"B" Designado como hierba, cuarentena
South Dakota	Hierba nociva
Texas	Planta nociva
Washington	Clase B hierba nociva, Semilla de malezas nocivas y cuarentena de plantas
Wyoming	Hierba nociva

<https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=TARA>

También está regulada por los estados de California, Carolina del Sur, Idaho, Kansas, Utah.

California

Categoría B. Regulada por el Departamento de Alimentos y Agricultura de California. Invasive Plant Council. Cal-IPC. 2006. California Invasive Plant Inventory. Cal-IPC Publication 2006-02. California Invasive Plant Council: Berkeley, CA.

Regulada en la Section 4500, Noxious Weed Species - Establece 22 especies de malezas. Todas estas especies se han incluido en la Lista de malezas nocivas de California después de realizar los análisis de riesgo de plagas, con lo que se ha respaldado su incorporación.

Se ha determinado que *Tamarix* es una mala hierba nociva, de acuerdo a lo establecido en la Sección 5004 del Código de Alimentos y Agricultura.

3 CCR § 4500. Cal. Admin. Code tit. 3, § 4500. Barclays Official California Code of Regulations. Title 3. Food and Agriculture Division 4. Plant Industry. Chapter 6. Weed Free Areas And Weed Eradication Areas. Subchapter 6. Noxious Weed Species. This database is current through 8/7/09, Register 2009, No. 32:

Categoría B. Es una plaga que se sabe produce detrimento económico o ambiental, y si está presente en California, tiene una distribución limitada. Las plagas con clasificación B son elegibles para ingresar al estado, si el condado receptor ha acordado aceptarlas. Si se encuentran en el estado, están sujetas a acciones de erradicación solo con el fin de contenerlas. A discreción del comisionado agrícola del condado individual, están sujetas a erradicación, contención, supresión, control u otro tipo de acción.

<http://ucanr.edu/sites/plantpest/files/63514.pdf>

https://www.cdfa.ca.gov/plant/regs_nws.html

<https://www.cdfa.ca.gov/plant/docs/4500Text04012015.pdf>

https://www.cdfa.ca.gov/plant/ipc/encycloweedia/weedinfo/winfo_table-sciname.html

https://www.cdfa.ca.gov/plant/PPD/PDF/2010_CA_Noxious_Weed_Disseminules_Identification_Manual.pdf

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#ca>

Carolina del Sur

Catalogada como amenaza emergente por South Carolina Exotic Pest Plant Council Terrestrial Exotic Invasive Species List 2014.

Catalogada como amenaza de gravedad por el South Carolina Exotic Pest Plant Council
Severity of Threat: Observación B: especies de plantas exóticas que se sabe que representan una amenaza grave para las áreas naturales en estados adyacentes o en el sureste, pero que actualmente no están registradas para Carolina del Sur. Estas especies también están en la lista de detección temprana y respuesta rápida (EDRR).

Considerada como planta invasora que debe ser evitada u objeto de erradicación en los bosques costeros de Carolina del Sur (Whitaker *et al.* 2009).

Whitaker, D.J., J.W. Mccord, B. Pulley, & E.H. Mullins. 2009. Best Management Practices for Wildlife in Maritime Forest Developments. South Carolina Department of Natural Resources.

https://www.se-eppc.org/southcarolina/SCEPPC_LIST2014finalOct.pdf

http://www.se-eppc.org/southcarolina/SCEPPC_LIST_offical_2008.xls

<http://www.dnr.sc.gov/marine/pub/BMPSforCoastWeb.pdf>

<https://www.se-eppc.org/southcarolina/>

<https://www.se-eppc.org/southcarolina/scinvasives.pdf>

Colorado

Categoría B. Regulada por Colorado Noxious Weeds. Plant Industry Division. 2017. Reglas relativas a la administración y ejecución de leyes de Colorado Noxious Weed Act. Colorado Department of Agriculture.

Lista B: Se requiere que sea erradicada, controlada o suprimida, dependiendo de las infestaciones locales.

Dentro de las recomendaciones integradas para la gestión de malas hierbas se encuentran las culturales, biológicas, mecánicas y químicas.

Cultural. Después de que se maneja una infestación de pino salado, la revegetación es necesaria para proteger el suelo y reducir la amenaza de reinvasión. Las hierbas sembradas, las estacas de sauce y el álamo de Virginia pueden reducir las posibilidades de que los árboles de *Tamarix* crezcan nuevamente en los sitios tratados.

Biológico. Las larvas y los adultos del escarabajo de la hoja del *Tamarix* (*Diorhabda elongata*) se alimentan del follaje, lo que causa la muerte regresiva del tallo y la muerte potencial de la planta si la defoliación es consistente. El escarabajo de la hoja debe estar disponible para una distribución limitada. Para su uso como control biológico se debe hacer en coordinación con el Departamento de Agricultura de Colorado.

Mecánico. Se puede usar excavadora o fuego prescrito para abrir grandes rodales de madera de pino salado. Estos métodos deben ser seguidos con un tratamiento de los rebrotes con herbicida, cuando miden de 1 a 2 m de altura. Las motosierras o tijeras para plantas más pequeñas son efectivas en los tratamientos de corte y cuando se deja un muñón, cuando hay infestaciones pequeñas o en áreas de manejo ambientalmente sensibles.

Herbicidas. Los herbicidas como el Triclopyr; Glyphosate son los que principalmente se pueden aplicar en praderas y pastizales.

Para mayor detalle sobre las medidas de control se pueden consultar las siguientes ligas:

<https://www.colorado.gov/pacific/sites/default/files/NoxiousWeedList.pdf>

<https://www.colorado.gov/pacific/agconservation/saltcedar-tamarisk>

https://drive.google.com/file/d/1qMxP9ogp7Z_Q_bnCSIF6wyKdkIELKOCO/view

<https://www.colorado.gov/pacific/agconservation/tamarisk-biocontrol>

<https://www.colorado.gov/pacific/agconservation/noxious-weed-species#c>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#co>

Dakota del Norte

Considerada dentro del listado: State Noxious Weed List. Article 7-06

Noxious Weeds, Chapter 7-06-01: Section 7-06-01-02 N. 7-06-01-02. Noxious weeds listed.

General provisions North Dakota Department of Agriculture.

La Ley de Dakota del Norte (NDCC § 4.1-47-02) requiere que cada persona haga todo lo necesario y apropiado para controlar la propagación de malezas nocivas. El Departamento de Agricultura de Dakota del Norte coordina los esfuerzos de las juntas de malas hierbas del condado y la ciudad y los administradores de tierras estatales y federales, para implementar

programas integrados de manejo de malezas. North Dakota Noxious Weeds. Family and Life Cycle of Weeds for PLSC 323.

Formas de prevención y erradicación:

La prevención es el mejor método para evitar que *Tamarix* invada los humedales de Dakota del Norte y tierras silvestres. Por otra parte, la exploración a lo largo de las trayectorias de agua y la remoción de plantaciones ornamentales también han sido eficaces para reducir la propagación de *Tamarix* en Dakota del Norte.

Químicos: Arsenal (imazapyr) es el herbicida más ampliamente utilizado para controlar el *Tamarix*. Arsenal también se puede aplicar con glifosato con una formulación etiquetada para uso en agua. Después de aplicar el herbicida, no quitar la parte superior de crecimiento durante tres años, de lo contrario el rebrote puede ocurrir.

Garlon (triclopyr) también ha sido efectivo cuando se aplica en la primavera o al final del otoño.

Cultural: no se ha tenido éxito con métodos de control tales como quemar o usar excavadoras.

Biológico. El escarabajo de la hoja *Diorhabda carinulata* deshoja las hojas de *Tamarix*. Este insecto se alimenta de las hojas y lentamente reduce el vigor de la planta. Sin embargo, no ha sido consistentemente exitoso en la reducción de las invasiones de *Tamarix*. Este insecto no ha sido liberado en Dakota del Norte debido al pequeño tamaño de las plantas y el bajo nivel de invasión en el estado.

https://www.ag.ndsu.edu/plantsciences/undergraduate/courses/docs323/Weed_ID_list.pdf

<https://www.nd.gov/ndda/plant-industries/noxious-weeds>

<https://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/weeds/w1411-21.pdf>

<https://www.nd.gov/ndda/plant-industries/noxious-weeds/saltcedar>

<https://www.legis.nd.gov/information/acdata/pdf/7-06-01.pdf>

<https://www.legis.nd.gov/cencode/t04-1c47.pdf>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#nd>

Dakota del Sur

Considerada en el listado de malas hierbas y plagas nocivas del estado de Dakota del Sur (South Dakota Noxious Weeds, State Noxious Weeds). South Dakota Code. 2017. South Dakota weed and pest control, Chapter 38-22, Article 12:62. State of South Dakota.

<https://sdda.sd.gov/ag-services/weed-and-pest-control/weed-pest-control/sd-state-noxious-weed-declared-pest-list-and-distribution-maps/default.aspx>
<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#sd>

Idaho

Considerada como especie dañina por la Ley Estatal de Idaho. Catalogada dentro de la lista de contención estatal (Statewide Containment List). Contención- Concentración de malezas donde el control y / o la erradicación pueden ser posibles.

Como medida de control se utiliza principalmente el herbicida Triclopyr. Para mayor detalle sobre este tipo de control ver la primera liga.

<https://invasivespecies.idaho.gov/noxious-weed-program/>
<https://static1.squarespace.com/static/564b8c9ae4b0459b2b8187a3/t/590765046a4963cec48e817d/1493656838135/Saltcedar.pdf>
<http://invasivespecies.idaho.gov/terrestrial-plants>
<http://invasivespecies.idaho.gov/control-strategies/>
<https://www.cals.uidaho.edu/edcomm/pdf/BUL/BUL0865.pdf>
<https://legislature.idaho.gov/statutesrules/idstat/Title22/T22CH19/>
<https://adminrules.idaho.gov/rules/2010/02/0622.pdf>
<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#id>

Kansas

Considerada como especie en cuarentena *Tamarix* (Salt Cedar). Saltcedar o tamarisk (*Tamarix* spp.) fue puesta en cuarentena por el Departamento de Agricultura de Kansas en 2004, actualmente ha desplazado aproximadamente 1.6 millones de acres (648,000 ha) de vegetación nativa en el oeste de los Estados Unidos. *Tamarix* es un arbusto ribereño invasor

de Eurasia y se vendió originalmente como planta ornamental o se plantó para la estabilización de los arroyos.

El Departamento de Agricultura, de conformidad con lo autorizado por KS.A. 2-2117, determina que la acción de cuarentena es necesaria para evitar la introducción y expansión de *Tamarix* spp. en el estado de Kansas. Secretary of the Kansas Department of Agriculture. En el manejo de malezas nocivas, se debe tener en cuenta la forma de eliminarlas de la manera más rápida y económica posible. Se debe tener cuidado de considerar el suelo, el agua y las plantas deseables, así como las propiedades contiguas a las áreas. Deben desarrollarse planes para implementar técnicas integradas de manejo de malezas que sean apropiadas para cada sitio, y considerar las plantas que se quieren eliminar así como las que se quieren proteger. El manejo integrado de malezas nocivas se lleva a cabo mediante control biológico, mecánico, químico y cultural; para mayor detalle consultar las ligas siguientes:

<http://agriculture.ks.gov/divisions-programs/plant-protect-weed-control/noxious-weed-control-program>

<http://agriculture.ks.gov/docs/default-source/statutes-ppwc/quarantinetamarix.pdf?sfvrsn=2>

<http://agriculture.ks.gov/divisions-programs/plant-protect-weed-control>

http://agriculture.ks.gov/docs/default-source/dwr-water-appropriation-documents/gmd3_preliminary_draft_program_081117f.pdf

Montana

Catalogada como Priority Class 4.- Las especies tienen el potencial de propagarse, pero existen estrategias de manejo disponibles para estas especies. Aquatic Nuisance Species (ANS) Management Plan. Flathead Basin Commission. Montana. Montana Fish, Wildlife and Parks.

Considerada como Prioridad 2b: estas malas hierbas son abundantes en Montana y están extendidas en muchos países. Los criterios de manejo requerirán erradicación o contención

donde sean menos abundantes. El manejo debe ser priorizado por los distritos locales de control de malezas.

Se han investigado varios métodos para controlar el pino salado como el uso de químicos, biológicos y mecánicos. En muchos casos, solo se obtendrá la eliminación temporal del crecimiento de la planta, a menos que se destruya toda la corona de la raíz subsuperficial. Las coronas radicales restantes vuelven a crecer vigorosamente y requerirá retratamiento. Además, otras plantas invasoras, como la lengua de perro, el cardo de Canadá y la capa blanca, a menudo invaden un sitio que sigue el control del pino salado. Por esa razón, el monitoreo de seguimiento para controlar otras especies invasoras y / o reinvasión del pino salado es crítico. Dependiendo del sitio y el grado de infestación, puede ser necesaria la revegetación con una vegetación conveniente y apropiada, especialmente arbustos ribereños y árboles como sauces y álamos. Para más detalle sobre el manejo y control en la siguiente liga:

[http://msuinvasiveplants.org/documents/mt_noxious_weeds/Saltcedar MT199710AG FINAL%202017%20REVISION.pdf](http://msuinvasiveplants.org/documents/mt_noxious_weeds/Saltcedar_MT199710AG_FINAL%202017%20REVISION.pdf)

<https://www.mtweed.org/weeds/weed-id/>

https://www.mtweed.org/weed_id/saltcedar/

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#mt>

http://flatheadbasincommission.org/chd_bcdc10/files/MTansPlan101602.pdf

https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_PLANTMATERIALS/publications/mtpmctn13113.pdf

<https://plants.usda.gov/java/noxious?rptType=State&statefips=30>

Nebraska

De conformidad con el Weed Control Act, section 2-955, subsection 1(a), toda persona que posea o maneje tierras en Nebraska deberá controlar con frecuencia las malas hierbas nocivas que crezcan en dichas tierras, con el fin de evitar su establecimiento. El objetivo es realizar la erradicación o reducir la propagación y la diseminación de tales malezas.

Nebraska Noxious Weeds. Bureau of Plant Industry. 1989. Noxious weed regulations. Nebraska Department of Agriculture.

Tamarix se puede manejar a través de una combinación de métodos mecánicos, de control biológico y químico, así como culturales. Los programas de manejo más eficaces integran varios métodos. Las áreas infestadas deben ser identificadas y mapeadas. Los tratamientos deben comenzar en fases iniciales, preferiblemente antes de que la hierba pueda llegar a tener una gran densidad. Una vez que los tratamientos han sido iniciados, los manejadores de tierras deben actuar rápidamente y verificar las áreas tratadas durante varios meses para monitorear el rebrote de la planta o el nuevo desarrollo de plántulas. Para más detalle sobre los métodos de control ver la primera liga:

<http://www.neweed.org/NeWeeds/saltcedar.pdf>

http://www.nda.nebraska.gov/plant/noxious_weeds/index.html

<http://www.neweed.org/Weeds.aspx>

<http://www.neweed.org/NeWeeds/saltcedar.pdf>

http://www.nda.nebraska.gov/plant/noxious_weeds/pdf/saltcedar.pdf

http://www.nda.nebraska.gov/plant/noxious_weeds/regulations.html

http://www.nda.nebraska.gov/plant/noxious_weeds/biological_control.html

<http://www.neweed.org/NeWeeds/saltcedar.pdf>

Nevada

Designada como maleza nociva NAC555.010 (NRS 555.130). Chapter 555 - control of insects, pests and noxious weeds. Nevada Legislature.

Catalogada como categoría C. Nevada Noxious Weed List By Category (NAC 555.010). Malezas generalmente establecidas y con amplia distribución en muchos de los condados del estado. Tales malezas están sujetas a: (a) Erradicación activa desde las instalaciones de un distribuidor de viveros. Noxious Weeds Categories. Department of Agriculture of Nevada.

NAC555.010 Designation and categorization of noxious weeds. (NRS 555.130)

Manejo y control:

- 1.- Se puede cortar, excavar o quemar, pero se debe combinar con una aplicación química para ser efectiva.
- 2.- Se puede usar el control biológico por medio de insectos.
- 3.- Se puede aplicar el herbicida imazapyr al follaje en crecimiento activo durante la floración; triclopyr, glifosato o imazapir como un tratamiento de corte de tocón o corteza basal.

[http://agri.nv.gov/Plant/Noxious_Weeds/WeedList/Saltcedar_\(Tamarix_spp_\)/](http://agri.nv.gov/Plant/Noxious_Weeds/WeedList/Saltcedar_(Tamarix_spp_)/)

http://agri.nv.gov/Plant/Noxious_Weeds/Noxious_Weed_List/

http://agri.nv.gov/uploadedFiles/agrinvgov/Content/Plant/Noxious_Weeds/Documents/NVNoxiousWeedList_by%20category_2012.pdf

<https://www.leg.state.nv.us/NAC/NAC-555.html#NAC555Sec010>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#nv>

<https://www.leg.state.nv.us/NRS/NRS-555.html#NRS555Sec130>

Nuevo Mexico

Catalogada como especie clase C. Las especies de clase C están muy diseminadas en el estado. Las decisiones de manejo para estas especies se deben determinar a nivel local, según la viabilidad del control y el nivel de infestación. New Mexico Noxious Weed List. New Mexico Department of Agriculture.

Lo que se debe y no se debe hacer en el manejo de *Tamarix* es:

- 1.- La eliminación física solo es efectiva si la raíz es eliminada.
- 2.- Los herbicidas son efectivos, pero el tejido sobre el suelo debe ser eliminado después del tratamiento.
- 3.- Los métodos de tratamiento de árboles individuales deberían utilizarse en rodales de baja densidad.
- 4.- La vegetación nativa establecida puede competir con las plántulas *Tamarix*.

<http://www.nmda.nmsu.edu/wp-content/uploads/2016/11/Weed-List-memo-and-weed-list-2016.pdf>

http://www.nmda.nmsu.edu/wp-content/uploads/2012/04/troublesome_weeds_nm.pdf

<http://www.nmda.nmsu.edu/apr/noxious-weed-information/>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#nm>

Oregon

Considerada en la categoría B y T del listado de malezas (dirigida a Biocontrol): Una hierba de importancia económica que es regionalmente abundante, pero que puede tener distribución limitada en algunos condados (Tabla II). Acción recomendada: Limitado a un control intensivo a nivel estatal, regional o del condado según lo determinado en un sitio específico, caso por caso. Cuando la implementación de un plan de manejo estatal completamente integrado no sea factible, el control biológico será el método de control primario, cuando esté disponible. Oregon Department of Agriculture Noxious Weed Policy and Classification System 2017.

The Oregon Department of Agriculture Noxious Weed Control Program.

Control biológico. El escarabajo de la hoja del pino salado *Diorhabda elongata* está bien establecido como control biológico en el este de Oregon, causando la defoliación completa de todas las plantas en sitios específicos.

<http://www.oregon.gov/oda/shared/Documents/Publications/Weeds/SaltcedarProfile.pdf>

<http://www.oregon.gov/ODA/shared/Documents/Publications/Weeds/NoxiousWeedPolicyClassification.pdf>

https://www.blm.gov/or/energy/opportunity/files/final/ORGRSG_AppendixU-InvasivePlantSpecies_and_NoxiousWeeds_508.pdf

<http://www.oregon.gov/oda/programs/weeds/oregonnoxiousweeds/pages/aboutoregonweeds.aspx>

<http://www.oregon.gov/oda/shared/Documents/Publications/Weeds/SaltcedarProfile.pdf>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html>

Texas

Considerada como planta exótica, dañina o potencialmente dañina. Ninguna persona puede importar, poseer, vender o colocar en el agua de este estado a esta especie, excepto según

lo autorizado por la regla o el permiso emitido por el departamento. Considerada en el listado de plantas nocivas Texas Administrative Code. 2005. Quarantines and noxious plants, Chapter 19 (24 May 2006). State of Texas.

El manejo del pino salado requiere tener un compromiso a largo plazo para mantener niveles bajos de la planta y prevenir la reinfestación. Se han utilizado una variedad de métodos en el manejo del bosque del pino salado, incluidos los mecánicos, químicos y biológicos. Se ha demostrado que los métodos de gestión mecánica no tienen éxito debido a la capacidad de las plantas para volver a crecer a partir de brotes o raíces solos. Sin embargo, los estudios en Nuevo México que usan pesticidas como imazapyr o imazapyr + glyphosate con rociador aéreo han demostrado ser efectivos. En California, los árboles de pino salado se han erradicado cortando el tocón cerca del suelo y esparciendo herbicida sobre él. El manejo más efectivo probablemente involucre una combinación de estos métodos.

El uso de químicos o biológicos siempre debe ser en concordancia con el Departamento de Agricultura.

<http://www.texasnonnatives.org/Texasnonnatives-LISTS.htm>

https://www.texasinvasives.org/plant_database/detail.php?symbol=TARA

https://www.texasinvasives.org/plant_database/coa_results.php?offset=12

Utah

Considerada en la lista de malas hierbas nocivas de Utah, categoría C. Las malezas de clase C se encuentran extensamente en el estado y se cree que están fuera de control. En general, los esfuerzos del estado deberían dirigirse hacia la contención de las infestaciones más pequeñas. Utah Noxious Weeds. Utah Department of Agriculture. 2003. Utah noxious weed act. Utah Department of Agriculture.

Clase C: (Contención) Son las malezas nocivas declaradas, no nativas del estado de Utah, que están ampliamente diseminadas, y que suponen una amenaza para la industria agrícola y los productos agrícolas. El enfoque de manejo es detener su expansión. R68. Agriculture

and Food, Plant Industry. R68-9. Utah Noxious Weed Act. R68-9-1. Authority. Promulgated under authority of 4-2-2 and 4-17-3.

La primera línea de defensa contra las malezas nocivas agresivas es prevenir, preservar y proteger las tierras que no están infestadas todavía. La prevención requiere que los manejadores de la tierra y el público en general, tomen conciencia y actúen para reconocer, informar y controlar nuevas infestaciones antes de que puedan expandirse y extenderse.

<http://www.utahweed.org/weeds.htm>

http://www.utahweed.org/PDF/weed_act.pdf

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#ut>

http://www.utahweed.org/weed_salt.htm

Washington

Considerada como hierba nociva clase B, que son especies no nativas actualmente limitadas a partes del Estado. Las especies se designan para el control en regiones donde aún no están extendidas. La prevención de nuevas infestaciones en estas áreas es una alta prioridad. En regiones donde una especie de Clase B ya es abundante el control se decide a nivel local, con la contención como el objetivo principal. WA Quarantine list, WAC 16-752.

Washington Noxious Weeds. Washington Administrative Code. 2017. State noxious weed list and schedule of monetary penalties, Chapter 16-750. State of Washington.

Maleza nociva de Clase B regulada. Los dueños de propiedades en King County deben controlar esta planta si ocurre en su propiedad. Esta especie de Saltcedar también está en la lista de cuarentena de Washington (conocida como la lista de plantas prohibidas) y está prohibido transportar, comprar, vender, ofrecer a la venta, o distribuir plantas o partes de plantas, semillas en paquetes o mezclas de esta especie, en o dentro del estado de Washington.

https://www.nwcb.wa.gov/pdfs/2017-State-Weed-List_Common_Name-8.5x11.pdf

<https://www.nwcb.wa.gov/weeds/saltcedar>

https://agr.wa.gov/PlantsInsects/PlantQuarantines/PlantQuarantines.aspx#NOXIOUS_WEED_SEED_AND_PLANT_QUARANTINE

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html>

<http://www.kingcounty.gov/services/environment/animals-and-plants/noxious-weeds/weed-identification/saltcedar.aspx>

http://www.kingcounty.gov/services/environment/animals-and-plants/noxious-weeds/laws/list.aspx#class_b

Wyoming

Se encuentra en el listado de Especies de malezas nocivas e invasoras de Wy. Wyoming Weed and Pest Council. 2012. "Wyoming Weed & Pest Control Act Designated List".

El consejo de Weed and Pest de Wyoming adoptó el Manejo Integrado de Plagas (IPM) como su enfoque para el control nocivo de malezas. IPM se refiere al uso de múltiples métodos para el control de malezas. Los métodos incluyen control químico usando herbicidas, control biológico utilizando plagas de plantas y prácticas culturales como labranza o siega. Para áreas infestadas de malezas nocivas establecidas, la utilización de estrategias de control múltiple generalmente producen un buen resultado. El Consejo, así como los distritos individuales, se esfuerzan por mantenerse a la vanguardia en el manejo de la vegetación con el fin de combatir las amenazas existentes y nuevas. Las asociaciones entre el Departamento de Agricultura de Wyoming y la Universidad de Wyoming ayudan a mantener actualizadas tanto la información como la metodología. La detección temprana y la respuesta rápida (EDRR) son un aspecto clave para mitigar los problemas emergentes de malezas.

<http://www.wyoweed.org/weeds/control-of-noxious-weeds>

<http://www.wyoweed.org/weeds>

https://www.blm.gov/sites/blm.gov/files/documents/files/nv_rubypipeline_App_C_Noxious_Invasive_Weeds_Lists.pdf

https://www.blm.gov/ca/pdfs/cdd_pdfs/attnexgen/Appendix-E_opt.pdf

<http://www.tcweed.org/weed-pests-programs/noxious-weeds/weed-id/>

http://www.wyoweed.org/images/Designated_List.pdf

<http://www.wyoweed.org/weeds/state-designated-weeds>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#wy>

Sudáfrica

Considerada como invasiva, se encuentra dentro del listado: Alien Invasive Plants List For South Africa categoría 1b.

Última actualización: 2017-07-26 con la última clasificación del NEMBA en concordancia con National Environmental Management: Biodiversity Act, 2004 (Act No. 10 Of 2004) Alien and Invasive Species Lists, 2016.

Categoría 1b (Prohibida/ excepto si está en posesión o bajo control): Especies invasoras.

La persona que tenga una especie con Categoría 1b del listado de Especies invasoras debe controlar las especies de acuerdo con las secciones 75 (1), (2) y (3) de la Ley. Una persona contemplada en la sub-regulación (2) debe permitir que un funcionario autorizado del Departamento ingrese a su terreno para monitorear, asistir o implementar el control de las especies invasoras enumeradas, o el cumplimiento del Programa de Manejo de Especies Invasoras contemplado en la sección 75 (4) de la Ley.

Henderson, L. (2013). SAPIA Database. National Environmental Management: Biodiversity Act, (NEMBA) (2014). Government Gazette, 12 February 2014. 584, No. 37320:

Spear, D., McGeoch, M.A., Foxcroft, L.C. & Bezuidenhout, H., (2011). Alien Species in South Africa's National Parks. *Koedoe*. 53, 1.

Henderson, L., Wilson, J.R.U. (2017). Changes in the composition and distribution of alien plants in South Africa: an update from the Southern African Plant Invaders Atlas (SAPIA). *Bothalia: African Biodiversity and Conservation*. 47, 2: a2142.

<https://www.environment.co.za/weeds-invaders-alien-vegetation/alien-invasive-plants-list-for-south-africa.html>

https://www.environment.co.za/wp-content/uploads/2017/03/nemba10of2004_alienandinvasive_specieslists2016.pdf

<http://www.capetowninvasives.org.za/news/2014/02/nemba-invasive-alien-species-regulations-list-published-public-comment>

<http://www.invasives.org.za/legislation/itemlist/category/35-invasive-plants>

<http://www.invasives.org.za/legislation/declaration-of-invasive-species>

<http://invasives.org.za/legislation/what-does-the-law-say#control-guidelines>

Israel

Considerada como planta potencialmente invasiva en Israel.

Dufour-Dror J.M., Fragman-Sapir O., Yaacoby T., Walczak M., Avishai M., Kagan S., Vered Lashner H., Galon I., Heller A. & Gotlieb, A. (2013) Israel's Least Wanted Alien Ornamental Plant Species. Israel Ministry of Environmental Protection, Nature & Parks Authority, Ministry of Agriculture, The Hebrew University Botanical Gardens, 20p.

http://www.sviva.gov.il/English/env_topics/biodiversity/Documents/InvasiveSpecies-July2013.pdf

11. Información para el Análisis de riesgo de *T. ramosissima*:

A continuación, se presenta la justificación y las referencias consideradas para cada pregunta dentro del análisis de riesgo WRA (Weed Risk Assessment; Pheloung *et al.* 1995; 1999) para *Tamarix ramosissima* (ver Apéndice 1):

Historia/Biogeografía

1. Domesticación/Cultivo

1.01. ¿La especie está altamente domesticada?

R= Sí. *Tamarix ramosissima* se planta principalmente para fijar suelos salinos y arenosos, y como una planta ornamental en su rango nativo. Se propaga fácilmente por retoños y esquejes, producen fácilmente raíces adventicias en presencia de humedad (Shishkin 1949). De esta manera es que se ha comercializado.

1.02. ¿Se ha vuelto la especie naturalizada donde crece?

R= Sí. Se le considera como una maleza, naturalizada, invasora (Randall 2012). Se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una malezas nociva (USDA-NRCS 2012). Se encuentra naturalizada en México y en varios países (ver apartado Estatus).

1.03. ¿Tiene la especie razas de maleza?

R= No. No hay información sobre razas de *T. ramosissima*.

2. Clima y Distribución

2.01. Especie adecuada a climas en México

R= Alta. De acuerdo a la modelación y al análisis de similitud climática realizados se puede ver una alta adecuación a los climas de México (Apéndice 3, tabla 1 y Mapas de climas para *T. ramosissima*)

2.02. Calidad de la similitud climática

R= Alta. Se conoce bien el rango de distribución natural e introducido de *T. ramosissima*, y presenta una alta coincidencia con el clima similar de México.

2.03. Idoneidad del clima amplia (versatilidad ambiental)

R= Sí. *T. ramosissima* ha colonizado e invadido una amplia gama de hábitats, tolerando rangos extremos de condiciones ambientales (Brotherson & Winkel 1986). Sus plántulas pueden crecer en sedimentos finos, grietas en el lecho de la roca, a elevaciones desde el nivel del mar hasta 2,000 msnm (Stevens 1987). En su rango nativo crece en estepas arenosas y arcillosas solonctónicas, montañas calcáreas, suelos solonetz y solonchaks (suelos salinos) (Shishkin 1949). En su rango nativo, *Tamarix* crece desde el nivel del mar hasta los 1,200-2,100 msnm y ocasionalmente a 2,800 msnm, en regiones templadas y subtropicales, en desiertos arenosos y salados, estepas, costas arenosas y a lo largo de ríos, montañas (Shishkin 1949, Asef 2013, Arianmanesh *et al.* 2015). En EUA *T. ramosissima* crece en suelos ricos en materia orgánica, limosas, limo-arcillosos, suelos aluviales y arenosos (Brotherson & Winkel 1986, Holland 1987). Crece en zonas desérticas, áridas y semiáridas, así como en zonas tropicales (Sinaloa, Veracruz). *T. ramosissima* sobrevive a inundaciones de 3 años en aguas frías y bien oxigenadas, tolera altos niveles de desecación de hasta menos de 30 bares (Stevens 1987). Por otro lado, analizando los registros que obtuvimos de su área nativa y sobreponiéndolos al mapa de climas del mundo (World Maps of Köppen-Geiger Climate Classification; <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/>), a *T. ramosissima* se le encuentra en climas del tipo árido cálido, árido frío, semiárido frío, hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío), subpolar sin estación seca (verano suave, invierno muy frío), continental sin estación seca, mediterráneo con verano cálido, subpolar oceánico con verano seco, y clima de tundra (con temperaturas bajo 0 °C); de acuerdo a los registros del área invadida, se denotan climas del tipo árido cálido, árido frío, semiárido cálido, semiárido frío, tropical seco o de sabana, mediterráneo con verano cálido, templado con invierno seco, oceánico con verano suave, subtropical sin estación seca, hemiboreal sin estación seca, y subpolar sin estación seca (invierno muy frío) (Tabla 1, en Apéndice 3). Es decir, que la especie tiene una gran versatilidad ambiental.

2.04. Nativa o naturalizada en regiones con periodos de sequía prolongados

R= Sí. En el área nativa de *T. ramosissima* se distribuye en el desierto Taklamakan en Xinjiang, China con condiciones de sequías prologadas. *T. ramosissima* forma rodales en esta área donde el promedio anual de precipitación es menor de 50 mm; esta acumulación de plantas de *Tamarix* es posible gracias al acceso que tienen al agua subterránea, ubicada entre 3 y 10 m de profundidad; pueden llegar con sus raíces (son freatofitas), lo que hace que estos sitios sean tan productivos como aquellos con tipos de vegetación de climas mésicos (Gries *et al.* 2003). En el río Tarim, China, *T. ramosissima* es una especie muy resistente al estrés hídrico, que usualmente se acompaña de estrés salino (Ruan *et al.* 2009). En la actualidad, se presenta invadiendo áreas de desiertos de Norteamérica y México donde hay sequías prolongadas. El Desierto de Sonora, abarca la mitad del sur de Arizona, el sudeste de California, y la mayor parte de Sonora y Baja California, donde la precipitación anual de desierto es 76 a 500 mm (NPS 2018). Al usar agua subterránea, en caso de que el agua disminuya en un sitio, *Tamarix* puede cambiar rápidamente sus fuentes de agua, a través de sus raíces. Además, este es un género que contiene plantas halófitas y xerófitas, por lo que soportan suelos salinos y condiciones de sequía (Brotherson & Winkel 1986, Andersen & Nelson 2013, Arianmanesh *et al.* 2015); una vez que las plantas se han establecido, la disponibilidad de agua no les afecta de manera importante (Turner 1974).

Considerando la zona de invasión donde se encuentra actualmente *T. ramosissima*, en Arizona resalta un periodo de sequía reportado de 21 años (ASU 2018); se han registrado largos periodos de sequía en todo Arizona: de 4 años (1932-1936), de 21 años (1942-1964) y de 3 años (1974-1977) (USGS 2005). En Nuevo México, los periodos de sequía duran en promedio entre 50 a 100 años, y ocurren una vez cada siglo (Gutzler 2003). En California, los periodos de sequía registrados han sido de 6 años (1929-1934; 1987-1992) y de 2 años (1976-1977) (CDWR 2015). En Texas, el último periodo de sequía ocurrió de 2010 a 2015 (NIDIS 2018). En México, *T. ramosissima* se distribuye en el norte del país, donde los periodos de sequía han sido de 6 años (1948 a 1954), de 4 años (1960 a 1964), de 8 años (1970 a 1978) y de 3 años (1993 a 1996) (CONAGUA 2018). Es decir, que *T. ramosissima* se desarrolla y se ha expandido en su invasión en regiones con sequías prolongadas y recurrentes.

Por otro lado, es de resaltar que por ejemplo en el Río Wind, Wyoming, EUA, durante la temporada de sequía, de 1999 a 2003, las plantas de *Tamarix* (*T. ramosissima* y *T. chinensis*, en conjunto) aumentaron la producción y diseminación de semillas, así como la concentración de plántulas que osciló entre 10,000 a 450,000 plantas/Ha (Smith & Pearce 2009).

2.05. Tiene la especie una historia de repetidas introducciones fuera de su rango natural?

R= Sí. De acuerdo a los registros del Departamento de Agricultura de EUA (USDA), de 1911 a 1932 *Tamarix ramosissima* se importó cuatro veces de Farab, Bokhara, Turquestán; Caucasus, Rusia; Petrograd, Rusia, y Tiflis, Georgia (USDA 1912, USDA 1917, USDA 1929).

3. Maleza en cualquier sitio

3.01. Naturalizada más allá de su área de distribución nativa

R= Sí. Se le considera como una planta naturalizada, invasora en EUA (ver apartado Estatus; Randall 2012). Se encuentra como naturalizada en países de Latinoamérica, Europa, Australia, Nueva Zelanda y África (ver apartado de Estatus y base de datos). Se sabe que *T. ramosissima* y *T. chinensis* son dos de las especies que fueron introducidas y que han invadido y reemplazado la mayor parte de la vegetación nativa en al menos 600,000 ha naturales y de tierras agrícolas en ecosistemas ribereños del oeste de EUA (DeLoach 1988). Para los años 1920 las infestaciones de *Tamarix* cubrían alrededor de 4,000 hectáreas, ya para 1960 eran 362,000 hectáreas de hábitats ribereños desde Oklahoma hasta el sur de California y desde Colorado hasta Sonora, México; y para 1970 eran 540,000 hectáreas, y 600,000 hectáreas para 1987 (Brotherson & Field 1987, DeLoach 1988, Zavaleta 2000a, Lesica & Miles 2001). *T. ramosissima* crecía como cultivo en Utah en los años 1880s; entre 1930 y 1936 ya era la principal especie invasora en el lago de Utah (Brotherson & Winkel 1986). En el Río Colorado, México, esta especie domina en la comunidad de plantas nativas de las zonas de inundación (Hinojosa-Huerta *et al.* 2008). En el Río Bravo hay formaciones de rodales de esta especie (DGIOECE 2009).

3.02. Maleza de jardín/ ornato (amenidad)/disturbio

R= Sí. Como especie invasora se le ha reportado estableciéndose en áreas perturbadas, de disturbio, en sitios abandonados y a orillas de la carretera (Randall 2012). Los árboles de *T. ramosissima* se consideran, junto a los de *T. chinensis* y *T. parviflora*, como árboles indeseables en parques o áreas recreacionales debido a que no son estéticamente atractivos, no proporcionan suficiente sombra, emiten un hedor desagradable (sobre todo en las mañanas cálidas), tienen una exudación húmeda de sal, bloquean tanto el paisaje (la vista) como el flujo del aire en los jardines, además de que producen hojarasca de manera excesiva. Finalmente, reducen los suministros de agua para riego, de uso municipal y ambiental (DeLoach 1988, Carruthers *et al.* 2008).

3.03. Maleza de agricultura/horticultura/forestal

R= Sí. Se le considera en EUA como maleza agrícola con efectos económicos; es una maleza dañina que la gente debe controlar (Randall 2012). En el valle de Mexicali se presenta como maleza de zona de agrícola (Alaniz-Gutiérrez *et al.* 2017). Se ha reportado que las tierras de pastoreo de la Reserva Indígena del Río Walker, Nevada se han afectado por la invasión de *T. ramosissima*, con lo que han perdido miles de hectáreas de pastos (Stevenson 1996, Young *et al.* 2004, AV 2018). *T. ramosissima*, *T. chinensis* y *T. parviflora* se establecen en llanuras afectando el régimen de inundación, incrementando el flujo del agua y disminuyendo la profundidad del agua; a la vez, reducen los suministros de agua para el riego, para el uso municipal y el ambiental (Gouvenain 1996, DiTomaso 1998, Carruthers *et al.* 2008).

3.04. Maleza ambiental (campo)

R= Sí. Se le considera como una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos (Randall 2012). *Tamarix ramosissima* es una planta invasora que se ha establecido en EUA sobre todo en humedales, en llanuras aluviales, áreas ribereñas y márgenes de lagos (Carpenter 1998). *T. ramosissima* es una maleza vigorosa en diferentes tipos de hábitats (Brotherson & Winkel 1986), se le considera una maleza seria a lo largo de fuentes de agua en los desiertos del suroeste de EUA (Crins 1989). En la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe, en el estado de Sonora, México, hay infestación moderada

de *T. ramosissima*, afectando a la vegetación nativa (Del-Val & Sevillano 2015). En las orillas del Río Bravo, *T. ramosissima* es una especie dominante, ha desplazado la vegetación nativa (DGIOECE 2009). Afecta la diversidad biológica, habiendo menos especies de fauna (aves, reptiles e invertebrados) en las zonas donde hay *Tamarix* que donde no lo hay (Durst *et al.* 2008, MacGregor-Fors *et al.* 2013).

3.05. Malezas congenéricas

R= Sí. *Tamarix chinensis*, *T. parviflora* y *T. aphylla* son consideradas una maleza nociva por el gobierno federal de Estados Unidos (USDA 2018b).

Biología/Ecología

4. Rasgos indeseables

4.01. Produce espinas, estructuras espinosas

R= No. En el apartado de Descripción de la especie no se indica que se presenten estas estructuras.

4.02. Alelopática

R= Sí. Por sus glándulas de sal *T. ramosissima* exhuda y secreta sales y compite interespecíficamente debido a la producción de aleloquímicos (Brotherson & Winkel 1986).

4.03. Parásita

R= No. No existen en la literatura indicios de que *T. ramosissima* sea una planta parásita (ver apartados de Descripción y Biología e Historia Natural).

4.04. Es desagradable para los animales de pastoreo

R= No. En el Desierto Taklamakan, China, los camellos son los únicos mamíferos que forrajean a *T. ramosissima* (Vonlanthen *et al.* 2011). Por otro lado, un estudio en Texas, determinó que *T. ramosissima* es palatable y nutritivo para cabras (Grant-Rusell 2013).

4.05. Tóxica para los animales

R= No. Se ha dado como forraje a cabras y los camellos consumen la planta. No hay evidencia de que esta planta sea tóxica.

4.06. Huésped de pestes y patógenos reconocidos

R= Sí. En Arizona algunos invertebrados que se registraron en *T. ramosissima* podrían ser plaga son *Opsius stactogalu*, *Chionaspis etrusca*, ambos son exóticos, *Parthenicus sp.*, *Schistocerca occidentalis*, abundantes en la temporada de floración, en los meses de verano (Stevens 1987).

4.07. Causa alergias o es tóxica para los humanos

R= No. No se reporta ningún incidente de alergias o toxicidad a humanos por *T. ramosissima*. En China, esta planta se usa con fines medicinales (Shishkin 1949).

4.08. Crea un riesgo de incendio en ecosistemas naturales

R= Sí. La invasión de *T. ramosissima* incrementa la frecuencia de incendios en ecosistemas ribereños (Busch & Smith 1993, Wiesenborn 1996). En un estudio realizado en Lower Río Colorado, EUA encontraron que los incendios en las comunidades donde se encuentra *T. ramosissima* invadiendo son más frecuentes y más grandes que en otras comunidades de plantas donde no se encuentra dicha planta (Busch 1995).

4.09. Es una planta tolerante a la sombra en alguna etapa de su ciclo de vida

R= No. Las plantas maduras de *T. ramosissima* son susceptible a la sombra (Stevens 1987).

4.10 Crece en suelos infértiles

R= Sí. Las plantas maduras de *T. ramosissima* son resistentes a tensiones de nutrientes (Stevens 1987) y crecen exitosamente en suelos alcalinos con pH=7.5 (Brotherson & Winkel

1986). Esta planta tolera suelos muy salinos, soporta hasta la concentración de 36,000 ppm de sales (Weisenborn 1996).

De acuerdo a la CONABIO, en el país existen cuatro tipos de degradación del suelo: degradación física, degradación química, erosión eólica y erosión hídrica. SEMARNAT asigna el grado de degradación del suelo en el país en las categorías: ligero, moderado, fuerte y extremo. *T. ramosissima* que se distribuye en México se encuentra en algunos sitios con degradación de suelo, que muestra suelos infértiles con un grado moderado en varios de los casos (SEMARNAT 2004, CONABIO 2012):

1. Suelos con degradación química moderada: El Mentidero, Álamos, Sonora; El Uvalama, Álamos, Sonora; Río Hardy, Mexicali, Baja California; Río Colorado, Mexicali, Baja California; San Quintín, Ensenada, Baja California.
2. Suelos con degradación física moderada: Lagunita, El Ciprés, Ensenada, Baja California.
3. Suelos con erosión eólica moderada: Mapimí, Mapimí, Durango; Río Conchos, Julimes, Chihuahua; Tabaloapa, Chihuahua, Chihuahua; El Paradero, Ojinaga, Chihuahua; La Vibra, Ojinaga, Chihuahua; San Antonio de Bravo, Ojinaga, Chihuahua; Barrancos de Guadalupe, Ojinaga, Chihuahua; Valverde, Ojinaga, Chihuahua.
4. Suelos con erosión eólica ligera: Río Bravo, Ocampo, Coahuila;
5. Suelos con erosión hídrica moderada: Poblado Miguel Hidalgo, Santa Cruz, Sonora.

4.11. Es de hábitos trepadores o sofocantes

R= No. Tiene crecimiento arbóreo.

4.12. Forma matorrales o agregaciones arbustivas densas

R= Sí. Esta planta puede crecer cubriendo grandes extensiones, forma rodales monoespecíficos de 20 metros con árboles de 7 m (DGIOECE 2009).

5. Tipo de planta

5.01. Acuática

R= No. Ver apartado de Descripción.

5.02. Pasto

R= No. Es una planta que crece como arbusto o árbol pequeño-mediano, caducifolio (Welsh *et al.* 1987, Crins 1989, Wilken 1993).

5.03. Planta leñosa fijadora de Nitrógeno

R= No. Las raíces de *T. ramosissima* no son micorrizadas (Beauchamp *et al.* 2005) por lo que no fija Nitrógeno.

5.04. Geofita

R= No. Ver Descripción.

6. Reproducción

6.01. Evidencia de falla reproductiva sustancial en su hábitat nativo

R= No. No se indica que existan fallas reproductivas para *T. ramosissima*. Es una planta muy abundante y dominante en algunas áreas, como en el Desierto Taklamakan, Oasis Qira, China, de donde es nativa y no parece tener problemas en su desarrollo (Shishkin 1949, Vonlanthen *et al.* 2011).

6.02. Produce semillas viables

R= Sí. *T. ramosissima* produce prolíficamente semillas diminutas, y su viabilidad en el campo o vida silvestre dura unas 4 semanas; bajo condiciones de mantenimiento en laboratorio, idóneas, 45 días, y en invierno hasta 135 días (Turner 1974, Stevens 1987, Brock 1994).

6.03. Hibridiza naturalmente

R= Sí. *Tamarix ramosissima* y *T. chinensis* florecen a principios de primavera y a finales de otoño, mientras que *T. aphylla* florece desde finales de verano hasta principios de invierno; las tres especies coinciden en algunos meses en floración, lo que parece permitir la hibridización entre ellas, como ocurre en el Lago Mead, Nevada (Gaskin & Shafroth 2005) y en San Diego, Ca (Asef 2013).

6.04. Auto-fertilización

R= Sí. Normalmente la polinización es cruzada, pero puede haber autofertilización cuando la polinización cruzada no ocurre (Gaskin & Schaal 2002, Lindgren *et al.* 2010).

6.05. Requiere de polinizadores especialistas

R= No. No se menciona en la literatura entre los polinizadores que requiera polinizadores especialistas (ver apartado de Biología e historia natural y Ecología). Se han registrado artrópodos polinizadores de *T. ramosissima* que son generalistas, el principal fue *Apis mellifera*, seguido por *Ochlodes yuma*, una especie de la familia Dermestidae y otra especie de la familia Sphecidae (Andersen & Nelson 2013).

6.06. Reproducción por propagación vegetativa

R= Sí. Las especies de *Tamarix* se propagan vegetativamente por raíces subterráneas y ramas, y reproducción sexual (Brotherson & Winkel 1986, Vonlanthen *et al.* 2011). *T. ramosissima* se propaga por retoños y esquejes, producen raíces adventicias en sitios con humedad (Shishkin 1949).

6.07. Tiempo mínimo en generaciones (años)

R= 3. *T. ramosissima* puede florecer en su primer año de crecimiento, pero la mayoría empieza a reproducirse al tercer año o más tarde (Stevens 1987).

7. Mecanismos de dispersión

7.01. Propágulos se pueden dispersar sin intención

R= Sí. Debido a que se le ha cultivado con fines ornamentales y de otro tipo, se ha registrado que *T. ramosissima* escapó de cultivos sin intención y se propagó rápidamente (Robinson 1965). Partes de la planta o toda la planta se pueden dispersar en contenedores o en transporte de madera (CABI 2017b). También la tierra que se remueve por maquinaria puede contaminarse y al moverse entre sitios llevar las semillas.

7.02. Propágulos dispersados intencionalmente por la gente

R= Sí. Es una planta que se ha comercializado con diferentes objetivos. De acuerdo a los registros existentes *T. ramosissima* se importó a EUA, por medio de semillas y esquejes de la planta (USDA 1912, USDA 1917, USDA 1929). Posteriormente, se ha propagado como planta ornamental y para crear cortinas rompevientos. *T. ramosissima* se seguía vendiendo

como una planta ornamental en viveros de EUA y Canadá hasta el año 2001 (Gaskin & Schaal 2002).

7.03. Propágulos se pueden dispersar como contaminante de producto

R= No. No hay evidencia de que sus propágulos puedan ser llevados a otro lado como contaminante de semillas, alimentos, forraje.

7.04. Propágulos adaptados a dispersarse por el viento

R= Sí. Las semillas de *T. ramosissima* son diminutas y además tienen estructuras como pelos en un extremo, lo que permite que se diseminen rápidamente a través del viento a áreas retiradas del punto de origen (Turner 1974, Stevens 1987, Gaskin & Schaal 2002). El éxito de establecimiento de *T. ramosissima* es su rápida propagación por el viento (Turner 1974, Stevens 1987).

7.05. Propágulos flotantes

R= Sí. Las semillas y ramas pueden diseminarse por el agua (Turner 1974, Stevens 1987, Gaskin & Schaal 2002).

7.06. Propágulos dispersados por las aves

R= No. Aunque se ha documentado que las aves pueden dispersar las semillas de *Tamarix* (DiTomaso 1998), seremos cautos para *T. ramosissima* porque no se refieren específicamente a esta especie.

7.07. Propágulos dispersados por otros animales (externamente)

R= No. No hay información publicada que permita suponer que los propágulos pueden ser dispersados por otros animales.

7.08. Propágulos dispersados por otros animales (internamente)

R= No. No hay información publicada que permita suponerlo.

8. Atributos de persistencia

8.01. Producción de semillas prolífica

R= Sí. *T. ramosissima* produce prolíficamente semillas diminutas. *Tamarix* alcanza a producir 500,000 semillas por árbol maduro en cada temporada (Turner 1974, Stevens 1987).

8.02. Evidencia de que un banco de propágulos (semillas) es formado (>1 año)

R= No. La viabilidad de las semillas en el campo dura solo pocas semanas, bajo condiciones idóneas manteniéndolas en laboratorio 45 días, y en invierno hasta 135 días en condiciones experimentales (Turner 1974, Stevens 1987, Brock 1994).

8.03. Bien controlada por herbicidas

R= No. Es difícil controlar la invasión de *Tamarix* por su resistencia a herbicidas (DeLoach et al. 1988, Gaskin & Schaal 2003). *T. ramosissima* es resistente al control químico foliar (Brotherson & Winkel 1986).

8.04. Tolera o se beneficia de la mutilación, cultivo o fuego

R= Sí. Después de un incendio *T. ramosissima* rebrota vigorosamente; en 5 meses los rebrotes alcanzan 2 m de altura e incluso las plantas que rebrotan después del incendio florecen más que las que no han sufrido incendio; también las plantas se benefician de la mutilación, al producir una nueva planta a partir de un trozo, rama o esqueje (Stevens 1987, Busch & Smith 1992).

8.05 Enemigos naturales efectivos presentes en México

R= No hay información. Se desconoce si hay enemigos naturales de *T. ramosissima* en México.

12. Riesgo de invasión de *Tamarix ramosissima* en México en función de la similitud climática

T. ramosissima presenta un alto riesgo de invasión en el Norte y parte del Centro en las zonas áridas de México considerando la similitud climática con las áreas de su distribución nativa. Estos altos riesgos se predicen sobre todo para Chihuahua, Coahuila, y la parte norte de la península de Baja California (Fig. 24). Si consideramos la presencia por región invadida actual, el riesgo se extiende más y llega más al sur, pero sin ocupar las zonas de las vertientes Pacífico y Atlántico. La parte con mayor probabilidad en este caso es la parte norte de Chihuahua y Sonora, y casi la totalidad de la península de Baja California; por el centro hay una franja que baja y bordea Veracruz. Se remarca el riesgo para estados del Norte, en particular la parte más árida. No queda restringida ni limitada a pequeñas áreas su zona de invasión en cualquiera de los casos. Para Centroamérica, el riesgo de invasión es bajo.

Si comparamos los mapas de climas generados a partir de los mapas climáticos mundiales, se puede observar que la versatilidad de climas es similar en las áreas invadidas y en la distribución nativa (Apéndice 3).

Tamarix ramosissima

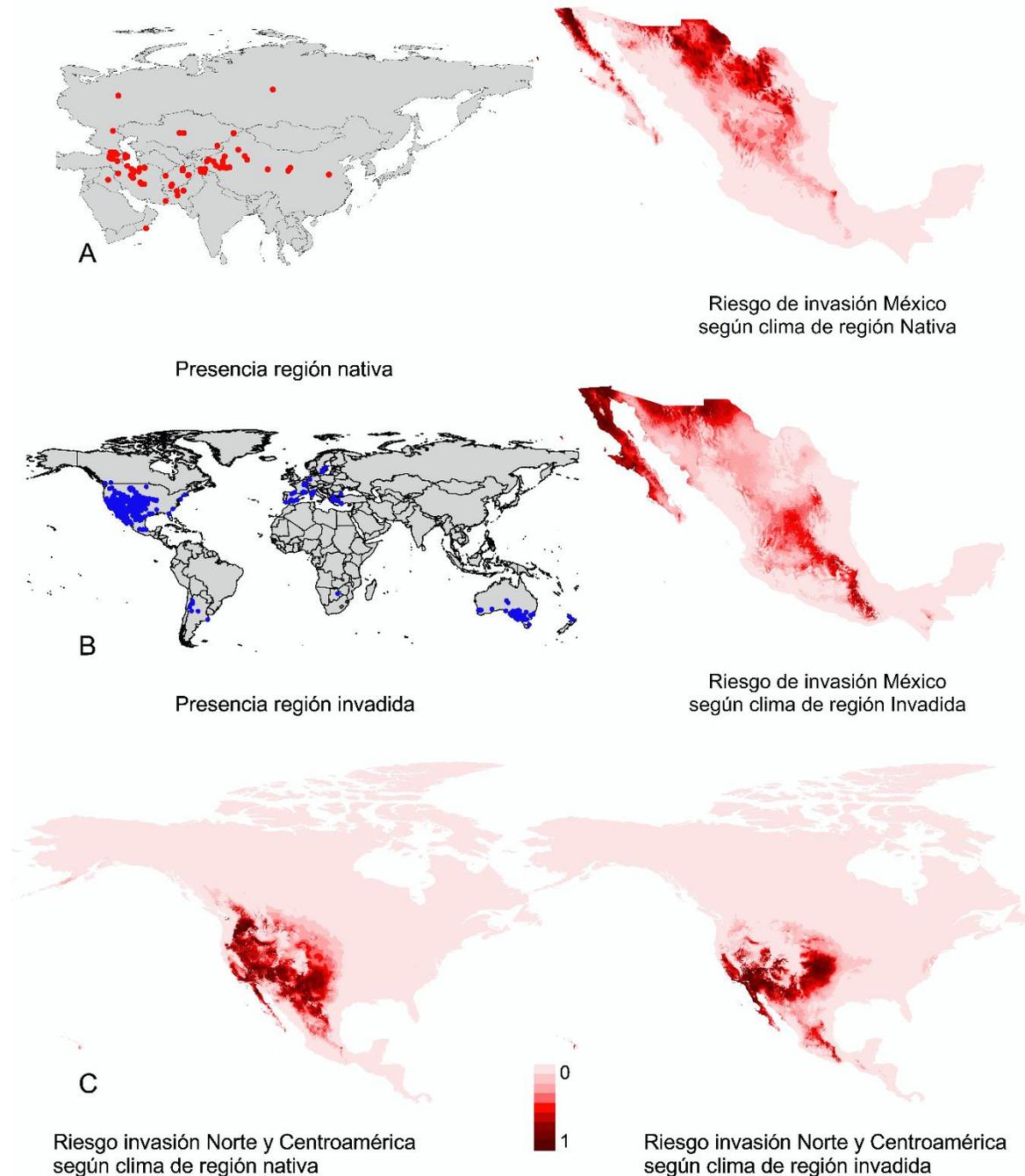


Figura 24. Modelos de Maxent para *Tamarix ramosissima* calibrados en su región nativa (A) y de invasión (B) y proyectados a Norte y Centroamérica (C); notar el riesgo para México dentro de esta región. Los mapas de distribución geográfica potencial de la derecha indican las áreas con condiciones climáticas y topográficas adecuadas para el establecimiento de *Tamarix ramosissima*. Los puntos rojos y azules representan la presencia de la especie en la región nativa e invadida respectivamente.

13. Resultado del Análisis de riesgo de *Tamarix ramosissima*

De acuerdo a los valores mostrados en el Apéndice 1 que se obtienen de las respuestas justificadas para la especie, el puntaje WRA (Weed Risk Assessment) para *Tamarix ramosissima* fue de **26**. Debido a que el puntaje es mayor que 6 (ver Anexo 1 sobre estos valores), el taxa debe ser **Rechazado**.

Por otro lado, de acuerdo al AQI el valor obtenido fue de: **59** (Apéndice 2). Por ser este puntaje >20 (ver Anexo 1 sobre estos valores), el taxa debe ser **Rechazado**.

14. Conclusión

El valor máximo del puntaje que puede tener una especie de planta para no ser rechazada para su introducción en un país considerando el WRA es igual a 6, por lo que la recomendación es que al tener un puntaje de 26, *Tamarix ramosissima* debe ser **rechazada** y considerada como una especie invasora (maleza) de alto riesgo. No debe por ello ser comercializada ni permitir su introducción al país bajo ningún concepto. Asimismo, debe de ser una especie para la que se establezca un plan de control y erradicación en donde exista. El AQI refuerza la recomendación que da el WRA, que es rechazar su ingreso a México y su comercialización. De la misma manera, de acuerdo al riesgo de invasión obtenido por modelación en función de la similitud climática en relación tanto a la distribución nativa y la de invasión, se denota que gran parte del Norte y una porción del centro de México, así como toda la península de Baja California, incluida una parte de su zona costera del Pacífico de México, presenta un elevado riesgo de invasión.

Tamarix gallica

1. Introducción

Tamarix gallica es un árbol o arbusto originario de las costas del mar Mediterráneo, siendo nativa de Europa occidental, en la región mediterránea y el oeste de Asia. *T. gallica* se ha naturalizado ampliamente en EUA, a partir de su venta como especie de ornato, y ha invadido actualmente 5 países. En México se presenta en 7 estados del país, en el norte y centro. Esta especie puede desarrollarse en una amplia gama de hábitats caracterizados por diferente salinidad del suelo. *T. gallica*, como las especies de *Tamarix*, es una freatofita, con muy altos consumos de agua. Se ha reportado una alta posibilidad de híbridos entre *T. gallica* y *T. ramosissima*. *T. gallica* se incluye en el Compendio Global de Malezas (Global Compendium of Weeds; Randall 2012) y se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva presente en 48 estados.

a. Taxonomía

***Tamarix gallica* (Linnaeus) (1753)**

Clase: Magnoliopsida (Magnolias, margaritas y parientes (dicotiledóneas))

Superorden: Caryophyllana

Orden: Caryophyllales (Tamaricales)

Familia: Tamaricaceae (Tamarisco)

Género: *Tamarix* L. (Tamaris)

Especie: *Tamarix gallica* (L.)

b. Sinónimos

Tamariscus gallicus (L.) All.

Tamariscus narbonensis Garsault.

Tamariscus pentander Lam.

c. Nombres comunes

Español: Tamarisco, Tamarindo, Éter, Taraje, Taray, Atarfe, Gatell (IBARMAD 2006, Giorgis & Teco 2014)

Inglés: French tamarisk, tamarisk, saltcedar

Arabia: tarfa (Quattrocci 1999)

d. Especies de *Tamarix* con las que puede hibridizar

Se puede hibridizar con *T. ramosissima* más probablemente, pero también, aunque poco frecuente, con *T. aphylla* (Gaskin 2013).

Tamarix gallica es a menudo confundido con otras especies de *Tamarix*. A principios del siglo XX, el botánico Thornber (1916), afirmó que *Tamarix parviflora* (ahora *Tamarix tetrandra*) a menudo se vendía como *T. gallica* (Horton 1964). Debido a que *T. gallica* tiene características similares a *T. africana* Poiret, se suele confundir en la identificación. Otra especie similar es *T. canariensis*, ya que son muy próximas (Confederación Hidrográfica del Guadiana 2012).

2. Descripción

Tamarix gallica es una planta de porte arbóreo o arbustivo, de hasta 8 a 10 m de altura, de crecimiento fuerte y ligero; la corteza de los troncos más grandes es de color marrón negruzco o violáceo oscuro; de ramas púrpuras o pardo-oscuros; sus hojas son alternas, sésiles, pequeñas y similares a escamas, deltoides o lanceoladas, verde grisáceas o verde glaucas (verde ligero), de 1.5-2.5 mm de largo; es de follaje caducifolio, ligero y plumoso; cuenta con pocas glándulas secretoras de sal, a veces sin ellas; produce racimos de 2 a 5 cm

de largo, 4 a 5 mm de ancho (en flor, más anchos en la fructificación), simples o compuestos, usualmente nacen en panículas abiertas, apenas ramificadas; las brácteas son más cortas que el cáliz, triangulares con márgenes no papilosos (Fig. 25).

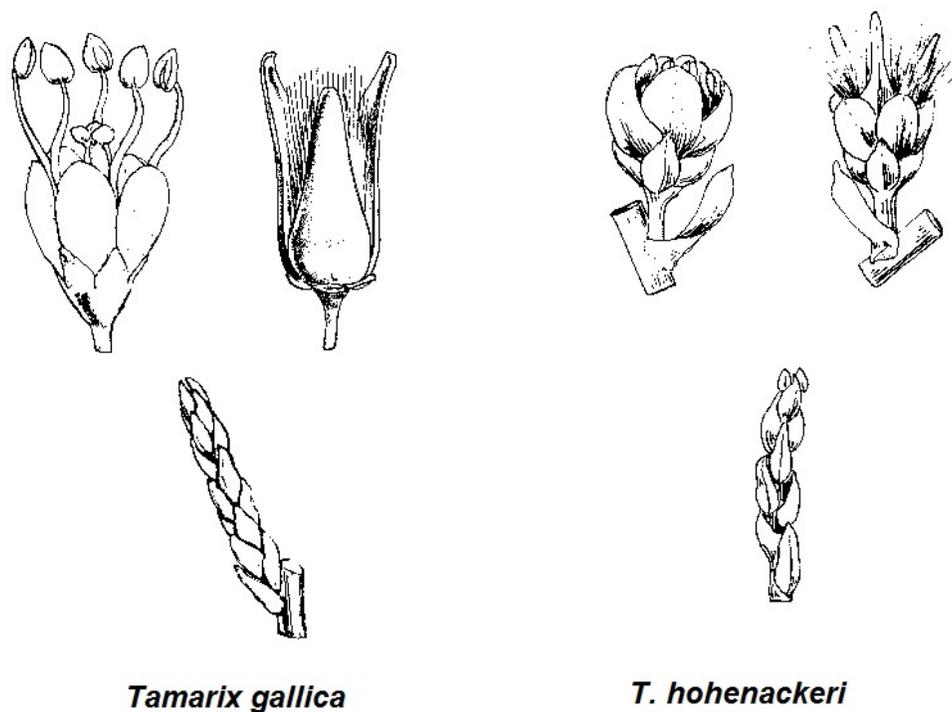


Figura 25. Algunas características distintivas de *Tamarix gallica* y *T. hohenackeri*. Flores (superior izquierda), frutos (superior derecha) y ramillas (inferior) de ambas especies. Modificados de *Antropocene* (<http://antropocene.it>), y *Flora of China* (www.efloras.org).

Las flores son de tonos cálidos, rosa y rojo con flecos exquisitos; son flores pentámeras de 5 pétalos y sépalos de 0.7 -1.8 mm de largo, escasamente denticulados, pétalos de 1.5-2 mm de largo, de elípticos a ovalados, persistentes en la fruta; los pétalos son caducos (Allred 2002, Villegas *et al.* 2003, McDaniel *et al.* 2005). De 5 estambres con las anteras generalmente apicadas y suelen mucronar, los filamentos emergen como extensiones y aparecen continuos con los 5 lóbulos del disco nectario, sínlofo, poco abultado; pistilo de 2.5-3 mm de largo (Cirujano 1995, Allred 2002, Venturella *et al.* 2007, Confederación Hidrográfica del Guadiana 2012). Los racimos son frecuentemente de 3.8 a 5 cm de largo y contienen alrededor de 20 flores por cada 2.5 cm de racimo. El fruto es una cápsula dehiscente de 2 a 3 mm de largo, con semillas numerosas (Villegas *et al.* 2003). Las semillas son algo cilíndricas con un diámetro de aproximadamente 0.17 mm y una longitud de aproximadamente 0.45 mm; unido del ápice de la cubierta de la semilla hay pelos unicelulares delgados que tienen un promedio de aproximadamente 2.12 mm de largo; éstos también se pueden observar en el desarrollo de óvulos.

T. gallica se confunde fácilmente con *T. chinensis*, que también tiene flores de 5 o 3 pétalos. La única manera segura de distinguirlos es examinando de cerca el disco nectario y los filamentos. En *T. gallica* los filamentos aparecen como extensiones graduales de los cinco lóbulos nectarios, mientras que en *T. chinensis*, emergen bruscamente de entre los lóbulos emarginados o redondeados (Allred 2002). Se presentan en la Fig. 26 algunas características de las flores, inflorescencias de *T. gallica*; en la Fig. 27 se presentan características de las ramas.



a. Inflorescencia con flores de *T. gallica*. Krzysztof Ziarnek & Kenraiz



b. Flores en inflorescencia de *T. gallica*. Krzysztof Ziarnek & Kenraiz



a. Racimos de inflorescencia rosada. Barbol



d. Racimos de inflorescencia.
Francesco Cecere



e. Racimo de inflorescencia blanquecina.
Fontema

Figura 26. Flores e inflorescencias de *Tamarix gallica*. Fotos con permiso académico de los autores, que se indican al final en cada fotografía.



a. Hojas de *T. gallica*. Thomas Koffel



b. Hojas de *T. gallica* en colecta botánica.
BioScripts & Juan Pedro Serrano León



c. Hojas de *T. gallica* en colecta botánica.
BioScripts & Juan Pedro Serrano León

Figura 27. Hojas y ramas de *Tamarix gallica*. Fotos con permiso académico de los autores, que se indican al final en cada fotografía.

3. Biología e historia natural

Tamarix gallica es originaria de las costas del mar Mediterráneo, siendo nativa de Europa occidental, en la región mediterránea y el oeste de Asia; básicamente su origen se circunscribe al suroeste de Europa: Francia, España, Italia y Suiza (Gaskin & Schaal 2002, Aránzazu-Prada & Arizpe 2008, CABI 2018b). Es una especie perenne de crecimiento arbustivo y arbóreo; se puede reproducir tanto por semillas como de forma vegetativa. Las flores de *T. gallica* a menudo aparecen antes del final de su primer año, florecen solo en primavera a partir de abril, aunque la literatura indica que también pueden florecer en verano, en junio o incluso hasta octubre (Confederación Hidrográfica del Guadiana 2012). La reproducción inicia a menudo a finales del primer año (Merkel & Hopkins 1957). En su zona de invasión, como en Nuevo Mexico, EUA su floración ocurre desde mediados de febrero hasta finales de mayo (Allred 2002). En Argentina, se han observado dos floraciones, una desde principios de primavera a principios de verano, y la otra desde febrero a principios de abril (Natale *et al.* 2008). Tienen un promedio de 20-22 óvulos en los ovarios examinados, todos los cuales a menudo son fertilizados por abejas y se convierten en semillas (Merkel & Hopkins 1957). Se reproduce sexualmente durante la mayor parte de la temporada de crecimiento; se estima que una planta pequeña puede llegar a tener más de 600,000 semillas, y una planta grande puede producir entre 500,000 y 1,000,000 de semillas durante una temporada (Brock 1994). El peso de una semilla madura es de 0.00001 gramos. El embrión, que se puede observar a través de la capa de semilla casi transparente, es recto con los cotiledones y la radícula en los extremos opuestos. No hay endospermo (Merkel & Hopkins 1957, Brock 1994). El crecimiento de la raíz en la primera semana es lento, crece 16 mm; a las 10 semanas, la raíz alcanza una profundidad de 0.5 m; las raíces secundarias se desarrollan durante la tercera a sexta semana de crecimiento (Merkel & Hopkins 1957). Las semillas al ser livianas, se diseminan fácilmente por el viento. Germinan rápidamente con relativamente poca humedad, y una vez establecidas, la planta crece rápidamente (Robinson 1958). La tasa de germinación de *T. gallica* es muy alta, sobre el 70% (Brock 1994). Esta planta se puede desarrollar en una amplia gama de hábitats, con diferente

salinidad del suelo (Robinson 1958). En condiciones de laboratorio, la semilla germina después de aproximadamente 12 horas; primero se nota la hinchazón de la semilla, acompañada de la elongación del hipocótilo, dando paso a la rotura completa de la cubierta de la semilla, que separa las partes superior e inferior y la exposición de los cotiledones; al pasar 24 horas, los cotiledones se agrandan y separan ligeramente; la raíz primaria emerge y la base del hipocótilo se agranda. La viabilidad de la semilla disminuye muy rápidamente, a medida que se almacena por mayor tiempo. Después de 3 meses, los valores de germinación disminuyen notablemente, casi a 0%. Se ha visto que el aumento de salinidad retrasa la germinación, mientras que las bajas temperaturas (10°C) durante el almacenamiento mantienen una alta viabilidad de las semillas (Merkel & Hopkins 1957, Brock 1994). *T. gallica* muestra rasgos de la epidermis foliar que se relacionan con condiciones de salinidad en el ambiente y sequías, tales como estomas más pequeños y numerosos, estomas hundidos y glándulas salinas, así como depósitos de cera más intensos en la cutícula (Dunlap & Stettler 2001, Pearce *et al.* 2006).

T. gallica, como las especies del género *Tamarix*, es una freatofita. En una zona con alta densidad de *Tamarix* (100%), el consumo de agua se ha estimado en 6,202 m³/Ha, mientras que a 50% de densidad, el consumo de agua bajó a 5,274 m³/Ha. El uso de agua por *Tamarix* varía con la densidad de las plantas y con la altitud (Brock 1994). A elevaciones mayores, el uso de agua es superior a las pérdidas que se tienen de agua por evapotranspiración, en comparación a las zonas bajas y más cálidas. Lo anterior parece una respuesta de los manchones de *Tamarix* a la pérdida de agua por evapotranspiración: la usan rápido internamente para disminuir las pérdidas por evapotranspiración. Se ha estimado que para un total de 404,700 ha (1 millón de acres) de *Tamarix* habría un consumo de $3,205 \times 10^6$ m³ de agua por año; de este total, 80% corresponde a las manchones de plantas de Oklahoma, Texas, Nuevo Mexico y Arizona (Brock 1994).

Se ha reportado la posibilidad de híbridos entre *T. gallica* y especies como *T. ramosissima* y *T. chinensis* (Gaskin & Schaal 2002, Gaskin & Schaal 2003). Sin embargo, solo hay evidencia suficiente de que ocurre hibridación potencial entre *T. gallica* y *T. ramosissima* (Gaskin 2013). Aunque se esperaría mayor hibridación entre *T. gallica* y *T. canariensis* por ser

especies más próximas filogenéticamente (de hecho, suelen confundirse), no se ha encontrado una buena evidencia de que esto ocurra (Gaskin 2013).

4. Ecología

Tamarix gallica, en su área nativa de las costas del mar Mediterráneo se encuentra en dunas de arena y suelo salino seco. Crece en regiones templadas y subtropicales de suelos secos, salobres y a veces hidromorfos, cercanos a ríos y mares (Confederación Hidrográfica del Guadiana 2012). Como freatofito facultativo, se encuentra principalmente en las orillas de los lagos y en hábitats ribereños de llanuras de inundación, en sitios estacionalmente sumergidos y en sustratos fluviales finos (Stevens 1987, Welsh *et al.* 1987). *T. gallica* forma bosquetes a veces, crece óptimamente en terrenos húmedos y más o menos salinos, como playas, bordes de cursos de agua y depresiones húmedas; se encuentra en altitudes desde 0 a 1,200 m; en Nevada, EUA se han visto a altitudes de más de 1,200 m, en Walker Lakes, Pyramid Lakes, Carson Sink y Fallon, donde los árboles de más edad no son tan agresivos, ni exhiben un crecimiento vigoroso, formando rodales monoespecíficos. Otras especies de *Tamarix* que ocurren en los cálidos valles de los ríos del sur de Arizona y Nuevo México, sí crecen vigorosamente y son invasoras agresivas (Robinson 1958, Cirujano 1995, Carpenter 1998, López-González 2006).

T. gallica es una planta de vida relativamente larga que puede tolerar una amplia gama de condiciones ambientales y resiste presiones abióticas, tales como una alta concentración de sal, altas temperaturas y estrés por sequía (Robinson 1958). Gracias a la tolerancia a situaciones extremas (de calor, frío, sequías, inundaciones y altas concentraciones de sales disueltas) que tienen las plantas maduras de *T. gallica*, se podría explicar una adaptación micromorfológica al ambiente; esta adaptación estaría dada en función a disponibilidad diferencial del agua. Sus rasgos de la epidermis foliar están relacionados con condiciones de sal y sequía. Estos rasgos, comparados con plantas que no tienen estas adaptaciones, son el tener estomas más pequeños y numerosos, estomas hundidos y glándulas salinas, y depósitos de cera más intensos en la cutícula. El tener estomas más pequeños y numerosos

generalmente se asocia a plantas de hábitats xéricos (Dunlap & Stettler 2001, Pearce *et al.* 2005, Kuzminsky *et al.* 2014). Esta especie tiene la capacidad de prosperar bajo una variedad de condiciones ambientales, incluido el estrés, debido a la adaptabilidad de su sistema radicular. Ha desarrollado un sistema de raíces profundo y extendido, de acuerdo a la ubicación y disponibilidad de la capa freática, sobre todo en el momento crítico en que se forma la raíz (Merkel & Hopkins 1957).

En cuanto a enemigos naturales de *T. gallica*, se reporta al gusano *Eupithecia ultimaria* Boisduval, que llega a medir de 14-18 mm de ancho. *E. ultimaria* se distribuye en Francia, Reino Unido, España, Túnez, Oman, Emiratos Árabes Unidos, Egipto, Italia y Palestina (GBIF 2018). Esta especie coincide con *T. gallica* en su rango nativo, en Francia, España e Italia (CABI 2018b). Este gusano es una especie propia de riberas, dentro de zonas áridas con lagunas, y generalmente en sitios donde se encuentran plantas de *Tamarix*; se encuentra desde el nivel del mar hasta los 2,000 m en el sistema *Penibét* (Redondo *et al.* 2009). También lo ataca un díptero *Psectrosema* spp. (Diptera: Cecidomyiidae), que es un inductor agallas en tallos pequeños y en la punta de las hojas (Harris 1983, DeLoach *et al.* 1996). *T. gallica* es huésped de las dos especies, *Psectrosema album* y *P. acuticorne*, que son inductores de agallas (DeLoach *et al.* 1996). *Psectrosema* spp. se hospeda en *T. gallica* en Italia (Skuhrava & Skuhavy 1994). *Aceria tamaricis*, que es un ácaro eriófido que produce agallas, se encontró en esta planta al sur de Francia, y se considera como un agente potencial para control biológico de *Tamarix* spp. (De Lillo & Sobhian 1994). También se presenta en *T. gallica* un hemíptero *Tachardina lereddei* Balachowsky, 1950, que se distribuye en Argelia (Balachowsky 1950).

En la Fig. 28 se presentan algunas fotos que muestran características del hábitat nativo costero y del hábitat de invasión. Se presentan también algunas de las interacciones de insectos con *T. gallica*.



a. Hábitat costero de *T. gallica*. Christian Ferrer



b. Hábitat de invasión de *T. gallica*. Francesco Cecere



c. Abejas polinizando flores de *T. gallica*. Javier Martin



d. Agujeros ocasionados por insectos en el tronco de *T. gallica*. Barbol



e. *Eupithecia ultimaria*, polilla que ataca a *T. gallica*. Donald Hobern

Figura 28. *T. gallica* creciendo en hábitat costero natural y en hábitat de invasión. Interacciones de esta planta con insectos. Fotos con permiso académico de los autores, que se indican al final en cada fotografía.

5. Estatus

Tamarix gallica es una planta nativa de Europa occidental (en el sur-oeste y este) y el oeste de Asia; se distribuye ampliamente en la región Mediterránea (Drabu *et al.* 2012). Es considerada una especie exótica invasora en 5 países. Desde el siglo XIX, *T. gallica* se introdujo a EUA (Gaskin & Schaal 2002, Allred 2002). Una de las peores invasiones por plantas en EUA se ha dado por algunas de las especies del género *Tamarix* (Gaskin & Schaal 2003), y las tres especies de *Tamarix* más invasivas en el oeste de este país son *T. ramosissima*, *T. chinensis* y *T. parviflora* (DeLoach 1988). Aunque *T. gallica* no se encuentra entre estas especies, fue introducida desde los 1800s a EUA y desde entonces ha ido expandiendo su distribución, incluyendo México. Esta planta se ha propagado en el norte de México y hasta el centro del país, sobre todo en humedales, presentando versatilidad ambiental. Aunque está citada como presente en la lista de especies exóticas en México, no se le considera invasora (CONABIO 2016). *T. gallica* se incluye en el Compendio Global de Malezas (Global Compendium of Weeds; Randall 2012) y se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva presente en 48 estados (USDA-NRCS 2012: <https://plants.usda.gov/java/noxiousDriver>, <https://plants.usda.gov/java/noxiousDriver>; <https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=TAGA>). Se le considera como una planta escapada de cultivos, naturalizada, invasora, una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos, maleza agrícola con efectos económicos; debe estar en cuarentena; es una maleza dañina que la gente debe controlar (Randall 2012).

a. Distribución nativa

De acuerdo a la información obtenida de todos los registros en publicaciones y otras fuentes, *Tamarix gallica* se distribuye en el suroeste y el sureste de Europa y Macronesia. En la región mediterránea se encuentra en Portugal, España (incluye Baleares), Francia (incluye Corsé) e Italia (incluye Sardeña y Sicilia) (Aránzazu-Prada & Arizpe 2008) (Fig. 29).

b. Distribución de invasión

Se le ha introducido en EUA (Arizona, Arkansas, California, Carolina del Norte, Carolina del Sur, Colorado, Dakota del Sur, Georgia, Illinois, Indiana, Louisiana, Missouri, Nueva York, Nuevo México, Ohio, Oklahoma, Texas, Utah; Virginia, Washington DC, Wyoming), Puerto Rico, Bermudas, Argentina y México (Baja California, Chihuahua, Ciudad de México, Coahuila, Colima, Jalisco, Mexicali, Tamaulipas) (Gaskin & Schaal 2002, Villegas *et al.* 2003, Forcone *et al.* 2013, SEMARNAT & CONANP 2013, Saavedra-Romero *et al.* 2016, Alaniz-Gutiérrez *et al.* 2017, USDA-NRCS 2018; base de datos este informe) (Fig. 29).

Tamarix gallica

Distribución nativa



Distribución de invasión

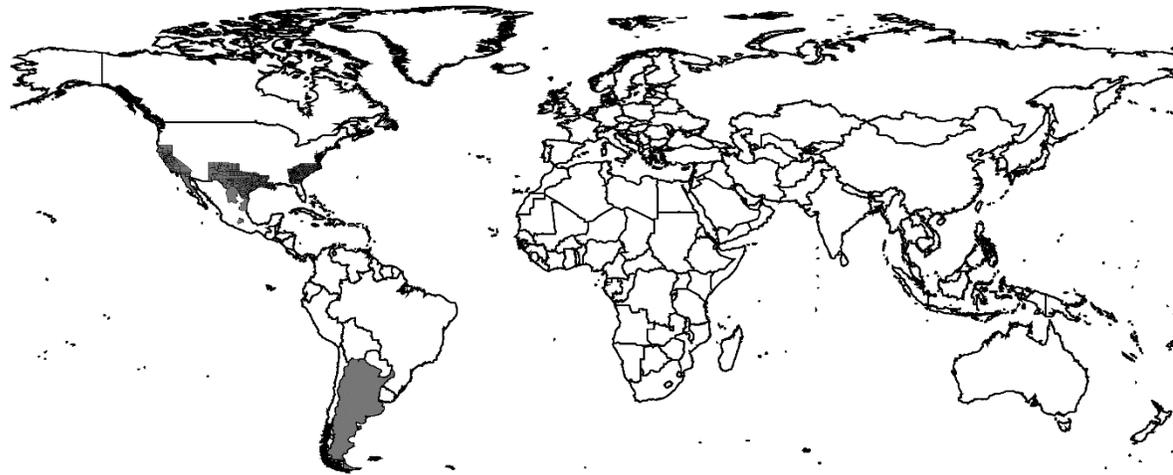


Figura 29. Mapas mostrando la distribución nativa de *Tamarix gallica*, así como en los países donde se le ha introducido y es exótica, invasora.

6. Usos y comercialización

Tamarix gallica fue introducido en los EUA en hacia los 1800s como una planta de ornato y como cortina rompevientos. *T. gallica* parece tener pocos usos. Principalmente es usado como arbusto ornamental, de sombra y control de erosión (Gaskin & Shaal 2003). Desde su introducción en EUA demostró un rápido crecimiento y alta tolerancia a la salinidad, y se

reporta que se convirtió en una planta útil como estabilizadora de dunas y rompevientos en regiones desérticas y costeras (Abbruzzese *et al.* 2013). En el norte de Colima, México se cultiva en parques, jardines y como cortinas rompevientos (Villegas *et al.* 2003). Se ha reportado que su madera es buena para colocar cercas, y las flores son una fuente de néctar para producir miel (Robinson 1958). También es usado tradicionalmente en el tratamiento de diversos trastornos hepáticos y además como expectorante, laxante, astringente, antidiarreico. *T. gallica* es una especie halófila que tiene propiedades hepatotónicas, que protegen y estimulan las células heptáticas. La infusión de hojas y flores tiene propiedades antiinflamatorias, antidiarreicas y astringentes (Saïdana *et al.* 2007, Ksouri *et al.* 2009). Otro uso es la extracción de taninos que se forman a partir de la producción de agallas por la planta, que resulta de la respuesta por el daño de un insecto; estas agallas contienen hasta un 50% de tanino, que se usa como colorante para telas (KalamUrfi *et al.* 2016). Se ha recomendado el uso de estos arbustos para plantaciones ornamentales, especialmente en comunidades secas, erosionadas, para protección contra el viento; también para dar sombra a aves de corral y animales, como terneros, ovejas y cerdos; se usa como material combustible. Se ha utilizado en resumen, como planta ornamental, cortina rompevientos, control de erosión y para ciertos usos medicinales y comestibles (Horton 1964, Drabu *et al.* 2012).

A. Historia de la comercialización

a. Origen de los individuos comercializados

La principal ruta de introducción de *Tamarix gallica* se relacionó al movimiento mediante el comercio (Robinson 1958, Aránzazu-Prada & Arizpe 2008, Abou-Jaoudé 2011). Se ha referido su introducción y propagación en EUA por primera vez por españoles a través de México, pero hay poca evidencia que respalde esta suposición (Tellman 1997). Sí pudo identificarse su comercio en el siglo XIX, cuando se introdujeron como arbustos para uso ornamental, además de para crear cortinas rompevientos y para control de la erosión (Horton 1964, Tellman 1997). Los primeros en introducir las especies de *Tamarix* a EUA fueron viveristas a principios de 1800. En Nueva York se vendía en 1823 en viveros operados

por Lawrence & Mills. De igual manera ocurrió en Filadelfia en 1828. Durante la década de 1830, varios viveros a lo largo de la costa Este incluían plantas de *Tamarix* entre sus arbustos ornamentales. La lista compilada parte de los primeros catálogos que han sido conservados e incluye los viveros que ofrecían tamarisco francés como árbol ornamental antes de 1840 (Horton 1964, Robinson 1965, Tellman 1997). En los primeros registros certificados en EUA, se señala a *T. gallica* como una planta comercializada desde 1854, principalmente en viveros de Nueva York. La Biblioteca Nacional Agrícola (anteriormente Biblioteca del Departamento de Agricultura de Estados Unidos) en Washington, D.C., tiene una Colección de catálogos de comercio de viveros y semillas con listas de precios de 1792 (Horton 1964, Robinson 1965).

Los catálogos que se muestran a continuación fueron descritos por Horton (1964), y puede denotarse el ofrecimiento que se hace de *T. gallica*, al que se hace referencia como “tamarisco francés”:

Año	Especie (s)	Vivero	Precio
1823	<i>Tamarix gallica</i>	Lawrence & Mills, cultivado en el vivero Old American, Flushing-Landing, cerca de Nueva York	37.5 ¢
1824	<i>Tamarix gallica</i>	Stephen F. Mills & Company	ND
1826	<i>Tamarix gallica</i> y <i>Tamarix germanica</i>	Stephen F. Mills & Company	37 ¢
1828	<i>Tamarix gallica</i> y <i>Tamarix germanica</i>	Jardín Botánico de Bartram, Filadelfia	37 ¢
1831	<i>Tamarix gallica</i> y <i>Tamarix germanica</i>	William Prince & Sons, Vivero y Jardín Botánico Linnaean, Flushing, Long Island, cerca de Nueva York	37-50 ¢

1832-39	<i>Tamarix gallica</i> y <i>Tamarix germanica</i>	William Prince & Sons, Vivero y Jardín Botánico Linnaean, Flushing , Long Island, cerca de Nueva York	ND
1832	<i>Tamarix gallica</i> y <i>Tamarix germanica</i>	Vivero de William Kenrick, Boston	50 ¢
1832	<i>Tamarix gallica</i> y <i>Tamarix germanica</i>	Michael Floy, Vivero Harlam, Nueva York	ND
1833	<i>Tamarix gallica</i> y <i>Tamarix germanica</i>	Viveros Brighton, Boston	50 ¢
1833-34	<i>Tamarix gallica</i>	Vivero de William Kenrick en Newton	50 ¢
1836-37	<i>Tamarix gallica</i>	Vivero Sinclair en Baltimore	50 ¢

T. gallica gradualmente comenzó a escaparse del cultivo, reportándose en Utah en 1880 y en Texas en 1897 (Tellman 1997). Hay una referencia que menciona a *T. gallica* como un “hermoso arbusto, frecuente en el cultivo y que tiende a escapar” en los estados del sur, estableciéndose permanentemente en la Isla James, cerca de Charleston, Carolina del Sur (Gray 1895-97). En México se desconoce bien la forma en que fue introducido, pero en 1923 se documentó que *Tamarix* fue cultivado especialmente como planta ornamental en porciones áridas del norte de México, a veces escapando, indicando una distribución local en México; este autor (Standley 1923), se refiere a *T. gallica* en su descripción (Horton 1964).

b. Condiciones de cultivo

En condiciones controladas, en laboratorio, se ha micropropagado a *T. gallica*, con el fin de inducir la proliferación de nudos axilares; se cortan porciones de ramas de 5 cm, de árboles en crecimiento, en verano, se lavan en una solución al 0.1% (v/v) de polisorbato 20, suplementado con ácido ascórbico durante una hora. Se desinfecta el material de la planta. Los explantes de la rama de 1-1.5 cm de largo que deben tener de 4 a 6 nudos, se colocan

verticalmente en viales de 30 ml que deben contener 5 ml de medio. Se incuban a $22 \pm 1^\circ\text{C}$, con 16 horas de fotoperiodo. Las ramas que logran enraizar pueden crecer vigorosamente en condiciones de invernadero (Lucchesini *et al.* 1993).

c. Análisis económico

No hay un análisis económico realizado en México sobre *T. gallica*. En EUA las pérdidas por la invasión de *Tamarix* se han estimado como considerables, aunque no se separan estos costos por cada especie claramente. Se ha estimado que los costos de manejo y no uso, y por el consumo de agua, el valor total de los suministros municipales de agua del sur de California y Arizona que se pierden cada año por *Tamarix* se estima entre 26 a 67 millones de dólares. Asimismo, el valor anual estimado de pérdida de agua para la agricultura es del orden de 38 millones de dólares (Zavaleta 2000a,b). Por otro lado, se han hecho estimaciones del valor económico del impacto de *Tamarix* en el oeste de EUA, calculando que el costo anual de la pérdida de servicios ecosistémicos (como agua para irrigación, agua municipal, energía hidroeléctrica en el Río Colorado y control de inundaciones) por la invasión de *Tamarix* es de aproximadamente 127-291 millones de dólares, lo que representa 284 a 447 dólares por hectárea anualmente (Zavaleta 2000b).

B. Rutas de introducción

Las semillas de *T. gallica* son muy pequeñas y pueden ser dispersadas por el viento (Robinson 1958). Para *T. gallica* no hay literatura que indique los desplazamientos que tienen las semillas con el viento, pero se sabe que las semillas de plantas de *Tamarix* en general, con ayuda del viento o fuentes acuáticas avanzan 2.5 km pero pueden dispersarse hasta 11 km (DiTomaso 1998). Sus semillas y esquejes se pueden transportar a través de maquinarias, ya que la tierra que se remueve con ellas puede llevar las semillas, al moverse entre sitios. Los humanos y sus actividades son el principal vector para la introducción y dispersión de *Tamarix*, pudiendo ser por vehículos terrestres y botes que los llevan hacia otros sitios (Lindgren *et al.* 2010). Partes de la planta o toda la planta se pueden dispersar

en contenedores o en transporte de madera (CABI 2017b). Esta planta se ha escapado de cultivos en regiones áridas y semiáridas.

Tamarix gallica fue descrito por primera vez para la clasificación botánica en 1753, reportando su establecimiento ya en cultivo desde 1596. Robinson (1958) menciona la introducción de las primeras plantas a América entre 1540 y 1750 por exploradores y conquistadores españoles; sin embargo, no hay referencias o especímenes de herbarios para confirmar la autenticidad de este comentario. De la misma manera, los relatos que indican que las primeras introducciones de *T. gallica* fueron hechas a través de México es un registro dudoso (Robinson 1957, Horton 1964, Tellman 1997). En 1776, ya se registró una especie como “Taray” creciendo en Fort Pierce Wash, cerca de la frontera de Utah con Arizona (Auerbach 1943, Horton 1964). Sin embargo, esta planta podría referirse a *Salix* ya que son comunes a lo largo de las corrientes del sur de Utah. En español, taray se traduce como tamarisco, pero en México a las especies de *Salix*, *Eysenhardtia* y *Caesalpinia*, también se les conoce como tamarisco. Por lo anterior, se ha concluido que lo más probable es que esa especie registrada como taray no era del género *Tamarix* (Horton 1964). Desde el siglo XIX, varias especies pertenecientes al género *Tamarix* se habían ya introducido en América del Norte, principalmente como arbusto ornamental; posteriormente se escaparon y diseminaron rápidamente en hábitats ribereños (Horton 1964, Tellman 1997, Gaskin & Schaal 2002). Los primeros en introducir las especies de *Tamarix* a EUA fueron viveristas a principios de 1800. En Nueva York se vendía en 1823 en viveros operados por Lawrence & Mills. Las evidencias conservadas por los herbarios dan algunas pistas confiables sobre las especies realmente presentes en los EUA en tiempos particulares. A pesar de la incertidumbre por la posible confusión sobre la correcta identificación de las primeras especies de *Tamarix* introducidas a EUA, la evidencia de su dispersión apunta a un escape de cultivo en la década de 1870. El primer registro confiable de herbario indica que una colección de *T. gallica* fue hecha por J. F. Joor en 1884 en el río San Jacinto, Condado de Harris, Texas, y en ese momento la especie ya estaba naturalizada por completo en dicha área (Horton 1964, Robinson 1965). En 1877, se recolectó un espécimen identificado como *T. gallica* en Fairmont Park, Filadelfia; Heller y Hapeman recolectaron especímenes de la

especie a lo largo de la costa cerca de Corpus Christi y Galveston, Texas en 1894 y hasta 1915. Después de eso, se realizaron extensas recolecciones de tamariscos en los afluentes de la mayoría de los canales de drenaje en el suroeste de los EUA, con el fin de eliminarlo; ello indica que las plantas se establecieron ampliamente en las comunidades de plantas previamente (Robinson 1958). En 1898 se afirma la ocurrencia de un tamarisco, haciendo alusión a *T. gallica* a lo largo del río Gila, cerca de Gila Bend, Arizona. En 1901, se recogieron estos tamariscos a lo largo del río Salado cerca de Tempe; tres años después, *T. gallica* ya era común a lo largo de los bordes de las carreteras y en los vertederos en los estados del sur (Small & Rydberg 1913). Los registros indican que antes de 1912 no había *Tamarix* en la cuenca del río Pecos, entre Santa Rosa, Nuevo Mexico y frontera del estado de Texas. Los primeros informes de algunas plántulas se encontraron en 1912 en el lago McMillan. Estos se extendieron hasta que en 1915 cubrieron aproximadamente 240 hectáreas. Las plantas continuaron extendiéndose, de modo que en 1925 cubrieron 4,980 hectáreas y en 1939 ya eran 5,260 hectáreas. En 1950, la Comisión del Río Pecos descubrió que entre el embalse de Alamogordo y la línea del estado de Nuevo Mexico-Texas, *T. gallica* cubría un total de 12,880 hectáreas, y para 1953, un estimado de 14,680 hectáreas (Robinson 1965). En el norte de México, *T. gallica* fue cultivado como ornamental en zonas áridas, a veces escapando, indicando solo la distribución local en México desde 1923 (Horton 1964, Standley 1923).

7. Potencial de establecimiento y colonización

a. Potencial de colonización

El exitoso establecimiento de *T. gallica* se debe a las ventajas competitivas con que se caracteriza, que incluyen la alta producción y viabilidad de semillas, rápida germinación y crecimiento, su reproducción vegetativa (es decir, tiene dos estrategias reproductivas favorables para la colonización), además de su tolerancia a ambientes de estrés como sequía y salinidad (Robinson 1958, Kuzminsky *et al.* 2014). Con relación a la sexual, esta especie es muy prolífica. Se ha estimado que una pequeña planta tiene más de 600,000

semillas (Brock 1994). Se ha encontrado en EUA (Kansas), que los racimos promedian de 3.8-5 cm de largo, portando aproximadamente 20 flores cada 2.5 cm del racimo, con un promedio del número de óvulos de 22, que a menudo tienen todos fertilizados y desarrollados (Merkel & Hopkins 1957). Las semillas germinan rápidamente y, una vez establecidas, la planta crece con velocidad (Robinson 1958). Su reproducción se da en la mayor parte de la temporada de crecimiento. Una planta madura es capaz de producir cientos de miles de semillas por año. Para germinar eficazmente, requiere de un contacto directo con el agua o con humedad extremadamente alta (Merkel & Hopkins 1957).

Un ejemplo en donde destaca el potencial de colonización, es la velocidad con que se propaga la planta a lo largo del río Pecos entre Santa Rosa, Nuevo Mexico, y la frontera de Texas. La tasa promedio de propagación desde 1912, cuando se observaron las primeras plántulas, hasta 1953, fue de aproximadamente 400 hectáreas por año, pero para el período 1950-53, la tasa promedio fue de aproximadamente 600 hectáreas por año. Este es un aumento del 50 por ciento en la tasa de propagación sobre el promedio de 41 años. Casos similares se dieron en la cuenca del Río Grande de Nuevo Mexico y en el valle del río Arkansas de Colorado (Robinson 1958, 1965). Las semillas son de corta duración y no forman un banco de semillas persistente, ya que después de ser recolectadas su viabilidad puede ser de 12 a 16 semanas (Merkel & Hopkins 1957). Otra forma de propagación es por estaca (Villegas *et al.* 2003).

b. Potencial de dispersión

El potencial de dispersión es elevado, ya que las semillas diminutas pueden ser dispersadas por el viento. Las semillas tienen cerdas cortas como pelos dispuestos en espiral, sugiriendo que estos pelos ayudan en la aerodinámica de la semilla para dispersión. La forma de dispersión de *T. gallica* es anemocoria (Georgis *et al.* 2014). Asimismo, las semillas y ramas pueden ser dispersadas por el agua. En la reproducción sexual, generalmente son polinizadas por insectos (Merkel & Hopkins 1957, Robinson 1958).

8. Evidencias de impactos

a. Impactos/beneficios socioeconómicos

Hay más impactos económicos por el control de esta planta que los beneficios que hayan tenido los viveros y para el uso que se le dio de cortinas cortavientos. Los costos de pérdida de agua y por la aplicación de métodos para control para eliminar a la planta, se ha indicado en la sección de Análisis económico, que son muy elevados para las especies del género *Tamarix*. Se deben manejar tan solo en EUA alrededor de 600,000 hectáreas para controlar los daños y restaurar ecológicamente las zonas una vez se erradiquen estas plantas invasoras.

Algunos de los beneficios descritos para *T. gallica* de manera local, son el de ser considerada como una especie productora de néctar y polen, lo cual podría también considerarse para las demás especies de *Tamarix* (Villegas *et al.* 2003, Alaniz-Gutiérrez *et al.* 2017), En un estudio hecho en Mexicali, México resultaron ser el recurso nectarífero más importante. *T. gallica* fue encontrada como una de las principales fuentes de néctar en la producción de miel también en el Valle inferior del Río Chubut, Argentina (Forcone *et al.* 2003). Asimismo, es utilizado en la industria química para la producción de hidróxido de sodio, usos medicinales y fitoterapia.

b. Impactos a la salud

T. gallica tiene impactos benéficos a la salud en las zonas donde tradicionalmente es usado como laxante y expectorante, como antidiarreico, antihelmíntico, para la gingivitis y hemorroides, astringente, diurético, y para el tratamiento de reumatismo. También para tratar diversos trastornos hepáticos y para fines terapéuticos (Chopra *et al.* 1956, Ksouri *et al.* 2009, Drabu *et al.* 2012, KalamUrfi *et al.* 2016).

c. Impactos ambientales y a la biodiversidad

T. gallica se convirtió en uno de los problemas principales del suroeste de EUA debido a su carácter de freatofita con una naturaleza agresiva y con elevados requerimientos de agua. Como se explicó, poco después de haber sido introducido en 1800 como planta ornamental, escapó del cultivo y se propagó rápidamente, principalmente en zonas ribereñas y en suelos con capas freáticas poco profundas. En Texas, en suelos salinos, el servicio de conservación de suelos estimó cerca de 283,400 ha infestadas por el árbol a principios de los años sesenta (Horton 1964, Robinson 1965). *T. gallica* tiene un muy alto consumo de agua y una alta deposición de sales en la superficie del suelo. Cuanto más tiempo ha sido invadida una comunidad por este árbol, más xérica se vuelve la composición de especies de plantas del sotobosque. El uso de agua subterránea por esta planta, a una densidad volumétrica óptima, se encuentra entre los más altos, si no es que el más alto de cualquiera de las freatófitas (Robinson 1965, Brock 1994). Se le ha atribuido el aumento de inundaciones al formar una barrera parcial al flujo de las mismas, lo que puede hacer que estas aguas se dispersen e inunden áreas que de otro modo no se inundarían (Robinson 1965, Carpenter 1998). También se le atribuye el impacto en la reducción del ancho de los ríos; un ejemplo es el de Brazos River, Texas, donde se ha reportado en algunos lugares la reducción de amplitud en un 71% en 41 años (Brotherson & Field 1987). Se ha señalado a *T. gallica* como especie representativa de hábitats pobres para la vida silvestre (Cohan *et al.* 1978). También se le asocia la reducción del valor productivo de la tierra, ya que las plantas incrementan la salinidad de los suelos; también producen cambios en la dinámica del fuego (Natale *et al.* 2008).

El desarrollo de programas de gestión del agua que impactan severamente en los caudales naturales de los ríos ha contribuido en gran medida a la propagación de este árbol. Dichas alteraciones incluyen la construcción de embalses y presas, desvíos de ríos, regulaciones de flujo y proyectos de irrigación. Los cambios en los cursos del canal y las condiciones creadas en el flujo son desfavorables para la regeneración y supervivencia de las especies ribereñas nativas, dando como resultado a la vez una rápida colonización y expansión de *Tamarix* en todos los sistemas fluviales. Además de la alteración del flujo de las corrientes, el despeje y

arado de las llanuras de inundación y la actividad agrícola asociada también ayudaron a la colonización de los árboles durante el siglo XIX (Robinson 1958, Carpenter 1998).

9. Control y mitigación

Las estrategias para el control de *T. gallica* encontradas van ahora orientadas hacia la utilización de métodos diversos. No existe mucha información sobre el control y eliminación de *T. gallica* y la existente es poco confiable. Una vez establecida la planta es difícil y costoso llevar a cabo un control por lo exitosa que es *T. gallica*. Cualquier método de control en vez de mitigar podría aumentar la floración y producción de semillas. Es importante entender que se requiere de trabajo a largo plazo para mantener controlado y prevenir una re-infestación por esta planta invasora. El monitoreo, la prevención, la detección temprana y la erradicación local sigue siendo el enfoque más eficaz para el control de *Tamarix*; la detección y control de manera temprana es fundamental, ya que se logra un dominio efectivo en condiciones favorables (Sheley *et al.* 1996, Lovich 2000, Gouldthorpe 2008).

Se han utilizado una variedad de métodos para el control de *Tamarix* que incluyen métodos mecánicos, biológicos, químicos. Una vez bien establecida alguna especie de *Tamarix*, rara vez se puede controlar o erradicar con un solo método, por lo que el manejo más efectivo debe combinar más de un método (Muzika & Swearingen 1999).

Control mecánico

El método mecánico está diseñado para reducir el crecimiento del dosel o provocar mortalidad en la planta, eliminando los tallos aéreos y las partes de la raíz. Incluye extracción manual, excavación, corte de raíz, usando hachas, machetes, excavadoras, comedores de hierbas y fuego. En condiciones favorables llegan a reducir la densidad de la planta. La extracción manual para pequeñas infestaciones de retoños menores a una pulgada de diámetro resulta ser exitosa, ya que las plántulas y plantas pequeñas pueden arrancarse a mano. Sin embargo, a pesar de ser efectivo llega a ser laborioso y costoso, además de que

se pueden causar daños a los suelos y provocar rebrotes (Brock 1994, Carpenter 1998, Muzika & Swearingen 1999).

Es difícil de causar mortalidad considerable e importante a *Tamarix* solo usando métodos mecánicos. Aunque son efectivas al eliminar infestaciones tempranas, solo tienen éxito cuando se combinan con tratamientos de seguimiento. El arado de raíces es uno de los métodos de control más exitoso en *Tamarix* (Horton & Campbell 1974, Lovich 2000).

El control con fuego no es un método efectivo para *Tamarix*, y no lo es para *T. gallica*, ya que una de sus características de esta especie es su adaptación al fuego, rebrotando vigorosamente después de la quema. Pero si se usa en combinación con herbicidas, se llega a reducir en gran medida la densidad de árboles (Brock 1994, Carpenter 1998). También el método de las inundaciones se puede usar como control, puesto que a largo plazo pueden causar la mortalidad de las plantas si las coronas de la raíz permanecen sumergidas durante al menos tres meses (Brock 1994).

Control biológico

Varios insectos están siendo investigados como posibles agentes de control biológico para *Tamarix*, entre ellos el hemíptero *Trabutina mannipara* de Israel y el escarabajo foliar *Diorhabda elongata* de China; este último fue aprobado su liberación en seis estados de EUA (Texas, Colorado, Utah, Wyoming, Nevada y California). Los demás aún estaban en investigación (Carpenter 1998). Se ha reportado al insecto coleóptero *Apate monachus*, que daña principalmente a *T. gallica* reduciendo su densidad (Brock 1994).

El control biológico crea preocupaciones con respecto a su uso de agentes que puedan dañar a plantas no objetivo, la respuesta sobre el *Tamarix* al uso de agentes para su control, la recuperación de la vegetación nativa, o que ya no pueda recuperarse o sobrevivir a la exposición de esta técnica (Dudley *et al.* 2000). En Francia se llevó un estudio del ácaro *Aceria tamaricis* (Trotter) para determinar si se puede usar como control biológico de *Tamarix*; a la especie que más atacó fue a *Tamarix gallica* (De Lillo & Sobhian 1994).

Control químico

Para infestaciones extendidas, el control químico es más adecuado, pero su efectividad podría requerir tratamientos repetidos y combinarlo con otro método. Los herbicidas más comunes usados en *Tamarix* son 2,4-D, 2,4,5TP (silvex), picloram, dicamba, tebuthiuron, triclopir, hexazinona, glifosato e imazapir. Sin embargo, los más adecuados son 2,4-D, el triclopir, el glifosato y el imazapyr (Brock 1994, Lovich 2000). Ver Anexo 3 para una presentación de los herbicidas más utilizados para controlar *Tamarix*, y las implicaciones de su uso.

De acuerdo a varios estudios realizados en Nuevo México, se llevaron a cabo ensayos de campo con tratamientos para *Tamarix*, probando la aplicación de productos químicos en diferentes temporadas, que incluían tebuthiuron, glifosato, 2,4-D y dicamba, 2,4-D y picloram. Fue menos efectivo el glifosato, mientras que el picloram resultó ser más efectivo en plantas jóvenes; este químico no es tan eficaz si se aplica en el otoño. En plantas más viejas el glifosato fue más efectivo que en las más jóvenes; al usar el 2,4-D (solo, sin combinar con otro químico) y el 2,4-D combinado con dicamba, resultó mucho más efectivo para el control de plantas más viejas que el glifosato. Se concluyó que al aplicar Imazapyr únicamente o al combinarlo con glifosato, *Tamarix* es controlado en un 90% o más (Duncan & McDaniel 1998, Sher & Quigley 2013). El herbicida Imazapyr es señalado como la técnica de control más rentable para *Tamarix*, al aplicarse en el follaje o como spray basal (Brock 1994, Carpenter 1998). Pero es recomendable la combinación del uso de herbicidas con otros métodos de control (como el mecánico fuego) y revegetación, para una mayor eficacia (Grubb *et al.* 1997).

Algunos métodos en combinación con herbicida consisten en la trituración de árboles agregando herbicidas para evitar germinación y rebrotes; hacer corte de la superficie del tallo y aplicar herbicidas como glyfosfato y triclopyr. También resulta muy efectivo el control manual quitando ramas y tallos secos o muertos, para posteriormente identificar los tallos con rebrote y aplicar Imazapyr (CONANP & FMCN 2005).

10. Normatividad

En México existe actualmente algún recurso bibliográfico donde se considera a *Tamarix gallica* como especie invasora, pero sin ningún carácter legal, como es:

Listado de Plantas exóticas de alto riesgo para México. CONABIO. 2016. Sistema de información sobre especies invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Considerada como especie de alto riesgo para México.

<http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/Plantas.pdf>

<http://www.biodiversidad.gob.mx/invasoras>

<http://enciclovida.mx/especies/6076956>

Se presenta la normatividad nacional y posteriormente la internacional para esta especie de planta, *Tamarix gallica*.

a. Legislación Mexicana

No existe actualmente en México alguna ley que regule o controle la presencia de *Tamarix gallica*.

b. Legislación Internacional

Se hizo primeramente una búsqueda sobre los rangos de distribución y estatus de la planta, mismos que se presentan en los apartados respectivos.

Además de hacer las búsquedas normales en las páginas gubernamentales de cada país también se realizaron búsquedas en Google de diferentes maneras, manejando diferentes formas de búsqueda como por ejemplo: list of alien plants of India, quarantine species of India, list pest of India, list weeds of India, list invasive plants of India.

Países que la consideran Introducida Invasiva

Argentina

Considerada como introducida e invasora. Fundación Vida Silvestre Argentina.

Considerada como especie exótica invasora por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable y por el sistema nacional de información sobre especies Exóticas invasoras de Argentina.

http://awsassets.wwf.panda.org/downloads/rev_113_escritorio_al_campo_plantas_exoticas_introducidas_e_invasoras.pdf

<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/biodiversidad/exoticasinvasoras>

<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/biodiversidad/especiesinvasoras/proyecto/focalizaci%C3%B3n/tamarisco>

<http://www.inbiar.uns.edu.ar/>

http://www.inbiar.uns.edu.ar/?p=NDgxcRsMWBtYj9%2Beh0GTBcFVAEFVUdITRtZPjM2IGE3MXM3YHIuL313JmUzVAVTXgUODgoHQw9UQhJLTwoJUldEB1pXUFBZDzR2JXJ1ICd1YjM%2B#tabsheet_start

Archipiélago Azores

Considerada como no nativa e invasora. European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO).

<https://gd.eppo.int/reporting/article-1055>

<https://gd.eppo.int/>

Canadá

Se encuentra en el listado List of available weed risk analysis documents prepared by the Canadian Food Inspection Agency (CFIA). Sin embargo, no tiene categoría y no está regulada.

<http://www.inspection.gc.ca/plants/plant-pests-invasive-species/invasive-plants/weed-risk-analysis-documents/eng/1427387489015/1427397156216>

Saskatchewan

Considerada en la categoría de invasiva y prohibida. Saskatchewan Invasive Species Council.

Debido a que las malezas prohibidas se introdujeron recientemente y son raras o no se encuentran en la actualidad en Saskatchewan, no se han desarrollado aún las opciones para su control en Canadá. De acuerdo con The Weed Control Act, los municipios requieren notificar al área de Cultivos e Irrigación sobre el descubrimiento de una hierba prohibida y en ese momento se investigará y aprobará una opción de control apropiada.

Es esencial que estas malas hierbas se descubran tan pronto como sea posible, después de que ingresen a la provincia; una vez que se encuentren, se deben poner en cuarentena, y posteriormente, utilizando los medios más efectivos posibles para evitar que se establezcan, buscar su erradicación.

Formas de prevención y erradicación:

Tamarix es una planta extremadamente difícil de controlar y casi imposible de erradicar por completo. Se puede usar una combinación de los siguientes pasos para el control de esta planta invasora:

- 1.- Eliminación mecánica de plantas pequeñas desde la raíz; arar y quemar.
- 2.- Dar tratamientos con herbicidas de glifosato en el rebrote de plantas.

Los métodos mecánicos de cortar, encadenar, rasgar y usar excavadoras se ha encontrado que han fracasado debido a que las plantas vuelven a crecer vigorosamente.

Por otra parte, el glifosato se debe aplicar a finales de la primavera y a principios del otoño, en especial cuando la humedad es adecuada para que la planta crezca bien.

Los métodos de control biológico están siendo actualmente probados, pero no se han utilizado para controlar masivamente a las plantas.

http://www.saskinvasives.ca/index.php?id=14#Terrestrial_Plants

[http://www.saskinvasives.ca/file/Salt%20Cedar%20Fact%20Sheet\[1\].pdf](http://www.saskinvasives.ca/file/Salt%20Cedar%20Fact%20Sheet[1].pdf)

[http://www.saskinvasives.ca/file/Saltcedar_Factsheet_June_2007\[1\].pdf](http://www.saskinvasives.ca/file/Saltcedar_Factsheet_June_2007[1].pdf)

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#sk>

Estados Unidos de Norteamérica (EUA)

Esta planta esta listada por el Gobierno federal o por algún estado. Montana (categoría 2 de malezas nocivas), Nuevo Mexico (clase C de malezas nocivas), Dakota del Sur (maleza nociva), Texas (planta nociva), Wyoming (maleza nociva). Federal and State Noxious Weeds.

<https://plants.usda.gov/java/profile?symbol=TAGA>

California

Regulada en la Section 4500, Noxious Weed Species - Establece 22 especies de malezas. Se agregará a la Lista de malezas nocivas de California:

Se ha determinado que *Tamarix* es una mala hierba nociva, de acuerdo a lo establecido en la Sección 5004 del Código de Alimentos y Agricultura.

Todas estas especies se han incluido en la Lista de malezas nocivas de California después de realizar los análisis de riesgo de plagas, con lo que se ha respaldado su incorporación.

California Invasive Plant Council. 2006. California Invasive Plant Inventory. Cal-IPC Publication 2006-02 (1 February 2007). California Invasive Plant Council. Berkeley, California.

https://www.cdfa.ca.gov/plant/regs_nws.html

<https://www.cdfa.ca.gov/plant/docs/4500Text04012015.pdf>

https://www.cdfa.ca.gov/plant/ipc/encycloweedia/weedinfo/wininfo_table-scname.html

<https://www.cdfa.ca.gov/plant/docs/4500Not6112014.pdf>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#ca>

Carolina del Sur

Catalogada como amenaza emergente por South Carolina Exotic Pest Plant Council Terrestrial Exotic Invasive Species List 2014.

Catalogada como amenaza de gravedad por el South Carolina Exotic Pest Plant Council Severity of Threat: Observación B: especies de plantas exóticas que se sabe que representan una amenaza grave para las áreas naturales en estados adyacentes o en el sureste, pero que actualmente no están registradas para Carolina del Sur. Estas especies también están en la lista de detección temprana y respuesta rápida (EDRR).

Considerada como planta invasora que debe ser evitada u objeto de erradicación en los bosques costeros de Carolina del Sur (Whitaker *et al.* 2009).

Whitaker, D.J., J.W. Mccord, B. Pulley, & E.H. Mullins. 2009. Best Management Practices for Wildlife in Maritime Forest Developments. South Carolina Department of Natural Resources.

https://www.se-eppc.org/southcarolina/SCEPPC_LIST2014finalOct.pdf

http://www.se-eppc.org/southcarolina/SCEPPC_LIST_offical_2008.xls

<http://www.dnr.sc.gov/marine/pub/BMPSforCoastWeb.pdf>

<https://www.se-eppc.org/southcarolina/>

<https://www.se-eppc.org/southcarolina/scinvasives.pdf>

Colorado

Categoría B. Regulada por Colorado Noxious Weeds. Plant Industry Division. 2017. Reglas relativas a la administración y ejecución de leyes de Colorado Noxious Weed Act. Colorado Department of Agriculture.

Lista B: Se requiere que sea erradicada, controlada o suprimida, dependiendo de las infestaciones locales.

Dentro de las recomendaciones integradas para la gestión de malas hierbas se encuentran las culturales, biológicas, mecánicas y químicas.

Cultural. Después de que se maneja una infestación de pino salado, la revegetación es necesaria para proteger el suelo y reducir la amenaza de reinvasión. Las hierbas sembradas, las estacas de sauce y el álamo de Virginia pueden reducir las posibilidades de que los árboles de *Tamarix* crezcan nuevamente en los sitios tratados.

Biológico. Las larvas y los adultos del escarabajo de la hoja del *Tamarix* (*Diorhabda elongata*) se alimentan del follaje, lo que causa la muerte regresiva del tallo y la muerte potencial de la planta si la defoliación es consistente. El escarabajo de la hoja debe estar disponible para una distribución limitada. Para su uso como control biológico se debe hacer en coordinación con el Departamento de Agricultura de Colorado.

Mecánico. Se puede usar excavadora o fuego prescrito para abrir grandes rodales de madera de pino salado. Estos métodos deben ser seguidos con un tratamiento de los rebrotes con herbicida, cuando miden de 1 a 2 m de altura. Las motosierras o tijeras para plantas más pequeñas son efectivas en los tratamientos de corte y cuando se deja un muñón, cuando hay infestaciones pequeñas o en áreas de manejo ambientalmente sensibles.

Herbicidas. Los herbicidas como el Triclopyr; Glyphosate son los que principalmente se pueden aplicar en praderas y pastizales.

Para mayor detalle sobre las medidas de control se pueden consultar las siguientes ligas:

<https://www.colorado.gov/pacific/agconservation/noxious-weed-species>

<https://www.colorado.gov/pacific/agconservation/saltcedar-tamarisk>

https://drive.google.com/file/d/1qMxP9ogp7Z_Q_bnCSIF6wyKdkIELKOCO/view

<https://www.colorado.gov/pacific/agconservation/tamarisk-biocontrol>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#co>

Dakota del Sur

Considerada en el listado de malas hierbas y plagas nocivas del estado de Dakota del Sur (South Dakota Noxious Weeds, State Noxious Weeds). South Dakota Code. 2017. South Dakota weed and pest control, Chapter 38-22, Article 12:62. State of South Dakota.

<https://sdda.sd.gov/ag-services/weed-and-pest-control/weed-pest-control/sd-state-noxious-weed-declared-pest-list-and-distribution-maps/default.aspx>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#sd>

Georgia

Se encuentra en el listado de plantas no nativas invasivas en la categoría 2: Planta exótica que es un problema moderado en las áreas naturales de Georgia, a través de la invasión de comunidades de plantas nativas y el desplazamiento de especies nativas, pero en menor grado que las especies de Categoría 1. Georgia Exotic Pest Plant Council. List of Non-native Invasive Plants in Georgia

<https://www.gaepcc.org/list/>

<http://www.dnr.sc.gov/marine/NERR/present/invasive/StateSummaryData.pdf>

Idaho

Considerada con la categoría dentro de la lista de contención estatal (Statewide Containment List) como especie dañina por la Ley Estatal de Idaho. IDAPA 02-Title 06 Chapter 22 02.06.22 – Noxious Weeds Rules.

Contención- Concentración de malezas donde el control y / o la erradicación pueden ser posibles.

Como control químico se utiliza principalmente el herbicida Triclopyr. Para mayor detalle sobre este tipo de control ver la primera liga.

<https://invasivespecies.idaho.gov/noxious-weed-program/>

<http://invasivespecies.idaho.gov/control-strategies/>

<https://www.cals.uidaho.edu/edcomm/pdf/BUL/BUL0865.pdf>

<https://static1.squarespace.com/static/564b8c9ae4b0459b2b8187a3/t/590765046a4963cec48e817d/1493656838135/Saltcedar.pdf>

<http://invasivespecies.idaho.gov/terrestrial-plants>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#id>

<https://legislature.idaho.gov/statutesrules/idstat/Title22/T22CH19/>

<https://adminrules.idaho.gov/rules/2010/02/0622.pdf>

Kansas

Considerada como especie en cuarentena, *Tamarix* (Salt Cedar). Saltcedar o tamarisk (*Tamarix* spp.) fue puesto en cuarentena por el Departamento de Agricultura de Kansas en 2004; actualmente ha desplazado aproximadamente 1.6 millones de acres (648,000 ha) de vegetación nativa en el oeste de los Estados Unidos.

El Departamento de Agricultura, de conformidad con lo autorizado por KS.A. 2-2117, determina que la acción de cuarentena es necesaria para evitar la introducción y expansión de *Tamarix* spp. en el estado de Kansas. Secretary of the Kansas Department of Agriculture.

<http://agriculture.ks.gov/docs/default-source/statutes-ppwc/quarantinetamarix.pdf?sfvrsn=2>

<http://agriculture.ks.gov/divisions-programs/plant-protect-weed-control>

http://agriculture.ks.gov/docs/default-source/dwr-water-appropriation-documents/gmd3_preliminary_draft_program_081117f.pdf

<http://agriculture.ks.gov/divisions-programs/plant-protect-weed-control/noxious-weed-control-program>

<https://plants.usda.gov/java/noxious?rptType=State&statefips=20>

Montana

Considerada como Prioridad 2b: estas malas hierbas son abundantes en Montana y están extendidas en muchos países. Los criterios de manejo requerirán erradicación o contención donde sean menos abundantes. El manejo debe ser priorizado por los distritos locales de control de malezas.

Se han investigado varios métodos para controlar el pino salado como el uso de químicos, biológicos y mecánicos. En muchos casos, solo se obtendrá la eliminación temporal del crecimiento de la planta, a menos que se destruya toda la corona de la raíz subsuperficial. Las coronas radicales restantes vuelven a crecer vigorosamente y requerirá retratamiento. Además, otras plantas invasoras, como la lengua de perro, el cardo de Canadá y la capa blanca, a menudo invaden un sitio que sigue el control del pino salado. Por esa razón, el monitoreo de seguimiento para controlar otras especies invasoras y / o reinvasión del pino salado es crítico. Dependiendo del sitio y el grado de infestación, puede ser necesaria la revegetación con una vegetación conveniente y apropiada, especialmente arbustos ribereños y árboles como sauces y álamos. Para más detalle sobre el manejo y control en la siguiente liga:

[http://msuinvasiveplants.org/documents/mt_noxious_weeds/Saltcedar MT199710AG FINAL%202017%20REVISION.pdf](http://msuinvasiveplants.org/documents/mt_noxious_weeds/Saltcedar_MT199710AG_FINAL%202017%20REVISION.pdf)

http://flatheadbasincommission.org/chd_bcdc10/files/MTansPlan101602.pdf

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#mt>

http://msuinvasiveplants.org/documents/mt_noxious_weeds/2017%20Montana%20Noxious%20Weed%20List.pdf

Nevada

Catalogada como categoría C. Nevada Noxious Weed List By Category (NAC 555.010). Malezas generalmente establecidas y con amplia distribución en muchos de los condados del estado. Tales malezas están sujetas a: (a) Erradicación activa desde las instalaciones de un distribuidor de viveros. Noxious Weeds Categories. Department of Agriculture of Nevada.

NAC555.010 Designation and categorization of noxious weeds. (NRS 555.130)

Manejo y control:

- 1.- Se puede cortar, excavar o quemar, pero se debe combinar con una aplicación química para ser efectiva.
- 2.- Se puede usar el control biológico por medio de insectos.
- 3.- Se puede aplicar el herbicida imazapyr al follaje en crecimiento activo durante la floración; triclopyr, glifosato o imazapir como un tratamiento de corte de tocón o corteza basal.

[http://agri.nv.gov/Plant/Noxious_Weeds/WeedList/Saltcedar_\(Tamarix_spp_\)/](http://agri.nv.gov/Plant/Noxious_Weeds/WeedList/Saltcedar_(Tamarix_spp_)/)

http://agri.nv.gov/Plant/Noxious_Weeds/Noxious_Weed_List/

http://agri.nv.gov/uploadedFiles/agrinvgov/Content/Plant/Noxious_Weeds/Documents/NVNoxiousWeedList_by%20category_2012.pdf

<https://www.leg.state.nv.us/NAC/NAC-555.html#NAC555Sec010>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#nv>

Nuevo Mexico

Catalogada como especie clase C. Las especies de clase C están muy diseminadas en el estado. Las decisiones de manejo para estas especies se deben determinar a nivel local,

según la viabilidad del control y el nivel de infestación. New Mexico Noxious Weed List. New Mexico Department of Agriculture.

<http://www.nmda.nmsu.edu/wp-content/uploads/2016/11/Weed-List-memo-and-weed-list-2016.pdf>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#nm>

Texas

Considerada como planta exótica, dañina o potencialmente dañina. Ninguna persona puede importar, poseer, vender o colocar en el agua de este estado a esta especie, excepto según lo autorizado por la regla o el permiso emitido por el departamento. Considerada en el listado de plantas nocivas Texas Administrative Code. 2005. Quarantines and noxious plants, Chapter 19 (24 May 2006). State of Texas.

El manejo del pino salado requiere tener un compromiso a largo plazo para mantener niveles bajos de la planta y prevenir la reinfestación. Se han utilizado una variedad de métodos en el manejo del bosque del pino salado, incluidos los mecánicos, químicos y biológicos. Se ha demostrado que los métodos de gestión mecánica no tienen éxito debido a la capacidad de las plantas para volver a crecer a partir de brotes o raíces solos. El uso de químicos o biológicos siempre debe ser en concordancia con el Departamento de Agricultura.

<http://www.texasnonnatives.org/Texasnonnatives-LISTS.htm>

https://www.texasinvasives.org/plant_database/detail.php?symbol=TAGA

<https://plants.usda.gov/java/noxious?rptType=State&statefips=48>

Wyoming

Se encuentra en el listado de Especies de malezas nocivas e invasoras de Wy. Wyoming Weed and Pest Council. 2012. "Wyoming Weed & Pest Control Act Designated List".

El consejo de Weed and Pest de Wyoming adoptó el Manejo Integrado de Plagas (IPM) como su enfoque para el control nocivo de malezas. IPM se refiere al uso de múltiples métodos para el control de malezas. Los métodos incluyen control químico usando

herbicidas, control biológico utilizando plagas de plantas y prácticas culturales como labranza o siega. Para áreas infestadas de malezas nocivas establecidas, la utilización de estrategias de control múltiple generalmente producen un buen resultado. El Consejo, así como los distritos individuales, se esfuerzan por mantenerse a la vanguardia en el manejo de la vegetación con el fin de combatir las amenazas existentes y nuevas. Las asociaciones entre el Departamento de Agricultura de Wyoming y la Universidad de Wyoming ayudan a mantener actualizadas tanto la información como la metodología. La detección temprana y la respuesta rápida (EDRR) son un aspecto clave para mitigar los problemas emergentes de malezas.

<http://www.wyoweed.org/weeds/state-designated-weeds>

https://www.blm.gov/sites/blm.gov/files/documents/files/nv_rubypipeline_App_C_Noxious_Invasive_Weeds_Lists.pdf

<http://www.tcweed.org/weed-pests-programs/noxious-weeds/weed-id/>

http://www.wyoweed.org/images/Designated_List.pdf

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#wy>

Irlanda

Considerada como no nativa e invasiva por The National Biodiversity Data Centre (2014). National Invasive Species Database.

Reynolds, S. C.P. (2002). A catalogue of alien plants in Ireland.

<http://www.botanicgardens.ie/glasra/aliens.htm>

<http://species.biodiversityireland.ie/profile.php?taxonId=28622&>

http://www.griis.org/export_pdf.php?name=tamarix%20gallica&impacts=&verified=&country=&kingdom=&type=

Israel

Considerada como planta potencialmente invasiva en Israel.

Dufour-Dror J.M., Fragman-Sapir O., Yaacoby T., Walczak M., Avishai M., Kagan S., Vered Lashner H., Galon I., Heller A. & Gotlieb, A. (2013) Israel's Least Wanted Alien Ornamental Plant Species. Israel Ministry of Environmental Protection, Nature & Parks Authority, Ministry of Agriculture, The Hebrew University Botanical Gardens, 20p.

http://www.sviva.gov.il/English/env_topics/biodiversity/Documents/InvasiveSpecies-July2013.pdf

Slovakia

Considerada como no indígena y con un estado de invasión casual. No hay regulación.

<http://www.preslia.cz/P122Medvecka.pdf>

Medvecká, J., Kliment, J., Májeková, J., Halada, L., Zaliberová, M., Gojdičová, E., Feráková, V., Jarolínek, I. (2012). Inventory of the alien flora of Slovakia.. Preslia. 84, 2: 257-309.

http://www.griis.org/export_pdf.php?name=tamarix%20gallica&impacts=&verified=&country=&kingdom=&type=

Uruguay

Considerada como invasora. Masciadri, S., Brugnoli, E. & Muniz, P. (2010). InBUy Database of Invasive and Alien Species (IAS) in Uruguay: a useful tool to confront this threat to biodiversity. Biota Neotrop. 10, 4:

<http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/es/fullpaper?bn03910042010+en>

<http://www.griis.org/>

Países que la consideran como especie no nativa y estatus desconocido, no establecido o no invasivo

Bélgica

Considerada como especie no nativa y no establecida por Global Register of Introduced and Invasive Species y DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe) (2006). Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe.

Verloove, F. (2006). Catalogue of Neophytes in Belgium (1800-2005). Scripta Botanica Belgica National Botanic Garden of Belgium. 39, 1-89.

http://www.griis.org/export_pdf.php?name=tamarix%20gallica&impacts=&verified=&country=&kingdom=&type=

<http://www.europe-aliens.org/speciesFactsheet.do?speciesId=7925#>

Croacia

Considerada como especie no nativa y con estatus desconocido por Global Register of Introduced and Invasive Species y DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe) (2006). Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe.

http://www.griis.org/export_pdf.php?name=tamarix%20gallica&impacts=&verified=&country=&kingdom=&type=

<http://www.europe-aliens.org/speciesFactsheet.do?speciesId=7925#>

Reino Unido

Considerada como no nativa y no invasiva por GB Non-native Species Secretariat (2016). GB Non-native Species Information Portal.

<http://www.nonnativespecies.org/factsheet/factsheet.cfm?speciesId=3471>

http://www.griis.org/export_pdf.php?name=tamarix%20gallica&impacts=&verified=&country=&kingdom=&type=

Slovenia

Considerada como no nativa con estatus desconocido. DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe) (2006). Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe.

<http://www.europe-aliens.org/speciesFactsheet.do?speciesId=7925#>

http://www.griis.org/export_pdf.php?name=tamarix%20gallica&impacts=&verified=&country=&kingdom=&type=

11. Información para el Análisis de riesgo de *T. gallica*:

A continuación, se presenta la justificación y las referencias consideradas para cada pregunta dentro del análisis de riesgo WRA (Weed Risk Assessment; Pheloung *et al.* 1995; 1999) para *Tamarix gallica* (ver Apéndice 1):

Historia/Biogeografía

1. Domesticación/Cultivo

1.01. ¿La especie está altamente domesticada?

R= Sí. Se ha cultivado extensamente, más en épocas pasadas (ver Historia de la comercialización). Inclusive todavía se puede comprar a través de internet. Fue plantado como un arbusto ornamental o árbol de sombra, para crear rompevientos y para estabilizar bancos de arroyos erosionados (Brotherson & Winkel 1986).

1.02. ¿Se ha vuelto la especie naturalizada donde crece?

R= Sí. *T. gallica* se ha naturalizado en varios estados de EUA y en México, así como en otros 3 países. Ver Estatus y Randall (2012).

1.03. ¿Tiene la especie razas de maleza?

R= No. No se conocen razas de esta planta, aunque se cita una variedad, *T. gallica* var. arborea Sieber ex Ehrenb (Villar *et al.* 2015) que no se menciona como maleza.

2. Clima y Distribución

2.01. Especie adecuada a climas en México

R= Intermedio. De acuerdo a la modelación y al análisis de similitud climática realizados se puede ver una adecuación media a los climas de México (Apéndice 3, tabla 1 y Mapas de climas para *T. gallica*).

2.02. Calidad de la similitud climática

R= Intermedio. Se conoce bien el rango de distribución natural e introducido de *T. gallica*, y presenta una coincidencia con el clima similar de México; aunque el número de registros en México es bajo.

2.03. Idoneidad del clima amplia (versatilidad ambiental)

R= Sí. *T. gallica* es nativo de las costas del mar Mediterráneo donde crece en dunas de arena y suelo salino seco; también crece en regiones templadas y subtropicales principalmente en Europa y zona mediterránea; en México y EUA en zonas áridas y semiáridas, pero también templadas y subtropicales, con las diferencias de clima, con altas y bajas temperaturas. Soporta sequías y se presenta desde el nivel del mar hasta arriba de los 1,200 m; soporta suelos secos, salobres y a veces hidromorfos, cercanos a ríos o mares (Merkel & Hopkins 1957, Robinson 1958, Cirujano 1995, Carpenter 1998, López-González 2006, Gómez-Criado 2012). Por otro lado, analizando los registros que obtuvimos de su área nativa y sobreponiéndolos al mapa de climas del mundo (World Maps of Koppen-Geiger Climate Classification; <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/>), a *T. gallica* se le encuentra en climas del tipo árido cálido, semiárido cálido, tropical seco o de sabana con invierno seco, tropical monzónico, subtropical sin estación seca, oceánico verano suave, mediterráneo con verano cálido, hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío), ecuatorial o tropical húmedo, templado con invierno seco, subpolar oceánico con verano seco, y subpolar sin estación seca; de acuerdo a los registros del área invadida, se denotan climas del tipo tropical monzónico, subtropical sin estación seca y semiárido frío (Tabla 1, en Apéndice 3). Es decir, que la especie tiene un alto grado de versatilidad ambiental.

2.04. Nativa o naturalizada en regiones con periodos de sequía prolongados

R= Sí. *Tamarix gallica* se naturalizó en Texas, EUA (Gray 1895-97, Horton 1964). También se ha naturalizado en tierras costeras a lo largo del Golfo de México, en los litorales de Tamaulipas. El último periodo de sequía en Texas se registró de 2010 a 2015 (NIDIS 2018a). En Tamaulipas, se han registrado tres periodos de sequía severos de 6 años (1948 a 1954), de 4 años (1960 a 1964) y de 3 años (1993 a 1996) (CONAGUA 2018). Es decir, que *T. gallica*

se desarrolla y se ha expandido en su invasión en regiones con sequías prolongadas y recurrentes.

T. gallica soporta estrés por sequía por algunas adaptaciones en los estomas (Robinson 1958, Pearce *et al.* 2005, Saïdana *et al.* 2007, Kuzminsky *et al.* 2014).

2.05. Tiene la especie una historia de repetidas introducciones fuera de su rango natural?

R= Sí. Se tienen documentadas las distintas introducciones en EUA; se sabe que ha habido múltiples introducciones a EUA sobre todo con distintos fines ornamentales y rompevientos) (ver apartado Rutas de introducción).

3. Maleza en cualquier sitio

3.01. Naturalizada más allá de su área de distribución nativa

R= Sí. Se le considera naturalizada y maleza en los distintos países en que se le ha registrado. En diferentes partes del mundo se le considera una planta invasora. Ha invadido exitosamente países como Argentina, EUA y México (se le considera Naturalizada en EUA, Randall 2012). En la cuenca del río Pecos (Texas y Nuevo Mexico), en el año 1912, se registraron por primera vez plántulas de *T. gallica*; en 1915 esta especie ya cubría alrededor de 242.8 hectáreas, en 1925 se había propagada aproximadamente a 4,977.6 hectáreas; para 1939 cubría 5,260.9 hectáreas; en 1953 se estimaba en alrededor de 16,512.1 hectáreas invadidas de *T. gallica*. Desde la primera vez que se registró *T. gallica*, en 1912 y hasta 1953 la tasa de propagación fue de 607 hectáreas por año (Robinson 1958). Robinson (1965) estimó que *Tamarix* spp. en el río Pecos, Nuevo México, había incrementado a 364,217 hectáreas, y que en promedio había una tasa de crecimiento de 9,105.4 hectáreas por año de la cobertura de esta planta.

3.02. Maleza de jardín/ ornato (amenidad)/disturbio

R= Sí. La causa inicial y principal por la que *T. gallica* se introdujo en EUA, fue el comercio como planta de ornato (ver apartado Usos y comercialización). Esta planta se establece tanto en zonas ribereñas perturbadas o no perturbadas, ya sea en desagües de cuerpos de

agua naturales o artificiales (Muzika & Swearingen 1999). Se le considera como Maleza de disturbio en EUA (Randall 2012).

3.03. Maleza de agricultura/horticultura/forestal

R= Sí. Es considerada una maleza de agricultura (ver Estatus; Randall 2012). Se le considera como una maleza dañina que la gente debe controlar (Randall 2012), puede afectar a la agricultura y a los cultivos forestales por los altos consumos de agua y por invadir los sitios en que se va estableciendo.

3.04. Maleza ambiental (campo)

R= Sí. Se le considera como una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos; al haber invadido el género *Tamarix* actualmente más de 600,000 hectáreas en EUA y haberse naturalizado, debe desplazar a especies de plantas menos tolerantes y menos agresivas. *T. gallica* representa un grave problema por la cantidad de agua que utiliza y evapotranspira; se ha reportado que para un total de 404,700 ha de *Tamarix* habría un consumo de $3,205 \times 10^6 \text{ m}^3$, de agua por año, 80% correspondiente a plantas de Oklahoma, Texas, New Mexico y Arizona (Brock 1994). Asimismo, *T. gallica* se considera como una planta que atrae poco a la fauna o bien promueve el poco uso de los sitios donde crece considerándosele como representativo de un hábitat pobre (ver apartado Ecología; Cohan *et al.* 1978, Randall 2012). Poco después de haber sido introducido en 1800, como planta ornamental, escapó del cultivo y se propagó rápidamente, principalmente en zonas ribereñas y en suelos con capas freáticas poco profundas, ocupando grandes extensiones a través del oeste de EUA (Horton 1964, Robinson 1965). Se establece tanto en zonas ribereñas perturbadas o no perturbadas, ya sea en desagües de cuerpos de agua naturales o artificiales (Muzika & Swearingen 1999).

3.05. Malezas congénicas

R= Sí. *Tamarix chinensis*, *T. ramosissima*, *T. parviflora* y *T. aphylla* son consideradas malezas nocivas por el gobierno federal de Estados Unidos (USDA 2018b). Estas especies han invadido y reemplazado la mayor parte de la vegetación nativa en 600,000 ha de vida silvestre y tierras agrícolas en ecosistemas ribereños del oeste de EUA (DeLoach 1988).

Biología/Ecología

4. Rasgos indeseables

4.01. Produce espinas, estructuras espinosas

R= No. En el apartado de Descripción de la especie no se indica que se presenten estas estructuras.

4.02. Alelopática

R= Sí. Por sus glándulas de sal, *T. gallica* exhuda y secreta sales y produce aleloquímicos (Brotherson & Winkel 1986). El follaje caducifolio de *T. gallica* cuenta con pocas glándulas secretoras de sal (Cirujano 1995, Allred 2002). Se sabe que las especies del género *Tamarix* tienen glándulas de sal y exhudan y secretan sales por las hojas; la exudación de sal puede servir como un agente alelopático en los sitios en que habita, lo que le da a las especies de *Tamarix* una ventaja competitiva, creando condiciones salinas en que las especies ribereñas nativas no pueden establecerse o sobrevivir (Brock 1994; ver este apartado de Alelopatía para *T. aphylla*, *T. chinensis* y *T. ramosissima*).

4.03. Parásita

R= No. No existen en la literatura indicios de que *T. gallica* sea una planta parásita (ver apartados de Descripción y Biología e Historia Natural).

4.04. Es desagradable para los animales de pastoreo

R= No hay información específica para *T. gallica* sobre este aspecto. Para otras especies de *Tamarix* se ha visto que las plantas no les son desagradables a los animales de pastoreo (ver *T. ramosissima*). No se da un valor.

4.05. Tóxica para los animales

R= No. No existe información para *T. gallica*, pero otras especies de *Tamarix* se han dado como forraje a cabras y camellos y consumen la planta sin mostrar evidencia de que esa planta sea tóxica.

4.06. Huésped de pestes y patógenos reconocidos

R= No. Aunque se han reportado algunas especies que son parásitos de *T. gallica*, ninguno se considera como patógeno o plaga; de esta manera, es huésped de *Eupithecia ultimaria*, que es un gusano propio de riberas, en zonas áridas con lagunas, y cuya oruga se alimenta de *T. gallica* (Redondo *et al.* 2009); también es huésped de *Psectrosema álbum* y *P. acuticorne*, que son un inductores de agallas (DeLoach *et al.* 1996); del ácaro eriófido *Aceria tamaricis*, que produce agallas y que se considera como un agente potencial para control biológico de *Tamarix* sp. (De Lillo & Sobhian 1994); finalmente, se ha registrado también como huésped del hemíptero *Tachardina lereddei* (Balachowsky 1950).

4.07. Causa alergias o es tóxica para los humanos

R= No. Es una planta que se usa tradicionalmente en el tratamiento de diversos trastornos hepáticos y otras enfermedades (Saïdana *et al.* 2007, Ksouri *et al.* 2009). El hecho de ser ornamental hace que se tengan ciertos cuidados en los viveros en que se realiza el comercio de las plantas. Es tan antigua la venta de esta planta en EUA, que con seguridad las normas de importación y transporte implicaban la demostración de que no fuera una planta tóxica al humano. No se conocen efectos tóxicos de la planta, más bien son benéficos.

4.08. Crea un riesgo de incendio en ecosistemas naturales

R= Sí. *Tamarix* spp. monopoliza las fuentes limitadas de humedad y aumenta la frecuencia, intensidad y efecto de los incendios y las inundaciones (Muzika & Swearingen 1999).

4.09. Es una planta tolerante a la sombra en alguna etapa de su ciclo de vida

R= No. Se ha encontrado que los *Tamarix* maduros son muy susceptibles a la sombra (Horton 1977, Stevens 1987). Más siendo plántulas.

4.10 Crece en suelos infértiles

R= Sí. *T. gallica* es una planta que puede tolerar una amplia gama de condiciones ambientales y crecer en suelos con altas concentraciones de sal, generando inclusive la propia planta el incremento de concentración de la sal a través de exhudarla, con lo que crea suelos más estériles para otras especies de plantas (Pearce *et al.* 2005, Saïdana *et al.*

2007, Kuzminsky *et al.* 2014). Al haberse comercializado inclusive con fines de control de erosión implica de alguna manera su capacidad de crecer en suelos infértiles. Como especie introducida se establece en suelos cerca de caminos ruderales, cerca de campos de cultivo, ciudades y terrenos desmontados cercanos. Crece en ambientes de disturbio o perturbados. Estos suelos degradados han perdido fertilidad.

De acuerdo a la CONABIO, en el país existen cuatro tipos de degradación del suelo: degradación física, degradación química, erosión eólica y erosión hídrica. SEMARNAT asigna el grado de degradación del suelo en el país en las categorías: ligero, moderado, fuerte y extremo. *T. gallica* que se distribuye en México se encuentra en algunos sitios con degradación de suelo ligero y moderado (SEMARNAT 2004, CONABIO 2012):

1. Suelos con erosión eólica moderada: Cañón Santa Elena, Chihuahua.
2. Suelos con erosión eólica ligera: Río Bravo, Guerrero, Coahuila; Guerrero, Tamaulipas.

4.11. Es de hábitos trepadores o sofocantes

R= No. Esta planta es arbórea (ver Descripción de la especie).

4.12. Forma matorrales o agregaciones arbustivas densas

R= Sí. *T. gallica* forma bosquetes a veces, matorrales casi impenetrables (Cirujano 1995, Busch & Smith 1995, McDaniel *et al.* 2005) (ver sección Ecología).

5. Tipo de planta

5.01. Acuática

R= No. Ver apartado de Descripción.

5.02. Pasto

R= No. *T. gallica* crece como arbusto o árbol pequeño-mediano, caducifolio (Welsh *et al.* 1987, Crins 1989, Wilken 1993) (ver Descripción de la especie).

5.03. Planta leñosa fijadora de Nitrógeno

R= No. Aunque es una planta leñosa, no hay evidencia de que fije Nitrógeno.

5.04. Geofita

R= No. *T. gallica* no tiene características de especie geofita (ver apartado de Descripción).

6. Reproducción

6.01. Evidencia de falla reproductiva sustancial en su hábitat nativo

R= No. No hay evidencias en la literatura consultada sobre su reproducción (ver apartado de Biología e Historia Natural).

6.02. Produce semillas viables

R= Sí. La viabilidad de las semillas de *T. gallica* en laboratorio fue alta, del 98%, las semillas germinadas en las primeras 24 horas fue de 57.1% (Merkel & Hopkins 1957). Las semillas germinan rápidamente y, una vez establecidas, la planta crece rápidamente (Robinson 1958). En el medio silvestre se observa una gran cantidad de plántulas (ver Potencial de colonización).

6.03. Hibridiza naturalmente

R= Sí. Se han encontrado híbridos entre las especies invasoras que implican combinaciones de *T. gallica* con *T. ramosissima* (Gaskin 2013) y *T. gallica* y *T. parviflora* (Sun *et al.* 2016).

6.04. Auto-fertilización

R= Sí. *Tamarix* puede auto-polinizarse y realizar polinización cruzada (Gaskin & Schaal 2002).

6.05. Requiere de polinizadores especialistas

R= No. Las flores son hermafroditas y son polinizadas por abejas (CABI 2018b). No se menciona a polinizadores especialistas, aunque generalmente son polinizadas por insectos (Merkel & Hopkins 1957, Robinson 1958).

6.06. Reproducción por propagación vegetativa

R= Sí. *Tamarix* puede propagarse a partir de fragmentos leñosos (Gaskin & Schaal 2002). Tiene reproducción vegetativa que le confiere una ventaja por la rápida colonización y desarrollo de individuos (Robinson 1958, Kuzminsky *et al.* 2014).

6.07. Tiempo mínimo en generaciones (años)

R= 2. La reproducción de *T. gallica* inicia a menudo a finales del primer año (Merkel & Hopkins 1957). Puede florecer en su primer año de crecimiento, pero la mayoría empieza a reproducirse al tercer año o más tarde (Stevens 1987).

7. Mecanismos de dispersión

7.01. Propágulos se pueden dispersar sin intención

R= Sí. Debido a que se le ha cultivado con fines ornamentales y de otro tipo, se ha registrado que *T. gallica* escapó de cultivos sin intención y se propagó rápidamente. Las semillas y esquejes de *Tamarix* se pueden propagar a través de maquinarias. Parece ser que los humanos y sus actividades son el principal vector para la introducción y dispersión de *Tamarix*, pudiendo ser por vehículos terrestres y botes que los llevan hacia otros sitios (Lindgren *et al.* 2010). Partes de la planta o toda la planta se pueden dispersar en contenedores o en transporte de madera (CABI 2017b).

7.02. Propágulos dispersados intencionalmente por la gente

R= Sí. *T. gallica* fue comercializada junto con otras ocho especies de *Tamarix* como plantas ornamentales, barreras rompevientos y para prevenir y controlar la erosión. Fueron introducidas a EUA procedentes de Europa, Asia y África durante la década de 1820s (Horton 1964, Robinson 1965, Everitt & Deloach 1990, Shepperd 2008, Liu. *et al.* 2014). *Tamarix* fue plantado como ornamental y para control de la erosión. No han sembrado hoy en día como en el pasado. Todavía se puede comprar a través de internet (Brotherson & Winkel 1986, DiTomaso 1998).

7.03. Propágulos se pueden dispersar como contaminante de producto

R= No. No hay evidencia de que sus propágulos puedan ser llevados a otro lado como contaminante de semillas, alimentos, forraje.

7.04. Propágulos adaptados a dispersarse por el viento

R= Sí. Las semillas pequeñas pueden ser dispersadas por el viento (Robinson 1958). Las semillas tienen cerdas cortas como pelos dispuestos en espiral, sugiriendo que estos pelos

ayudan en la aerodinámica de la semilla para dispersión. Las semillas pesan alrededor de 0.1 mg y pueden viajar largas distancias en el viento (Brotherson & Field 1987, Lovich 2000).

7.05. Propágulos flotantes

R= Sí. Los fragmentos de raíz y tallo también pueden flotar corriente abajo después de la fragmentación sufrida por daño mecánico, e iniciar nuevas infestaciones. Las inundaciones pueden mover fragmentos de raíz y tallo a distancias muy largas (Brotherson & Field 1987, Lovich 2000).

7.06. Propágulos dispersados por las aves

R= No. No hay información. Aunque se ha documentado que las aves pueden dispersar las semillas de *Tamarix* (DiTomaso 1998), seremos cautos para *T. gallica* porque no se refieren específicamente a esta especie.

7.07. Propágulos dispersados por otros animales (externamente)

R= No. No hay información publicada que permita suponer que los propágulos pueden ser dispersados por otros animales.

7.08. Propágulos dispersados por otros animales (internamente)

R= No. No hay información publicada que permita suponerlo.

8. Atributos de persistencia

8.01. Producción de semillas prolífica

R= Sí. Se ha estimado que una pequeña planta tiene más de 600,000 semillas (Bowser 1957).

8.02. Evidencia de que un banco de propágulos (semillas) es formado (>1 año)

R= No. Las flores de *T. gallica* a menudo aparecen antes del final del primer año; no forma banco de semillas persistentes ya que la viabilidad se ha indicado como de 12 a 16 semanas (Merkel & Hopkins 1957, Turner 1974, Stevens 1987, Andersen & Nelson 2013). La reproducción inicia a menudo a finales del primer año (Merkel & Hopkins 1957).

8.03. Bien controlada por herbicidas

R= No. *Tamarix* es resistente a herbicidas por lo que es difícil controlar su invasión. La eficacia de los herbicidas aumenta mucho cuando se combina con otros métodos de control (Grubbet et al. 1997) (ver apartado de Control y mitigación).

8.04. Tolera o se beneficia de la mutilación, cultivo o fuego

R= Sí. Siendo su reproducción vegetativa y pudiendo enraizar eficientemente a partir de sus ramas, *T. gallica* se beneficia de la mutilación. Las especies de *Tamarix* parece se adaptan al fuego (Muzika & Swearingen 1999). Aunque la evidencia de la adaptación especializada al fuego en *Tamarix* sigue sin estar clara, lo que es un hecho es su eficiente recuperación post-fuego (Bush 1995). Las plantas son tolerantes a la poda severa, brotando libremente de la madera vieja (Komarov 1968).

8.05 Enemigos naturales efectivos presentes en México

R= No hay información. Se desconoce si hay enemigos naturales de *T. gallica* en México.

12. Riesgo de invasión de *Tamarix gallica* en México en función de la similitud climática

T. gallica presenta un muy alto riesgo de invasión en casi todo México considerando la similitud climática que hay con las áreas de su distribución nativa (Fig. 30). Si consideramos la presencia por región invadida actual, el riesgo es alto en el norte del país, básicamente en Sonora, Chihuahua, Durango y Coahuila, y la parte norte costera de Sinaloa. En EUA el riesgo es muy alto sobre todo en todos los estados fronterizos con México. Para Centroamérica, el riesgo es muy bajo. En el caso de la similitud climática con su rango nativo o zona de invasión actual, no queda restringida ni limitada su zona de invasión potencial en México, sobre todo en el escenario de similitud con el rango nativo.

Si comparamos los mapas de climas generados a partir de los mapas climáticos mundiales, se puede observar que hay una menor versatilidad de climas en las áreas invadidas comparado con la distribución nativa (Apéndice 3).

Tamarix gallica

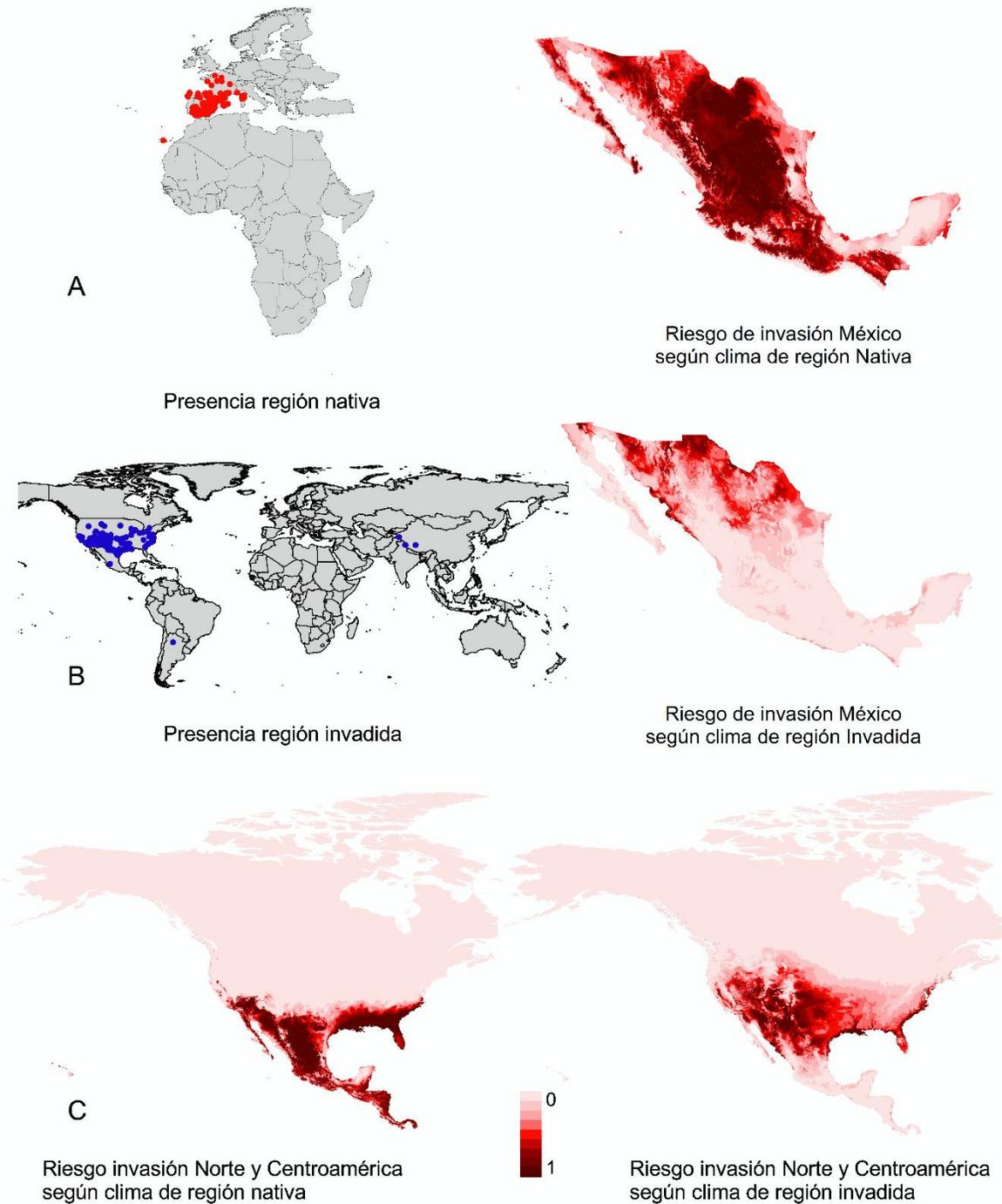


Figura 30. Modelos de Maxent para *Tamarix gallica* calibrados en su región nativa (A) y de invasión (B) y proyectados a Norte y Centroamérica (C); notar el riesgo para México dentro de esta región. Los mapas de distribución geográfica potencial de la derecha indican las áreas con condiciones climáticas y topográficas adecuadas para el establecimiento de *Tamarix gallica*. Los puntos rojos y azules representan la presencia de la especie en la región nativa e invadida respectivamente.

13. Resultado del Análisis de riesgo de *Tamarix gallica*

De acuerdo a los valores mostrados en el Apéndice 1 que se obtienen de las respuestas justificadas para la especie, el puntaje WRA (Weed Risk Assessment) para *Tamarix gallica* fue de **23**. Debido a que el puntaje es mayor que 6 (ver Anexo 1 sobre estos valores), el taxa debe ser **Rechazado**.

Por otro lado, de acuerdo al AQI el valor obtenido fue de: **59** (Apéndice 2). Por ser este puntaje >20 (ver Anexo 1 sobre estos valores), el taxa debe ser **Rechazado**.

14. Conclusión

El valor máximo del puntaje que puede tener una especie de planta para no ser rechazada para su introducción en un país considerando el WRA es igual a 6, por lo que teniendo un puntaje de 23 la recomendación es que *Tamarix gallica* debe ser **rechazada** y considerada como una especie invasora de alto riesgo. Por lo tanto, *T. gallica* no debe de ser comercializada ni permitir su introducción al país bajo ningún concepto. Asimismo, debe de ser una especie para la que se establezca un plan de control y erradicación en donde exista. El AQI refuerza la recomendación que da el WRA, que es rechazar su ingreso a México y su comercialización. De manera relevante, el riesgo de invasión obtenido por modelación en función de la similitud climática con relación al rango nativo de la especie invasora, denota que todo el país presenta un elevado riesgo de invasión. Al considerar la similitud climática con relación al rango de invasión actual muestra que los estados del norte del país y norte de Sinaloa presentan las más altos riesgos de invasión.

Tamarix hohenackeri

1. Introducción

De *Tamarix hohenackeri* existe poca información sobre su biología, ecología y, en general, de todo tipo de información referente a los análisis de la especie para este reporte. Es una especie poco estudiada o de la que no existe información publicada existente. Se presenta la información existente, pero es la especie de *Tamarix* con menos datos en este informe.

T. hohenackeri es un árbol o arbusto originario de Asia, sobre todo encontrándose en China y Rusia. *T. hohenackeri* solo cuenta con unos pocos registros a pesar de que se ha naturalizado ampliamente en EUA a partir de su venta como especie de ornato, y a pesar de que ha invadido actualmente 5 países. En México, se presenta en 7 estados del país, en el norte y centro. Esta especie puede desarrollarse en una amplia gama de hábitats caracterizados por diferente salinidad del suelo. *T. hohenackeri*, como las especies del género *Tamarix*, es una freatofita, con muy altos consumos de agua. Se ha reportado una alta posibilidad de híbridos entre *T. hohenackeri* y *T. ramosissima*. *T. hohenackeri* no está incluida en el Compendio Global de Malezas (Global Compendium of Weeds; Randall 2012); se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA en 7 estados, como maleza nociva.

a. Taxonomía

***Tamarix hohenackeri* (Linnaeus) (1753)**

Clase: Magnoliopsida (Magnolias, margaritas y parientes (dicotiledóneas))

Superorden: Caryophyllana

Orden: Caryophyllales (Tamaricales)

Familia: Tamaricaceae (Tamarisco)

Género: *Tamarix* L. (Tamaris)

Especie: *Tamarix hohenackeri* Bunge

b. Sinónimos

En el GBIF se dan los siguientes sinónimos. Sin embargo se señalan como “indefinidos” y la fuente es desconocida. Se ponen estos como sinónimos, sin embargo no se señalan oficialmente sinonimias para *T. hohenackeri*.

Tamarix floribunda Stev.

Tamarix floribunda Stev. ex Bunge

Tamarix rosea Bunge

Tamarix syriaca Boiss.

c. Nombres comunes

Español: Tamarisco

Inglés: Tamarisk

Tamarix hohenackeri se confunde con otras especies de *Tamarix*. Algunos han considerado inclusive que *T. hohenackeri* y *T. smyrnensis* (Bunge) son sinónimos; otros que *T. ramosissima* y *T. smyrnensis* son sinónimos. Después de un análisis de secuencias de ADN de *Tamarix*, los resultados mostraron que estas tres especies tienen diferencias genéticas así como morfológicas, por lo que se separa a *T. smyrnensis*, *T. hohenackeri* y *T. ramosissima*. Se consideran como especies distintas. Las diferencias entre *T. hohenackeri* y *T. smyrnensis* están en su morfología reproductiva y vegetativa (Villar *et al.* 2014, Arianmanesh *et al.* 2015). *Tamarix hohenackeri* está relacionado con *T. chinensis*, *T. ramosissima* y *T. austromongolica* (Villar *et al.* 2014, Sun *et al.* 2016,) (ver también Figura 2 tomada de Arianmanesh *et al.* 2015). Como se indicó en la Introducción, la taxonomía del grupo *Tamarix* no está aún bien resuelta.

2. Descripción

Tamarix hohenackeri es una planta de porte arbóreo o arbustivo que mide de 1 a 3 m, pero pueden medir hasta 5 m (Shishkin, 1949); en Ensenada, México se describe como un árbol de hasta 5 m de altura (Villar *et al.* 2014); es similar en talla a *T. ramosissima* pero se distinguen entre ellas por la forma de la corola (Sun *et al.* 2016). Sus hojas miden de 1.5 a 3 mm de largo, ovadas-triangules a lanceoladas, agudas, la base es estrecha y decurrente, a veces ligeramente auriculadas (Fig. 25). La inflorescencia está compuesta de racimos dispuestos fasciculados, colocados en panículas espigadas. Los racimos miden de 3-8, o hasta 11 cm de largo, de 5.5 a 6 mm de ancho, en pedúnculos cortos que miden de 3 a 10 mm de largo, desnudos o con algunas brácteas; raquis glabro. Las brácteas de los racimos miden de 1.5 a 3 mm de largo, las brácteas más bajas son oblongas y obtusas, más anchas y más cortas que las brácteas superiores; éstas son más estrechas y triangulares. Los pedicelos miden de 0.5 a 1.75 mm de largo, usualmente son más largos en la parte inferior de los racimos, de vez en cuando con 1-3 pequeñas brácteas secundarias, de 5 sépalos, raramente 4, ovados, generalmente agudos, con margen hialino estrecho de 1 a 1.3 mm de largo y de ancho 0.6 a 0.8 mm. Con 5 pétalos, el color va de blanco o amarillo a rosa, son ovados-oblongos a oblongos o ampliamente elípticos, ligeramente emarginados, a veces ligeramente aquillados, de 1.8-2.75 mm de largo y 1 a 2 mm de ancho. Tiene 5 estambres, insertados entre los lóbulos del disco nectarífero, filamentos adicionales insertados en los lóbulos. Las anteras generalmente no se apiculan. El ovario siempre con 3 estilos. Fruta de 3-4 mm de largo (Shishkin 1949, Villar *et al.* 2014).

3. Biología e historia natural

Tamarix hohenackeri es originaria de Asia, con procedencia de Irán, Rusia y China (Shishkin 1949, Bikbulatova & Korul'kina 2001, Xing *et al.* 2014, Tropicos 2017, EUNIS 2018). Se presenta en Tarim Basin en Xinjiang, que se considera uno de los centros de diversidad de *Tamarix* en China, ya que 14 de las 16 especies chinas del Género ocurren en esta zona

(Zhang *et al.* 2002). Es una especie perenne de crecimiento arbustivo y arbóreo; se puede reproducir tanto por semillas como de forma vegetativa, tal como ocurre en todas las especies de *Tamarix*. La floración de *T. hohenackeri* ocurre de abril a mayo (Shishkin 1949). En un experimento se encontró un bajo número de semillas viables de *T. hohenackeri* en la Estación Experimental y de Investigación del Desierto de Shapotou, ubicada en el Desierto Tengger, China (Ma *et al.* 2006), siendo de aproximadamente 0 a 18% dependiendo del tipo de microhábitats; no se reportan datos del número de semillas generadas por una planta ni porcentajes de viabilidad ni los tiempos de viabilidad de las semillas.

T. hohenackeri como las especies de *Tamarix* es una freatofita, y debe tener altos consumos de agua. *T. hohenackeri* es una especie que no se ha estudiado prácticamente en nada de su biología, la mayoría de lo hecho son trabajos fitoquímicos (Xing *et al.* 2014). Las ramas verdes de esta especie tienen un alto contenido de agentes de taninos, produciéndose más taninos en primavera y verano (Bikbulatova & Korul'kina 2001).

Se ha reportado la potencial hibridización entre *T. hohenackeri*, *T. ramosissima*, *T. chinensis* y *T. arceuthoides* (Sun *et al.* 2016).

4. Ecología

Tamarix hohenackeri, en su rango nativo, en el desierto Tengger en China, se presenta en un clima árido, con promedio anual de temperatura de 9.6°C y promedio anual de precipitaciones de 180 mm, ocurriendo el 60% de las lluvias de julio a septiembre (Ma *et al.* 2006). En su rango nativo ocurre en suelos alcalinos, arenosos, en suelos salinos (solonshaks y solonetztes), en costas marítimas y en zonas montañosas de hasta 900 m (Shishkin 1949, Bikbulatova & Korul'kina 2001). *T. hohenackeri* no es una especie dominante en una zona de vegetación natural del desierto Tengger en que se le ha descrito (Ma *et al.* 2006). Pero por otro lado, en la costa norte de la península de Kokaral la vegetación principal es de comunidades de *Tamarix* básicamente de *T. elongata* y *T. hohenackeri* (Breckle *et al.* 2012).

En los registros de la base de datos que presentamos, ocurre en su zona nativa desde el nivel del mar hasta zonas montañosas a 1,629 msnm. En su zona de invasión, se presenta a 819 msnm (México), 53 msnm (California, EUA) y 1,500 msnm (Colorado, EUA).

En las montañas del desierto de Xinjiang, China, *T. hohenackeri* es parasitado por una planta parásita, conocida como Herba Cistanche (*Cistanche* spp.) (Xing *et al.* 2014). En la Provincia Hebei, región autónoma de Xingiang, China, *T. hohenackeri* hospeda al escarabajo *Diorhabda elongata deserticola* (DeLoach *et al.* 2003).

Fuera de su área de distribución nativa, en el este mediterráneo de Europa que es una zona de invasión, se han reportado formaciones de galerías de matorrales de *T. hohenackeri*, *T. parviflora*, *T. tetrandra*, *T. dalmatica*, *T. smyrnensis* y *T. hampeana*, en cursos de agua, depresiones húmedas y zonas costeras ligeramente salinas (EUNIS 2018).

5. Estatus

Tamarix hohenackeri, es una planta nativa de Asia, distribuída inclusive en Grecia. Hacia el año 1911, *T. hohenackeri* se introdujo en EUA, y aparentemente no se ha expandido en su distribución, solo existiendo un registro para México (Villar *et al.* 2014, Tropicos 2017). Se deben hacer más estudios sobre la distribución de esta especie en EUA y México dado que se podrían haber confundido identificaciones de *T. ramosissima* en lugar de *T. hohenackeri*, dada su similitud morfológica (Villar *et al.* 2014). Las tres especies de *Tamarix* más invasivas en el oeste de EUA son *T. ramosissima*, *T. chinensis* y *T. parviflora* (DeLoach 1988). *T. hohenackeri* es considerada una especie exótica en 3 países. *T. hohenackeri* se presenta solo en ambientes áridos en EUA y en el norte de la península de Baja California, en México; no se puede deducir que tenga versatilidad ambiental. *T. hohenackeri* no se incluye en el Compendio Global de Malezas (Global Compendium of Weeds; Randall 2012) ni se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA (USDA-NRCS 2012, <https://plants.usda.gov/java/noxiousDriver>). Sin embargo, a las especies de *Tamarix* spp. presentes en EUA se les considera como planta naturalizada, maleza agrícola con efectos económicos y como maleza dañina que la gente debe controlar (Randall 2012).

T. hohenackeri no está catalogada como invasora en México aunque se le registra como presente (CONABIO 2016).

a. Distribución nativa

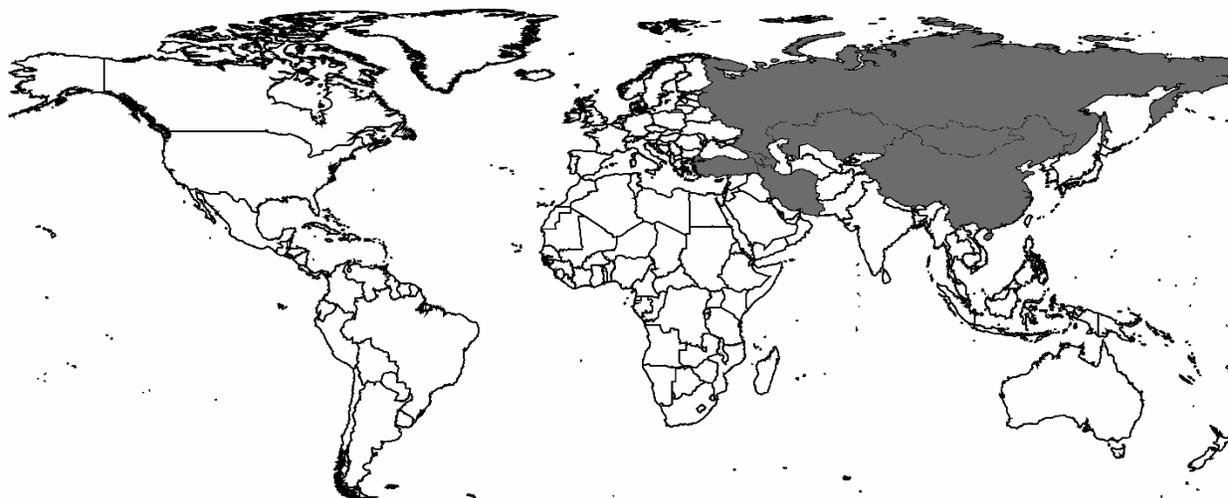
Armenia, Azerbaiyán, China (Gansu, Jiangxi, Nei Mongol, Zizhiqu, Ningxia Hui, Qinghai y Xinjiang), Crimea, Irán, Kazajistán, República de Georgia, Mongolia, Rusia, Turquía, Grecia y sus islas (Bikbulatova & Korul'kina 2001, Xing et al. 2014, Shishkin 1949, Tropicós 2017, EUNIS 2018) (Fig. 31).

b. Distribución de invasión

Se le ha introducido en EUA (Colorado, California), España y México (en Ensenada, Baja California) (Villar *et al.* 2014, Sun *et al.* 2016, Tropicós 2017; base de datos este informe) (Fig. 31).

Tamarix hohenackeri

Distribución nativa



Distribución de invasión



Figura 31. Mapas mostrando la distribución nativa de *Tamarix hohenackeri*, así como en los países donde se le ha introducido y es exótica, invasora.

6. Usos y comercialización

Tamarix hohenackeri probablemente fue introducido a EUA a finales del siglo XIX o principios del siglo XX, aparentemente como planta de ornato. Pudo ser confundido con *T. ramosissima* y por eso lo importaron (Villar *et al.* 2014). En la provincia de Xinjiang, China, *T. hohenackeri* es cultivada en el Jardín Botánico Prague (Sekerka 2004).

T. hohenackeri no tiene reportados muchos usos. Aparte del comercio como planta de ornato, recientemente se le intenta dar un impulso en medicina y farmacia por sus propiedades antiinflamatorias (Xing *et al.* 2014, Chen *et al.* 2017).

A. Historia de la comercialización

Tamarix hohenackeri probablemente fue confundido con *T. ramosissima* en los análisis históricos. Hacia finales del siglo XIX o principios del siglo XX, *T. hohenackeri* se usó como ornamental (Villar *et al.* 2014). Hay un registro de las importaciones de *T. hohenackeri* a EUA pero no se especifican los motivos por los que entró al país (USDA 1912, USDA 1917, USDA 1929).

a. Origen de los individuos comercializados

En 1911, EUA importó plantas de *T. hohenackeri* (USDA 1912), aparentemente con fines de venta como planta ornamental. En enero de 1915, se recibieron en EUA semillas de *T. hohenackeri* provenientes de Caucasus, Rusia, que fue entregado por el Jardín Botánico Tiflis (USDA 1917). En 1927, nuevamente fue introducido *T. hohenackeri* a EUA (USDA 1929). En México se desconoce la forma en que fue introducido, pero es probable que haya entrado como especie ornamental confundida como *T. ramosissima*. Posteriormente, la planta escapó. Actualmente, se describió como una población establecida a lo largo del Río San Salvador, en el municipio de Ensenada, Baja California (Villar *et al.* 2014).

b. Condiciones de cultivo

En un experimento para determinar la viabilidad de un banco de semillas, se colocaron las de *T. hohenackeri* en un invernadero, bajo un fotoperiodo de 12 a 14 horas diarias, con un promedio de temperatura de $28 \pm 5^\circ\text{C}$ (Ma *et al.* 2006). Se encontró que la viabilidad de las semillas fue baja. En esta publicación dan como recomendación final que el mejor método para reproducir a esta planta en gran cantidad, para cultivo, en poco tiempo y con bajo costo, es utilizando esquejes. Hay dos formas, una cortándolos de madera blanda y ponerlos en un sustrato preparado con turba: perlita: tierra de jardín, en proporción 2:3:5; el otro, es cortándolos de madera dura con tratamiento de hormonas de 50 mg/L de ANA (ácido naftalenacético) + 25 mg/L de IBA (ácido indol butírico) (Chun-xia 2012).

c. Análisis económico

No hay un análisis económico realizado en México para esta especie. En EUA las pérdidas por la invasión de *Tamarix* se han estimado como considerables, aunque no se separan estos costos por cada especie claramente. Se estima que se pierden cada año por *Tamarix* entre 26 a 67 millones de dólares. Asimismo, el valor anual estimado de pérdida de agua para la agricultura es del orden de 38 millones de dólares (Zavaleta 2000a,b). Estos costos involucran sobre todo a las demás especies de *Tamarix*, porque *T. hohenackeri* no es siquiera mencionada.

B. Rutas de introducción

Las semillas de *T. hohenackeri* son pequeñas y pueden ser dispersadas por el viento (Robinson 1958). Para *T. hohenackeri* no hay literatura que indique los desplazamientos que tienen las semillas con el viento, pero se sabe que las semillas de plantas de *Tamarix* en general, con ayuda del viento o fuentes acuáticas avanzan 2.5 km pero pueden dispersarse hasta 11 km (DiTomaso 1998). Sus semillas y esquejes se pueden transportar a través de maquinarias, ya que la tierra que se remueve con ellas puede llevar las semillas al moverse entre sitios. Los humanos y sus actividades son el principal vector para la introducción y dispersión de *Tamarix*, pudiendo ser por vehículos terrestres y botes que los llevan hacia

otros sitios (Lindgren *et al.* 2010). Partes de la planta o toda la planta se pueden dispersar en contenedores o en transporte de madera (CABI 2017). El Departamento de Agricultura de EUA inventarió las veces que *T. hohenackeri* fue introducido al país. En 1911, fue el primer ingreso a EUA (USDA 1912), con dos nuevas introducciones por comercio, enero de 1915 recibiendo semillas de Caucasus, Rusia (USDA 1917), y en 1927 (USDA 1929). Se desconoce la forma en que entró a México, pero hay una población establecida en el río San Salvador, que es un arroyo del municipio de Ensenada, Baja California. Pudo ser por un escape, a partir de algún vivero para venta de plantas como ornato.

7. Potencial de establecimiento y colonización

a. Potencial de colonización

Al igual que otras especies de *Tamarix*, *T. hohenackeri* se reproduce por semillas y vegetativamente, lo que junto a su tolerancia a ambientes de estrés salinidad, le deben conferir ventajas para la colonización (Robinson 1958, Kuzminsky *et al.* 2014). Se desconocen datos sobre la cantidad de semillas por árbol, pero pensando en que en su distribución nativa presenta abundancias altas se esperaría que tenga una elevada producción de semillas. Al contrario de las otras especies de *Tamarix*, las semillas de *T. hohenackeri* no parecen tener una alta viabilidad, su porcentaje de viabilidad es bajo en su rango nativo (Ma *et al.* 2006). Crece tanto en suelos alcalinos y salinos (solonshaks y solonetztes), como en costas marítimas y en zonas montañosas de hasta 900 m en su rango nativo (Bikbulatova & Korul'kina 2001, Shishkin 1949). *T. hohenackeri* también se puede reproducir por esquejes (Chun-xia 2012).

b. Potencial de dispersión

Como todas las especies de *Tamarix*, el potencial de dispersión de *T. hohenackeri* parece ser elevado, ya que las semillas diminutas pueden ser dispersadas por el viento. Asimismo, las semillas y ramas pueden ser dispersadas por el agua. No hay más información para la especie, solo se hacen inferencias. La gente juega un papel importante en la dispersión, dado el comercio e importación a otros países (USDA 1912, USDA 1917, USDA 1929).

8. Evidencias de impactos

a. Impactos/beneficios socioeconómicos

Dentro de los costos producidos por las especies de *Tamarix*, se deben considerar los costos de pérdida de agua y por la aplicación de métodos para control con el fin de eliminar a la planta, que son muy elevados. Se deben manejar tan solo en EUA alrededor de 600,000 hectáreas para controlar los daños y restaurar ecológicamente las zonas una vez se erradiquen estas plantas invasoras. No hay información referente a *T. hohenackeri*, probablemente sus costos sean bajos debido a que no parece estar expandida dentro de EUA.

T. hohenackeri es cultivado ampliamente en las montañas del desierto Xinjiang debido a que es un hospedero de la planta parásita Herba Cistanches (*Cistanches* spp.), misma que se usa en la industria farmacéutica (Xing *et al.* 2014). Al comprobar recientemente la efectividad de *T. hohenackeri* como agente antiinflamatorio y a que un compuesto podría usarse para enfermedades neurodegenerativas (Chen *et al.* 2017), el interés por esta planta y su importancia se encuentran en incremento. Las ramas verdes de *T. hohenackeri* tiene un alto contenido de agentes de taninos, lo que ayuda en la industria del vestido y peletera porque estos compuestos dan a las pieles un color oscuro frambuesa o cereza (Shishkin 1949, Bikbulatova & Korul'kina 2001). Se infiere que si se han vendido como plantas de ornato, también tiene un valor para los viveros.

Hay más impactos económicos debidos al control de esta planta, que los beneficios que se hayan obtenido de los viveros y por el uso que se le dio a la planta como cortinas cortavientos. Los costos de la pérdida de agua y por la aplicación de métodos para el control

para eliminar a la planta, se han indicado en la sección de Análisis económico. Estos costos son muy elevados para las especies del género *Tamarix*, como se ha mencionado previamente.

b. Impactos a la salud

T. hohenackeri beneficia la salud humana en las zonas de su rango nativo donde tradicionalmente es usado como medicina tradicional. Las flores se usan para atender problemas del bazo, para la ictericia; la corteza, como astringente en caso de hemorragia; y las ramas en infusión, para reumatismo (Shishkin 1949).

c. Impactos ambientales y a la biodiversidad

No se detallan impactos de este tipo para la especie. Sin embargo, si es freatofita y siendo del género *Tamarix*, tendrá elevados requerimientos de agua. Se podría considerar dentro de los efectos negativos a la biodiversidad y ecosistemas que producen las especies de *Tamarix* por incrementar la salinidad de los suelos e impactos en los caudales naturales de los ríos, lo que afecta la regeneración y supervivencia de las especies ribereñas nativas, dando como resultado a la vez una rápida colonización y expansión de *Tamarix* en todos los sistemas fluviales.

9. Control y mitigación

Las estrategias para el control de *T. hohenackeri* deberían ser las indicadas para las demás especies de *Tamarix* presentadas anteriormente en este documento. El monitoreo, la prevención, la detección temprana y la erradicación local sigue siendo el enfoque más eficaz para el control de *Tamarix*; la detección y control de manera temprana es fundamental, ya que se logra un dominio efectivo en condiciones favorables (Sheley *et al.* 1996, Lovich 2000, Gouldthorpe 2008). Para *T. hohenackeri* que aparentemente no se ha expandido, esta detección y control se ven favorecidos. Es muy importante verificar lo indicado

recientemente sobre la posible confusión en la identificación de *T. hohenackeri* y *T. ramosissima* con el fin de no estar subvalorando la ocurrencia de *T. hohenackeri* (Villar *et al.* 2014).

Se han utilizado una variedad de métodos para el control de *Tamarix* que incluyen métodos mecánicos, biológicos, químicos. Una vez bien establecida alguna especie de *Tamarix*, rara vez se puede controlar o erradicar con un solo método, por lo que el manejo más efectivo debe combinar más de un método (Muzika & Swearingen 1999). Ver una explicación de estos métodos en Control y mitigación de *T. gallica*.

10. Normatividad

En México existen actualmente algunos recursos bibliográficos donde se considera a *Tamarix hohenackeri* como especie invasora, pero sin ningún carácter legal como son:

Se encuentra en el listado de plantas exóticas de alto riesgo para México. CONABIO. 2016. Sistema de información sobre especies invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Considerada como especie de alto riesgo para México.

<http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/Plantas.pdf>

<http://www.biodiversidad.gob.mx/invasoras>

Considerada como especie invasora de alto impacto a la biodiversidad para México.

IMTA, Conabio, GECl, AridAmérica, The Nature Conservancy, 2007. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México. Jiutepec, Morelos.

<http://www.invasive.org/gist/products/library/mex-especies-invadoras.pdf>

Se presenta la normatividad nacional y posteriormente la internacional para *Tamarix hohenackeri*.

a. Legislación Mexicana

No existe actualmente en México alguna ley que regule o controle la presencia de *Tamarix hohenackeri*.

b. Legislación internacional

Se hizo primeramente una búsqueda sobre los rangos de distribución y estatus de la planta, mismos que se presentan en los apartados respectivos.

Además de hacer las búsquedas normales en las páginas gubernamentales de cada país también se realizaron búsquedas en Google de diferentes maneras, manejando diferentes formas de búsqueda como, por ejemplo: list of alien plants in China, quarantine species of China, list pest of China, list weeds of China, list invasive plants in China, list of noxious weeds in China.

Países que la consideran Introducida Invasiva

Canadá

Se encuentra en el listado: List of available weed risk analysis documents prepared by the Canadian Food Inspection Agency (CFIA). Sin embargo, no tiene categoría y no está regulada.

<http://www.inspection.gc.ca/plants/plant-pests-invasive-species/invasive-plants/weed-risk-analysis-documents/eng/1427387489015/1427397156216>

Saskatchewan

Considerada en la categoría de invasiva y prohibida. Saskatchewan Invasive Species Council. Debido a que las malezas prohibidas se introdujeron recientemente y son raras o no se encuentran en la actualidad en Saskatchewan, no se han desarrollado aún las opciones para su control en Canadá. De acuerdo con The Weed Control Act, los municipios requieren notificar al área de Cultivos e Irrigación sobre el descubrimiento de una hierba prohibida y en ese momento se investigará y aprobará una opción de control apropiada.

Es esencial que estas malas hierbas se descubran tan pronto como sea posible, después de que ingresen a la provincia; una vez que se encuentren, se deben poner en cuarentena, y posteriormente, utilizando los medios más efectivos posibles para evitar que se establezcan, buscar su erradicación.

Formas de prevención y erradicación:

Tamarix es una planta extremadamente difícil de controlar y casi imposible de erradicar por completo. Se puede usar una combinación de los siguientes pasos para el control de esta planta invasora:

- 1.- Eliminación mecánica de plantas pequeñas desde la raíz; arar y quemar.
- 2.- Dar tratamientos con herbicidas de glifosato en el rebrote de plantas.

Los métodos mecánicos de cortar, encadenar, rasgar y usar excavadoras se ha encontrado que han fracasado debido a que las plantas vuelven a crecer vigorosamente.

Por otra parte, el glifosato se debe aplicar a finales de la primavera y a principios del otoño, en especial cuando la humedad es adecuada para que la planta crezca bien.

Los métodos de control biológico están siendo actualmente probados, pero no se han utilizado para controlar masivamente a las plantas.

http://www.saskinvasives.ca/index.php?id=14#Terrestrial_Plants

[http://www.saskinvasives.ca/file/Salt%20Cedar%20Fact%20Sheet\[1\].pdf](http://www.saskinvasives.ca/file/Salt%20Cedar%20Fact%20Sheet[1].pdf)

[http://www.saskinvasives.ca/file/Saltcedar_Factsheet_June_2007\[1\].pdf](http://www.saskinvasives.ca/file/Saltcedar_Factsheet_June_2007[1].pdf)

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#sk>

Estados Unidos de Norteamérica (EUA)

Dakota del Norte

Considerada dentro del listado: State Noxious Weed List. Article 7-06

Noxious Weeds, Chapter 7-06-01: Section 7-06-01-02 N. 7-06-01-02. Noxious weeds listed.

General provisions North Dakota Department of Agriculture.

La Ley de Dakota del Norte (NDCC § 4.1-47-02) requiere que cada persona haga todo lo necesario y apropiado para controlar la propagación de malezas nocivas. El Departamento de Agricultura de Dakota del Norte coordina los esfuerzos de las juntas de malas hierbas del

condado y la ciudad y los administradores de tierras estatales y federales, para implementar programas integrados de manejo de malezas. North Dakota Noxious Weeds. Family and Life Cycle of Weeds for PLSC 323.

Formas de prevención y erradicación:

La prevención es el mejor método para evitar que *Tamarix* invada los humedales de Dakota del Norte y tierras silvestres. Por otra parte, la exploración a lo largo de las trayectorias de agua y la remoción de plantaciones ornamentales también han sido eficaces para reducir la propagación de *Tamarix* en Dakota del Norte.

Químicos: Arsenal (imazapyr) es el herbicida mas ampliamente utilizado para controlar el *Tamarix*. Arsenal también se puede aplicar con glifosato con una formulación etiquetada para uso en agua. Después de aplicar el herbicida, no quitar la parte superior de crecimiento durante tres años, de lo contrario el rebrote puede ocurrir.

Garlon (triclopyr) también ha sido efectivo cuando se aplica en la primavera o al final del otoño.

Cultural: no se ha tenido éxito con métodos de control tales como quemar o usar excavadoras.

Biológico. El escarabajo de la hoja *Diorhabda carinulata* deshoja las hojas de *Tamarix*. Este insecto se alimenta de las hojas y lentamente reduce el vigor de la planta. Sin embargo, no ha sido consistentemente exitoso en la reducción de las invasiones de *Tamarix*. Este insecto no ha sido liberado en Dakota del Norte debido al pequeño tamaño de las plantas y el bajo nivel de invasión en el estado.

<https://www.nd.gov/ndda/plant-industries/noxious-weeds/saltcedar>

<https://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/weeds/w1411-21.pdf>

<https://www.legis.nd.gov/cencode/t04-1c47.pdf>

Idaho

Considerada con la categoría dentro de la lista de contención estatal (Statewide Containment List) como especie dañina por la Ley Estatal de Idaho. IDAPA 02-Title 06 Chapter 22 02.06.22 – Noxious Weeds Rules.

Contención- Concentración de malezas donde el control y / o la erradicación pueden ser posibles.

Como control químico se utiliza principalmente el herbicida Triclopyr. Para mayor detalle sobre este tipo de control ver la primera liga.

<https://invasivespecies.idaho.gov/noxious-weed-program/>

<http://invasivespecies.idaho.gov/control-strategies/>

<https://www.cals.uidaho.edu/edcomm/pdf/BUL/BUL0865.pdf>

<https://static1.squarespace.com/static/564b8c9ae4b0459b2b8187a3/t/590765046a4963cec48e817d/1493656838135/Saltcedar.pdf>

<http://invasivespecies.idaho.gov/terrestrial-plants>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#id>

<https://legislature.idaho.gov/statutesrules/idstat/Title22/T22CH19/>

<https://adminrules.idaho.gov/rules/2010/02/0622.pdf>

Montana

Catalogada como Priority Class 4.- Las especies tienen el potencial de propagarse, pero existen estrategias de manejo disponibles para estas especies. Aquatic Nuisance Species (ANS) Management Plan. Flathead Basin Commission. Montana. Montana Fish, Wildlife and Parks.

Considerada como Prioridad 2b: Este tipo de malas hierbas son abundantes en Montana y están extendidas en muchos países. Los criterios de manejo requerirán erradicación o contención donde sean menos abundantes. La administración debe ser priorizada por los distritos locales de malezas. Montana County Weed Act and Administrative Rules.

La junta deberá prever el manejo de malezas nocivas en toda la tierra o en las servidumbres de paso que sean propiedad o estén bajo el control de un condado o municipio dentro del distrito. Tomará precauciones particulares mientras maneja las malas hierbas nocivas para preservar la vegetación benéfica y el hábitat de vida silvestre. Cuando sea posible, la administración debe incluir métodos culturales, químicos y biológicos. Para más información detallada acerca de detección, control y manejo en la siguiente liga:

<https://agr.mt.gov/Portals/168/Documents/Weeds/MT%20Noxious%20Weed%20Management%20Plan-%20Update%202017.pdf?ver=2017-07-05-161511-370×tamp=1535126221436>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#mt>

http://flatheadbasincommission.org/chd_bcdc10/files/MTansPlan101602.pdf

<https://plants.usda.gov/java/noxious?rptType=State&statefips=30>

<https://agr.mt.gov/Portals/168/Documents/Weeds/2017%20Noxious%20Weed%20List.pdf>

<https://agr.mt.gov/Portals/168/Documents/Weeds/County%20Weed%20Act.pdf?ver=2017-07-24-082331-400×tamp=1535125112032>

<https://agr.mt.gov/Weeds>

Nevada

Catalogada como categoría C. Nevada Noxious Weed List By Category (NAC 555.010). Malezas generalmente establecidas y con amplia distribución en muchos de los condados del estado. Tales malezas están sujetas a: (a) Erradicación activa desde las instalaciones de un distribuidor de viveros. Noxious Weeds Categories. Department of Agriculture of Nevada.

NAC555.010 Designation and categorization of noxious weeds. (NRS 555.130)

Manejo y control:

- 1.- Se puede cortar, excavar o quemar, pero se debe combinar con una aplicación química para ser efectiva.
- 2.- Se puede usar el control biológico por medio de insectos.
- 3.- Se puede aplicar el herbicida imazapyr al follaje en crecimiento activo durante la floración; triclopyr, glifosato o imazapir como un tratamiento de corte de tocón o corteza basal.

[http://agri.nv.gov/Plant/Noxious_Weeds/WeedList/Saltcedar_\(Tamarix_spp_\)/](http://agri.nv.gov/Plant/Noxious_Weeds/WeedList/Saltcedar_(Tamarix_spp_)/)

http://agri.nv.gov/Plant/Noxious_Weeds/Noxious_Weed_List/

http://agri.nv.gov/uploadedFiles/agrinvgov/Content/Plant/Noxious_Weeds/Documents/NVNoxiousWeedList_by%20category_2012.pdf

<https://www.leg.state.nv.us/NAC/NAC-555.html#NAC555Sec010>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#nv>

Nuevo Mexico

Catalogada como especie clase C. Las especies de clase C están muy diseminadas en el estado. Las decisiones de manejo para estas especies se deben determinar a nivel local, según la viabilidad del control y el nivel de infestación. New Mexico Noxious Weed List. New Mexico Department of Agriculture.

Lo que se debe y no se debe hacer en el manejo de *Tamarix* es:

- 1.- La eliminación física solo es efectiva si la raíz es eliminada.
- 2.- Los herbicidas son efectivos, pero el tejido sobre el suelo debe ser eliminado después del tratamiento.
- 3.- Los métodos de tratamiento de árboles individuales deberían utilizarse en rodales de baja densidad.
- 4.- La vegetación nativa establecida puede competir con las plántulas *Tamarix*.

<http://www.nmda.nmsu.edu/wp-content/uploads/2016/11/Weed-List-memo-and-weed-list-2016.pdf>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#nm>

<http://www.nmda.nmsu.edu/apr/noxious-weed-information/>

http://www.nmda.nmsu.edu/wp-content/uploads/2012/04/troublesome_weeds_nm.pdf

Texas

Considerada como planta exótica, dañina o potencialmente dañina. Ninguna persona puede importar, poseer, vender o colocar en el agua de este estado a esta especie, excepto según lo autorizado por la regla o el permiso emitido por el departamento. Considerada en el listado de plantas nocivas Texas Administrative Code. 2005. Quarantines and noxious plants, Chapter 19 (24 May 2006). State of Texas.

El manejo del pino salado requiere tener un compromiso a largo plazo para mantener niveles bajos de la planta y prevenir la reinfestación. Se han utilizado una variedad de métodos en el manejo del bosque del pino salado, incluidos los mecánicos, químicos y biológicos. Se ha demostrado que los métodos de gestión mecánica no tienen éxito debido a la capacidad de las plantas para volver a crecer a partir de brotes o raíces solos. El uso de químicos o biológicos siempre debe ser en concordancia con el Departamento de Agricultura.

<http://www.texasnatives.org/Texasnatives-LISTS.htm>

<https://plants.usda.gov/java/noxious?rptType=State&statefips=48>

Wyoming

Se encuentra en el listado de Especies de malezas nocivas e invasoras de Wy. Wyoming Weed and Pest Council. 2012. "Wyoming Weed & Pest Control Act Designated List".

El consejo de Weed and Pest de Wyoming adoptó el Manejo Integrado de Plagas (IPM) como su enfoque para el control nocivo de malezas. IPM se refiere al uso de múltiples métodos para el control de malezas. Los métodos incluyen control químico usando herbicidas, control biológico utilizando plagas de plantas y prácticas culturales como labranza o siega. Para áreas infestadas de malezas nocivas establecidas, la utilización de estrategias de control múltiple generalmente producen un buen resultado. El Consejo, así como los distritos individuales, se esfuerzan por mantenerse a la vanguardia en el manejo de la vegetación con el fin de combatir las amenazas existentes y nuevas. Las asociaciones entre el Departamento de Agricultura de Wyoming y la Universidad de Wyoming ayudan a mantener actualizadas tanto la información como la metodología. La detección temprana y la respuesta rápida (EDRR) son un aspecto clave para mitigar los problemas emergentes de malezas.

<http://www.wyoweed.org/weeds/control-of-noxious-weeds>

<http://www.wyoweed.org/weeds>

https://www.blm.gov/sites/blm.gov/files/documents/files/nv_rubypipeline_App_C_Noxious_Invasive_Weeds_Lists.pdf

https://www.blm.gov/ca/pdfs/cdd_pdfs/attnexgen/Appendix-E_opt.pdf

<http://www.tcweed.org/weed-pests-programs/noxious-weeds/weed-id/>

http://www.wyoweed.org/images/Designated_List.pdf

<http://www.wyoweed.org/weeds/state-designated-weeds>

<http://www.weedcenter.org/resources/state.html#wy>

11. Información para el Análisis de riesgo de *T. hohenackeri*:

A continuación, se presenta la justificación y las referencias consideradas para cada pregunta dentro del análisis de riesgo WRA (Weed Risk Assessment; Pheloung *et al.* 1995; 1999) para *Tamarix hohenackeri* (ver Apéndice 1):

Historia/Biogeografía

1. Domesticación/Cultivo

1.01. ¿La especie está altamente domesticada?

R= Sí. Se ha cultivado con fines de generar productos farmacéuticos (Xing *et al.* 2014). Se ha usado como planta ornamental y cultivado para ello (Villar *et al.* 2014, Sekerka 2004).

1.02. ¿Se ha vuelto la especie naturalizada donde crece?

R= Sí. *T. hohenackeri* se ha reportado como naturalizada en EUA, España y México. Ver Estatus.

1.03. ¿Tiene la especie razas de maleza?

R= No. No se conocen razas de esta planta.

2. Clima y Distribución

2.01. Especie adecuada a climas en México

R= Alto. De acuerdo a la modelación y al análisis de similitud climática realizados se puede ver una adecuación alta a los climas de México (Apéndice 3, tabla 1 y Mapas de climas para *T. hohenackeri*).

2.02. Calidad de la similitud climática

R= Intermedio. No se conoce bien ni el rango de distribución natural ni el introducido de *T. hohenackeri*; presenta una coincidencia con el clima similar de México; pero el número de registros en México es muy bajo.

2.03. Idoneidad del clima amplia (versatilidad ambiental)

R= Sí. Analizando los registros que obtuvimos de su área nativa y sobreponiéndolos al mapa de climas del mundo (World Maps of Koppen-Geiger Climate Classification; <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/>), a *T. hohenackeri* se le encuentra en climas del tipo árido cálido, árido frío, semiárido frío, hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío), continental mediterráneo, mediterráneo con verano cálido, y subtropical sin estación seca; de acuerdo a los registros del área invadida, se denota únicamente el clima semiárido frío (Tabla 1, en Apéndice 3). La especie tiene una relativa baja versatilidad ambiental.

2.04. Nativa o naturalizada en regiones con periodos de sequía prolongados

R= Sí. *T. hohenackeri* ocurre en su rango nativo de China en el desierto Tengger y en el desierto Taklamakan Central, zonas con sequías prolongadas (Sekerka 2004, Ma *et al.* 2006). El primer registro de *T. hohenackeri* en EUA se tiene en Mesa, Colorado en 2005; el segundo registro se tiene en 2014, en San Diego, California, y se da su estatus como una planta rara (Regents of the University of California 2011, Villar *et al.* 2014). El primer registro en México fue en Ensenada, Baja California en 2014 (Villar *et al.* 2014); en este caso, se indica que las plantas se encontraban aparentemente establecidas a lo largo del Río San Salvador. En Mesa, Colorado, la temperatura mínima anual es de 2.9°C y la temperatura máxima anual de 16.1°C, la precipitación media anual es de 469 mm (U. S. Climate Data 2018d). En San Diego, California, la temperatura mínima anual es de 14.2 °C y la temperatura máxima anual es de 20.9°C; la precipitación media anual es de 264 mm (U. S. Climate Data 2018e). En Ensenada, Baja California, la temperatura mínima anual es de 16.3°C y la máxima anual es de 19.7°C; con una precipitación promedio anual de 279.6 mm; en esta región se dan sequías prolongadas cada determinado número de años, en la región, 3 años (Gobierno del Estado BC 2005).

T. hohenackeri ocurre en Mesa, Colorado donde ha habido sequías, por ejemplo la de octubre de 2013 a abril de 2015 (NIDIS 2018c); en San Diego, California, también se presentan sequías prolongadas, como la de octubre de 2013 a octubre de 2017 (NIDIS 2018b). El único registro en México de *T. hohenackeri* es en Río San Salvador, Maneadero, Ensenada, Baja California. A partir del registro de las sequías en México desde 2002, en el

municipio de Ensenada ha habido dos sequías, una de octubre de 2006 a agosto 2009, y otra de febrero de 2015 a febrero de 2017 (SMN 2018). Podemos concluir que *T. hohenackeri* se desarrolla en regiones con sequías prolongadas y recurrentes.

2.05. Tiene la especie una historia de repetidas introducciones fuera de su rango natural?

R= Sí. Se tienen documentadas las distintas introducciones de *T. hohenackeri* en EUA con fines ornamentales (ver apartado Rutas de introducción).

3. Maleza en cualquier sitio

3.01. Naturalizada más allá de su área de distribución nativa

R= Sí. *T. hohenackeri* ocurre en España naturalizada, en Mesa, Colorado y en San Diego, California (EUA), así como en Río San Salvador, Ensenada, Baja California (México).

3.02. Maleza de jardín/ ornato (amenidad)/disturbio

R= No hay reportes. No se pone un valor para el análisis. Si no hay reportes no representa un problema evidente.

3.03. Maleza de agricultura/horticultura/forestal

R= No hay reportes. No se pone un valor para el análisis. Si no hay reportes no representa un problema evidente. Aunque a las especies de *Tamarix* spp. presentes en EUA se les considera como plantas naturalizadas, como maleza agrícola con efectos económicos y como maleza dañina que la gente debe controlar (Randall 2012).

3.04. Maleza ambiental (campo)

R= No hay reportes. No se pone un valor para el análisis. No hay información específica para *T. hohenackeri*. Pero a *Tamarix* se les considera como una maleza ambiental, con efectos en ecosistemas nativos; al haber invadido el género *Tamarix* actualmente más de 600,000 hectáreas en EUA y haberse naturalizado, debe desplazar a especies de plantas menos tolerantes y menos agresivas (DeLoach 1988).

3.05. Malezas congenéricas

R= Sí. *Tamarix chinensis*, *T. ramosissima*, *T. parviflora* y *T. aphylla* son consideradas como malezas nocivas por el gobierno federal de Estados Unidos (USDA 2018b). Estas especies han invadido y reemplazado la mayor parte de la vegetación nativa en 600,000 ha de vida silvestre y tierras agrícolas en ecosistemas ribereños del oeste de EUA (DeLoach 1988).

Biología/Ecología

4. Rasgos indeseables

4.01. Produce espinas, estructuras espinosas

R= No. En el apartado de Descripción de la especie no se indica que se presenten estas estructuras.

4.02. Alelopática

R= Sí. Aunque no hay un estudio específico para *T. hohenackeri*, se sabe que las especies del género *Tamarix* tienen glándulas de sal y exudan y secretan sales por las hojas; la exudación de sal puede servir como un agente alelopático en los sitios en que habita, lo que le da a las especies de *Tamarix* una ventaja competitiva, creando condiciones salinas en que las especies ribereñas nativas no pueden establecerse o sobrevivir (Brock 1994; ver apartado de Alelopatía para *T. aphylla*, *T. chinensis* y *T. ramosissima*).

4.03. Parásita

R= No. No parece ser una planta parásita (ver apartados de Descripción y Biología e Historia Natural).

4.04. Es desagradable para los animales de pastoreo

R= No hay información.

4.05. Tóxica para los animales

R= No. No hay registros de que *T. hohenackeri* sea tóxico para los animales.

4.06. Huésped de pestes y patógenos reconocidos

R= No. Se ha reportado que en la Provincia Hebei, Región Autónoma de Xingiang, China, *T. hohenackeri* hospeda al escarabajo *Diorhabda elongata deserticola* (DeLoach et al. 2003) que es usado como control biológico de las especies de *Tamarix* invasoras.

4.07. Causa alergias o es tóxica para los humanos

R= No. Es una planta que es usada en medicina tradicional, usando las flores, la corteza y las ramas para el tratamiento de distintos malestares (Shishkin 1949). Además, al ser ornamental se debió cuidar que no fuera tóxico al humano. No se conocen efectos tóxicos, más bien benéficos.

4.08. Crea un riesgo de incendio en ecosistemas naturales

R= No hay información. Aunque *Tamarix* spp. monopoliza las fuentes limitadas de humedad y aumenta la frecuencia, intensidad y efecto de los incendios y las inundaciones (Muzika & Swearingen 1999), al no haber información para esta especie no se indica.

4.09. Es una planta tolerante a la sombra en alguna etapa de su ciclo de vida

R= No. Se ha encontrado que los *Tamarix* maduros son muy susceptibles a la sombra (Horton 1977, Stevens 1987). Más siendo plántulas.

4.10 Crece en suelos infértiles

R= Sí. *T. hohenackeri* crece en su rango nativo tanto en suelos alcalinos como en suelos salinos (solonshaks y solonetztes) y en costas marítimas (Shishkin 1949, Bikbulatova & Korul'kina 2001).

De acuerdo a la CONABIO, en el país existen cuatro tipos de degradación del suelo: degradación física, degradación química, erosión eólica y erosión hídrica. SEMARNAT asigna el grado de degradación del suelo en el país en las categorías: ligero, moderado, fuerte y extremo. *T. hohenackeri* que se distribuye en México se encuentra en una sola área (SEMARNAT 2004, CONABIO 2012):

1. *T. hohenackeri* está presente solo en el área del Río San Salvador, Maneadero, Ensenada, Baja California; en este sitio hay degradación química moderada.

4.11. Es de hábitos trepadores o sofocantes

R= No. Esta planta es arbórea (ver Descripción de la especie).

4.12. Forma matorrales o agregaciones arbustivas densas

R= Sí. En el este mediterráneo de Europa hay formaciones de galerías de matorrales de *T. hohenackeri* junto a otras especies de *Tamarix* en cursos de agua, depresiones húmedas y costas ligeramente salinas (EUNIS 2018) (ver sección Ecología).

5. Tipo de planta

5.01. Acuática

R= No. Ver apartado de Descripción.

5.02. Pasto

R= No. *T. hohenackeri* crece como arbusto o árbol pequeño-mediano, caducifolio (Shishkin, 1949, Villar *et al.* 2014) (ver Descripción de la especie).

5.03. Planta leñosa fijadora de Nitrógeno

R= No. Aunque es una planta leñosa, no hay evidencia de que fije Nitrógeno.

5.04. Geofita

R= No. *T. hohenackeri* no tiene características de especie geofita (ver apartado de Descripción).

6. Reproducción

6.01. Evidencia de falla reproductiva sustancial en su hábitat nativo

R= No. No hay evidencias en la literatura consultada sobre su reproducción (ver apartado de Biología e Historia Natural).

6.02. Produce semillas viables

R= Sí. Las semillas de *T. hohenackeri* son viables, aunque encontraron que la viabilidad fue baja, en su rango nativo (Ma *et al.* 2006).

6.03. Hibridiza naturalmente

R= Sí. Se ha reportado la potencial hibridización entre *T. hohenackeri*, *T. ramosissima*, *T. chinensis* y *T. arceuthoides* (Sun *et al.* 2016).

6.04. Auto-fertilización

R= Sí. Las especies de *Tamarix* pueden auto-polinizarse (Gaskin & Schaal 2002).

6.05. Requiere de polinizadores especialistas

R= No. Aunque no hay información, las plantas de *Tamarix* no presentan polinizadores especialistas.

6.06. Reproducción por propagación vegetativa

R= Sí. Las especies de *Tamarix* se propagan vegetativamente por raíces subterráneas y ramas, y reproducción sexual (Brotherson & Winkel 1986, Vonlanthen *et al.* 2011). *Tamarix hohenackeri* también se puede reproducir por esquejes (Chun-xia 2012).

6.07. Tiempo mínimo en generaciones (años)

R= 3. No hay información de la reproducción para *T. hohenackeri*, pero como para las demás especies de *Tamarix* debe iniciar después del primer año, hacia el tercero (Merkel & Hopkins 1957).

7. *Mecanismos de dispersión*

7.01. Propágulos se pueden dispersar sin intención

R= Sí. Aunque se ha reportado que las semillas y esquejes de *Tamarix* se pueden propagar a través de maquinarias. Parece ser que los humanos y sus actividades son el principal vector para la introducción y dispersión de *Tamarix*, pudiendo ser por vehículos terrestres y botes que los llevan hacia otros sitios (Lindgren *et al.* 2010).

7.02. Propágulos dispersados intencionalmente por la gente

R= Sí. *T. hohenackeri* fue comercializada como planta ornamental y fue introducida a EUA procedentes de China durante repetidas ocasiones de manera comercial (USDA 1912, USDA 1917, USDA 1929).

7.03. Propágulos se pueden dispersar como contaminante de producto

R= No. No hay evidencia de que sus propágulos puedan ser llevados a otro lado como contaminante de semillas, alimentos, forraje.

7.04. Propágulos adaptados a dispersarse por el viento

R= Sí. Las semillas de *T. hohenackeri* son pequeñas como todas las semillas de *Tamarix* y pueden ser dispersadas por el viento (Robinson 1958).

7.05. Propágulos flotantes

R= Sí. En las demás especies de *Tamarix*, los propágulos son flotantes; al tener *T. hohenackeri* reproducción vegetativa, los fragmentos de raíz y tallo también pueden flotar corriente abajo después de la fragmentación e iniciar nuevas infestaciones. Las inundaciones pueden mover fragmentos de raíz y tallo a distancias muy largas (Brotherson & Field 1987, Lovich 2000).

7.06. Propágulos dispersados por las aves

R= No hay información. Aunque se ha documentado que las aves pueden dispersar las semillas de *Tamarix* (DiTomaso 1998), seremos cautos para *T. hohenackeri* porque no se refieren específicamente a esta especie.

7.07. Propágulos dispersados por otros animales (externamente)

R= No. No hay información publicada que permita suponer que los propágulos pueden ser dispersados por otros animales.

7.08. Propágulos dispersados por otros animales (internamente)

R= No. No hay información publicada que permita suponerlo.

8. Atributos de persistencia

8.01. Producción de semillas prolífica

R= No hay información para la especie.

8.02. Evidencia de que un banco de propágulos (semillas) es formado (>1 año)

R= Sí. Es una posibilidad fuerte porque en un banco de semillas de 18 años en el desierto Tengger, se encontraron semillas de *T. hohenackeri*; su viabilidad fue muy baja (Ma *et al.* 2006).

8.03. Bien controlada por herbicidas

R= No. *Tamarix* es resistente a herbicidas por lo que es difícil controlar su invasión. La eficacia de los herbicidas aumenta mucho cuando se combina con otros métodos de control (Grubbet *et al.* 1997) (ver apartado de Control y mitigación).

8.04. Tolera o se beneficia de la mutilación, cultivo o fuego

R= Sí. Se ha encontrado que *T. hohenackeri* se puede reproducir por esquejes (fragmentos de la planta), para reproducir en gran cantidad para cultivo. Esto quiere decir que siendo su reproducción vegetativa y enraizar eficientemente a partir de sus ramas, *T. hohenackeri* se debe beneficiar de la mutilación. En la literatura no se menciona si se beneficia del fuego (Chun-xia 2012).

8.05 Enemigos naturales efectivos presentes en México

R= No. Se desconoce si hay enemigos naturales de *T. hohenackeri* en México.

12. Riesgo de invasión de *Tamarix hohenackeri* en México en función de la similitud climática

T. hohenackeri presenta un muy alto riesgo de invasión considerando la similitud climática que hay en México con las áreas de su distribución nativa, en prácticamente todo el país (Fig. 32). Como se explicó, no se pudo obtener un escenario completo con la región invadida por el bajo número de registros encontrados para su distribución de invasión. Por ello, si consideramos la presencia en función de la región nativa, el riesgo es alto en casi todo el país, excepto las zonas muy costeras del sur en el Pacífico y Atlántico. En el caso de la similitud climática con su rango nativo, no queda restringida ni limitada su zona de invasión potencial en México. El riesgo para la región de Norte América se basa en la similitud climática de la distribución nativa.

Tamarix hohenackeri

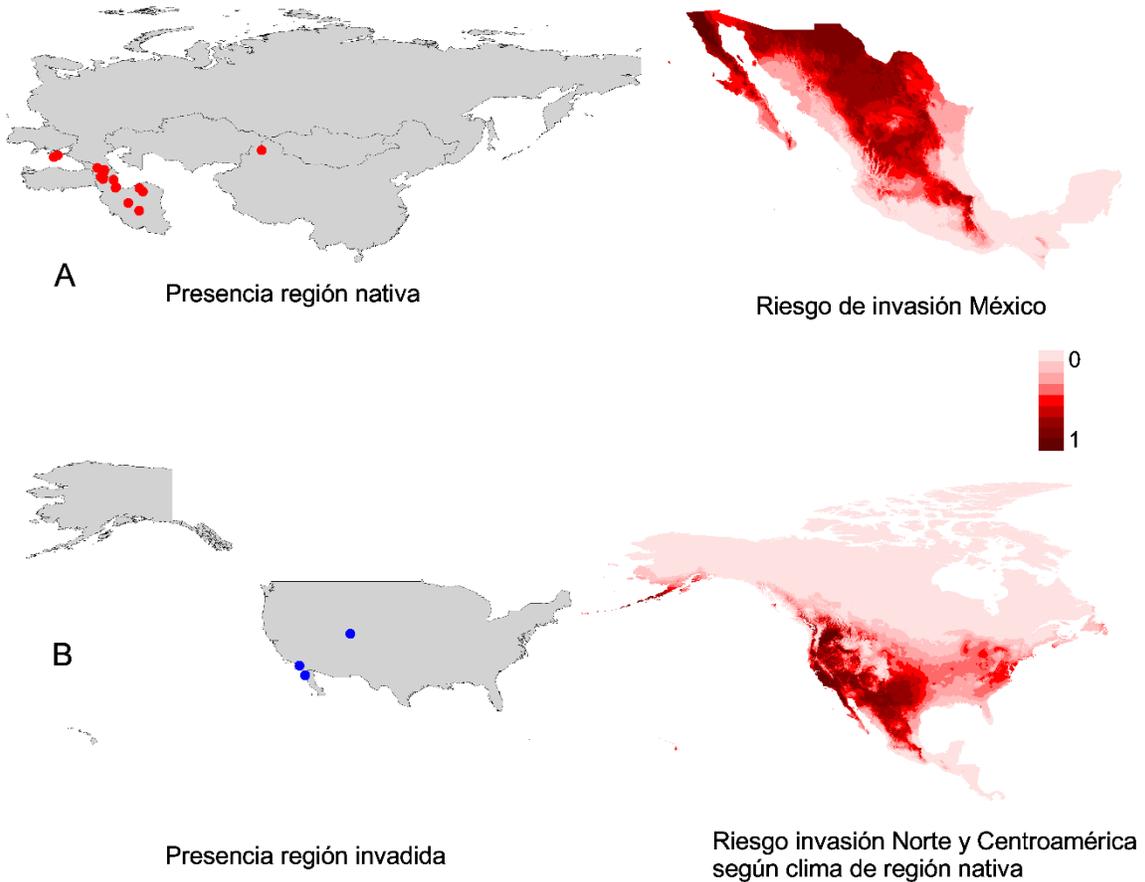


Figura 32. Modelos de Maxent para *Tamarix hohenackeri* calibrados en su región nativa (A) y de invasión (B) y proyectados a Norte y Centroamérica (C); notar el riesgo para México dentro de esta región. Los mapas de distribución geográfica potencial de la derecha indican las áreas con condiciones climáticas y topográficas adecuadas para el establecimiento de *Tamarix hohenackeri*. Los puntos rojos y azules representan la presencia de la especie en la región nativa e invadida respectivamente. El riesgo para la región de Norte América se basa solo en la similitud climática de la distribución nativa.

El modelo de riesgo de invasión completo de *T. hohenackeri* a través de la reconstrucción del nicho ecológico de la especie se presenta a continuación (Fig. 33). La metodología completa usada para la reconstrucción del nicho ecológico mediante la construcción de un elipsoide de volumen mínimo puede consultarse en el Anexo 2. El mapa resultante presenta valores de 0 a 1, que representan un índice de favorabilidad ambiental. Los valores cercanos a 1 representan zonas con mejores condiciones ambientales para el establecimiento de una especie, y los valores cercanos a 0 son condiciones ambientales poco favorables. Este modelo es similar al que simulamos con el clima de la distribución nativa, sobre todo en zonas áridas de México. El riesgo es alto en gran parte del país.

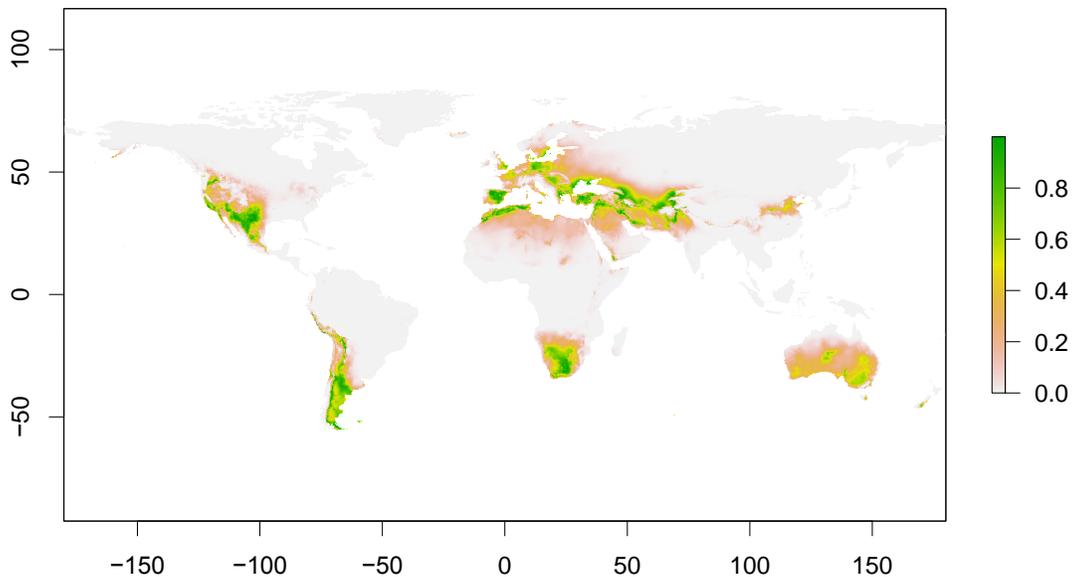


Figura 33. Modelo de riesgo de invasión mundial para *T. hohenackeri* de acuerdo al mapa de favorabilidad por la construcción del elipsoide. Valores cercanos a 1 indican zonas con mejores condiciones ambientales para el establecimiento de la especie, valores cercanos a 0 son condiciones ambientales poco favorables.

13. Resultado del Análisis de riesgo de *Tamarix hohenackeri*

De acuerdo a los valores mostrados en el Apéndice 1 que se obtienen de las respuestas justificadas para la especie, el puntaje WRA (Weed Risk Assessment) para *Tamarix hohenackeri* fue de **16**. Debido a que el puntaje es mayor que 6 (ver Anexo 1 sobre estos valores), el taxa debe ser **Rechazado**.

Por otro lado, de acuerdo al AQI el valor obtenido fue de: **31** (Apéndice 2). Por ser este puntaje >20 (ver Anexo 1 sobre estos valores), el taxa debe ser **Rechazado**.

14. Conclusión

El valor máximo del puntaje que puede tener una especie de planta para no ser rechazada para su introducción en un país considerando el WRA es igual a 6, por lo que al ser el puntaje de 16, la recomendación es que *Tamarix hohenackeri* debe ser **rechazada** y considerada como una especie invasora de alto riesgo. Estos valores de riesgo se obtuvieron a pesar de que no existe información suficiente o es inexistente de algunos atributos o puntos que el análisis demanda, aunque como lo explica el AR, no es necesario contar con la información de todos los puntos. Por lo tanto, *T. hohenackeri* no debe de ser comercializada ni permitir su introducción al país bajo ningún concepto. Asimismo, debe de ser una especie para la que se establezca un plan de control y erradicación en donde exista. El AQI refuerza la recomendación que da el WRA, que es rechazar su ingreso a México y su comercialización. De manera relevante, el riesgo de invasión obtenido por modelación en función de la similitud climática con relación al rango nativo de la especie invasora, denota que todo el país presenta un elevado riesgo de invasión. Al considerar la similitud climática con relación al rango de invasión actual muestra que con excepción de la costa sur del Pacífico y del Atlántico, todo el país presenta altos riesgos de invasión.

Modelación de riesgo para la distribución de híbridos potenciales entre especies de *Tamarix* en México:

Al proyectar para México la distribución geográfica potencial de los híbridos de las diferentes especies de *Tamarix* que según la literatura se indica que existen (basados sobre todo en la propuesta de Gaskin 2013), se muestran los escenarios en función de la similitud climática considerando las probabilidades de que coincidan en su distribución en México las distintas especies, con lo que se generan las probabilidades de ocurrencia de los híbridos. Establecer estos riesgos de hibridación es importante porque estos híbridos pueden ser más invasivos que cualquiera de las plantas madre, pues son más resistentes a variación ambiental y más competitivos con las especies nativas, lo que implica una potencial mayor invasividad (Gaskin & Shafroth 2005, Gouldthorpe 2008, Gaskin 2013).

Los escenarios modelados muestran lo siguiente:

a) Híbridos *Tamarix ramosissima* X *Tamarix chinensis*:

Al proyectar la distribución potencial de las dos especies de *Tamarix*, *T. ramosissima* y *T. chinensis* para determinar el riesgo de hibridación en México se denota que hay un riesgo en algunas zonas del norte del país, en particular en parte de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Baja California, bajando la mitad de península de Baja, lo cual se remarca más al considerar el clima según la región nativa y de los registros de presencia en México (Fig. 34). Una parte pequeña del altiplano mexicano presenta un riesgo también. Se muestran riesgos de hibridación en Nuevo Mexico, Arizona y California, y parte de Texas, en la frontera con México (Fig. 34). Es importante señalar que los riesgos de hibridación se encuentran localizados dentro de las zonas áridas y semiáridas, incluida la mediterránea, y en algunas regiones parecen aislados, en México.

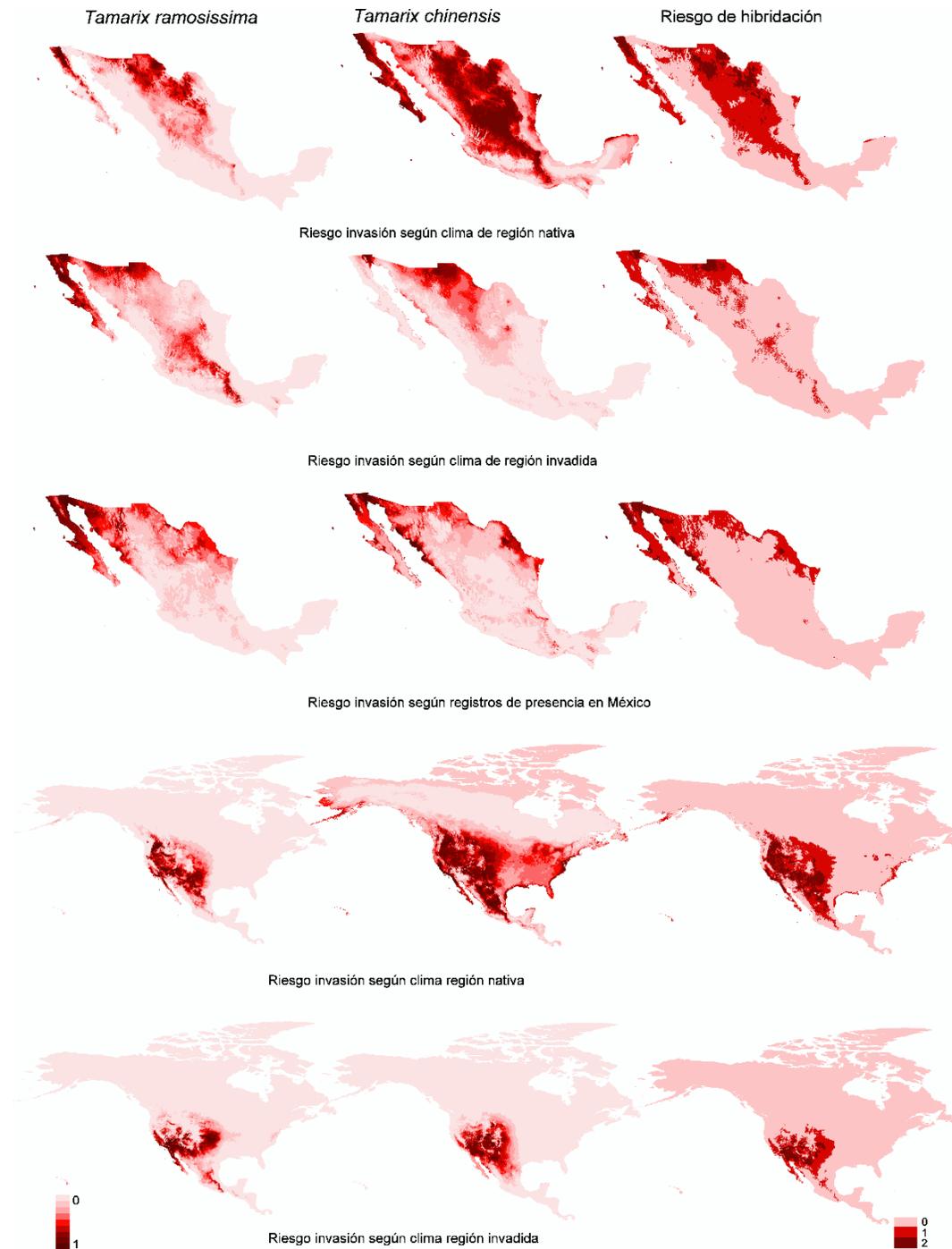


Figura 34. Modelos de Maxent para el híbrido *T. ramosissima* X *T. chinensis* calibrados en su región nativa y de invasión y proyectados a México. Se representa el riesgo de hibridación, según los escenarios de riesgos de invasión por clima en región nativa e invadida, mostrando los riesgos para México y dentro de la región de Norteamérica y Centroamérica. La gradación de colores corresponde a la coincidencia en la distribución de las especies. El valor 1 corresponde a los sitios donde existen condiciones para 1 especie, el 2 es donde coinciden las 2 especies por lo que indicaría el potencial riesgo de hibridación, y 0 es donde no hay condiciones para ninguna de las especies.

b) Híbridos *Tamarix ramosissima* X *Tamarix aphylla*:

Al proyectar la distribución potencial de las dos especies de *Tamarix*, *T. ramosissima* y *T. aphylla* para determinar el riesgo de hibridación en México, al considerar el clima según la región invadida y de los registros de presencia en México, se denota que hay un riesgo en algunas partes de Sonora y Chihuahua, además de la península de Baja California (Fig. 35). Al considerar el escenario en función del clima de la distribución nativa, no se predice riesgo de invasión (Fig. 35). Se muestran riesgos de hibridación en el suroeste EUA, en particular en Arizona, en la frontera con México (Fig. 35). Los riesgos de hibridación se encuentran localizados y aislados dentro de las zonas áridas y semiáridas en México.

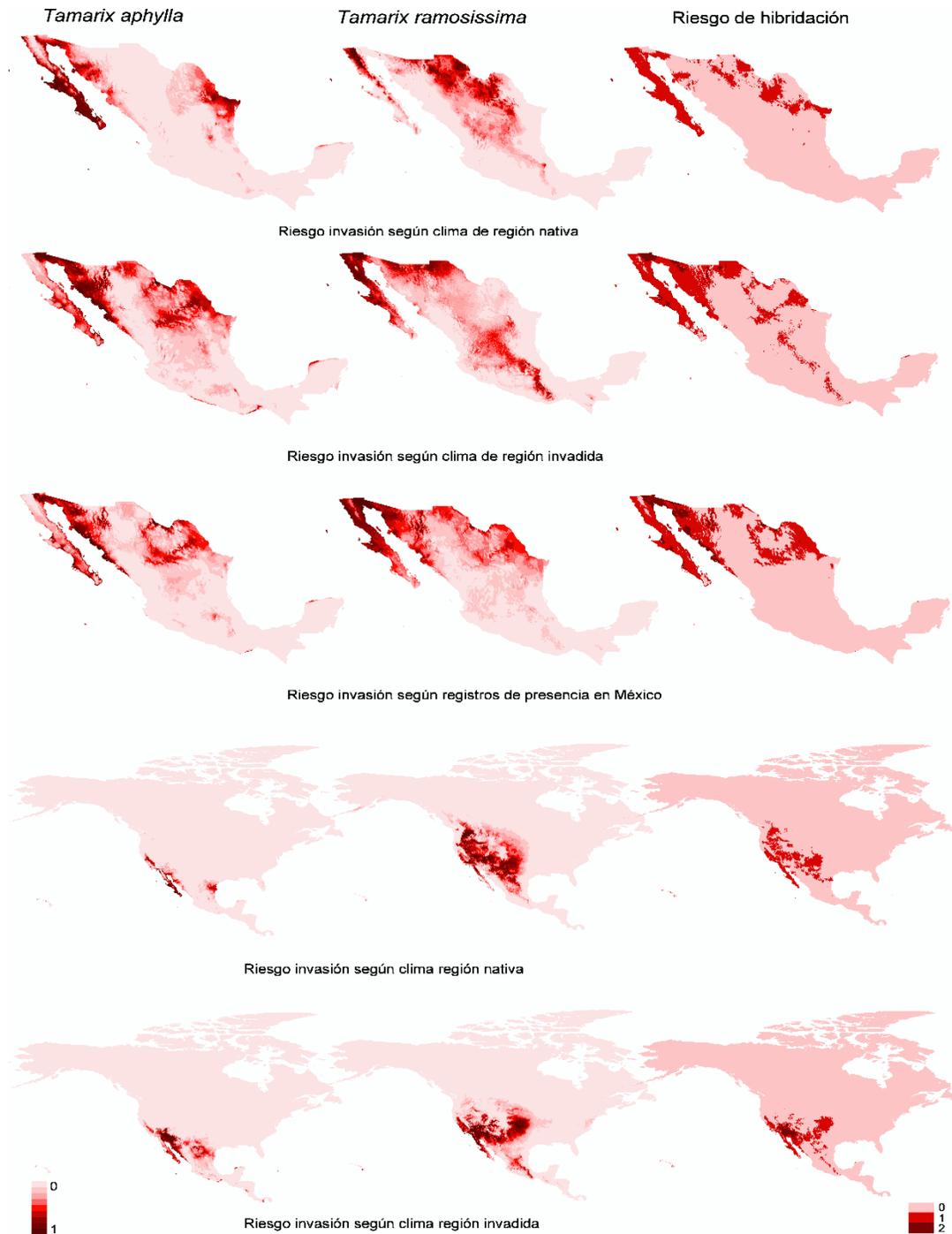


Figura 35. Modelos de Maxent para el híbrido *T. ramosissima* X *T. aphylla* calibrados en su región nativa y de invasión y proyectados a México. Se representa el riesgo de hibridación, según los escenarios de riesgos de invasión por clima en región nativa e invadida, mostrando los riesgos para México y dentro de la región de Norteamérica y Centroamérica. La gradación de colores corresponde a la coincidencia en la distribución de las especies. El valor 1 corresponde a los sitios donde existen condiciones para 1 especie, el 2 es donde coinciden las 2 especies por lo que indicaría el potencial riesgo de hibridación, y 0 es donde no hay condiciones para ninguna de las especies.

c) Híbridos *Tamarix ramosissima* X *Tamarix gallica*:

Al proyectar la distribución potencial de las dos especies de *Tamarix*, *T. ramosissima* y *T. gallica* para determinar el riesgo de hibridación en México, al considerar el clima de la región nativa, se denota que hay un riesgo en la parte norte del país, en particular Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Durango, además de zonas muy localizadas de Sonora, y a lo largo de dos terceras partes de la península de Baja California (considerando desde el norte al sur); se presenta una franja con riesgo bajando hacia el altiplano mexicano (Fig. 36). Al considerar el clima de la región invadida, se añade una parte del norte de Chihuahua; al considerar el clima en función de los registros de presencia en México, el riesgo se ubica en Sonora y en parte de Coahuila y Nuevo León, así como una pequeña porción de Sinaloa hacia la zona costera (Fig. 36). Se muestran riesgos de hibridación en suroeste de EUA, en Arizona, Nuevo Mexico y Texas, colindando también en la frontera con México (Fig. 36). Es importante señalar que los riesgos de hibridación no se encuentran localizados y aislados dentro de las zonas áridas y semiáridas, sino son extensos dentro del norte de México.

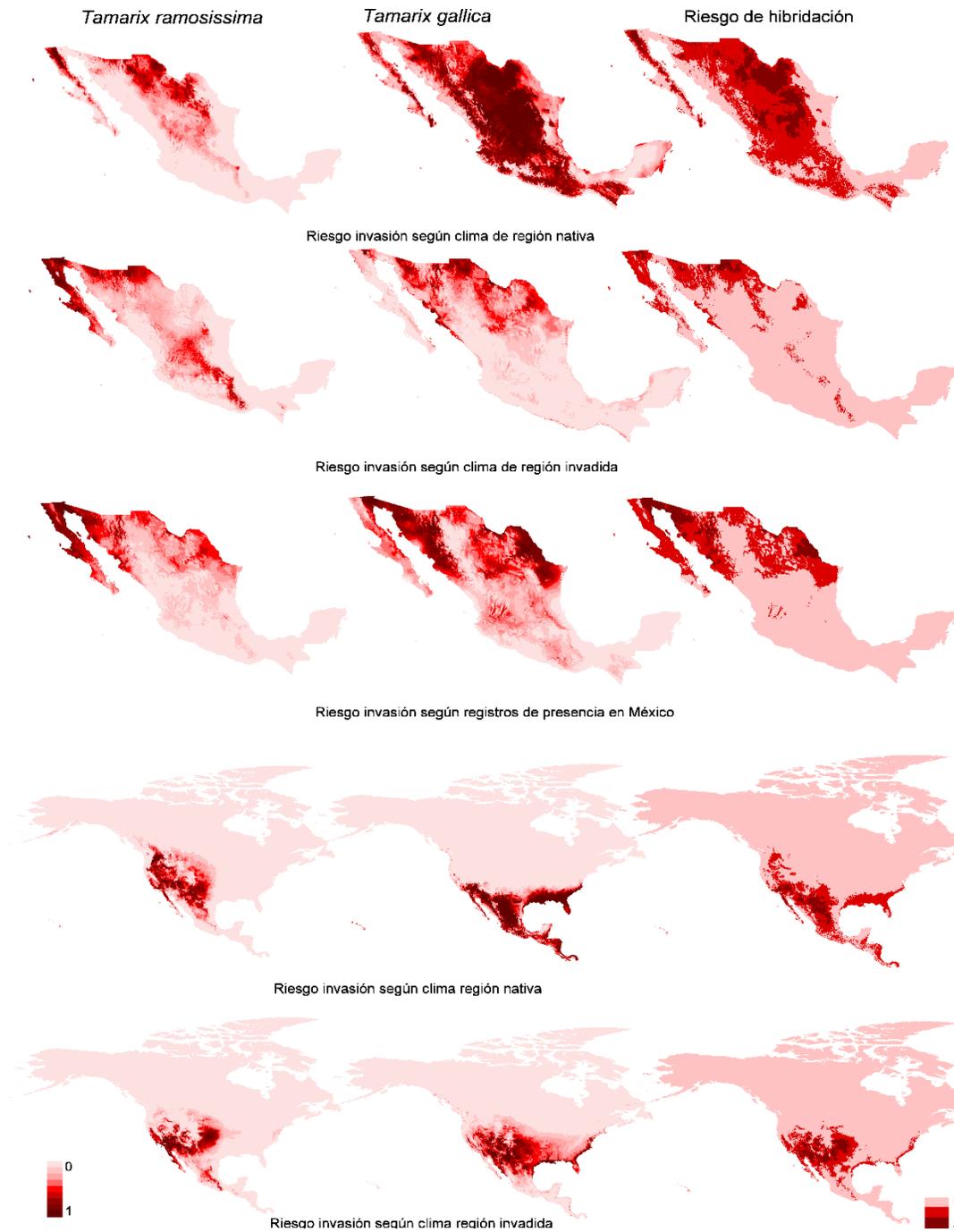


Figura 36. Modelos de Maxent para el híbrido *T. ramosissima* X *T. gallica* calibrados en su región nativa y de invasión y proyectados a México. Se representa el riesgo de hibridación, según los escenarios de riesgos de invasión por clima en región nativa e invadida, mostrando los riesgos para México y dentro de la región de Norteamérica y Centroamérica. La gradación de colores corresponde a la coincidencia en la distribución de las especies. El valor 1 corresponde a los sitios donde existen condiciones para 1 especie, el 2 es donde coinciden las 2 especies por lo que indicaría el potencial riesgo de hibridación, y 0 es donde no hay condiciones para ninguna de las especies.

d) Híbridos *Tamarix aphylla* X *Tamarix chinensis*:

Al proyectar la distribución potencial de las dos especies de *Tamarix*, *T. aphylla* y *T. chinensis* para determinar el riesgo de hibridación en México se denota, al considerar el escenario en función del clima de la distribución nativa, que el riesgo se da en la parte costera del Pacífico en la península de Baja California, así como en la parte media y sur de la misma; también en una zona muy localizada de Tamaulipas (Fig. 37). Al considerar el clima de la región invadida, el riesgo ocurre en una parte del norte de Baja California, y está localizado en Chihuahua y Coahuila, así como en la zona costera de Sonora y parte de Sinaloa (Fig. 37). Al considerar el clima en función de los registros en México, el patrón es similar al mostrado en la zona invadida, solo más remarcado en Sonora y Sinaloa, añadiendo una pequeña zona costera de Baja California (Fig. 37). Se muestran riesgos de hibridación en California y Arizona (considerando ambos escenarios) colindando con México (Fig. 37). Es importante señalar que los riesgos de hibridación son extensos en la península de Baja California, pero se encuentran localizados y aislados en las otras zonas del país.

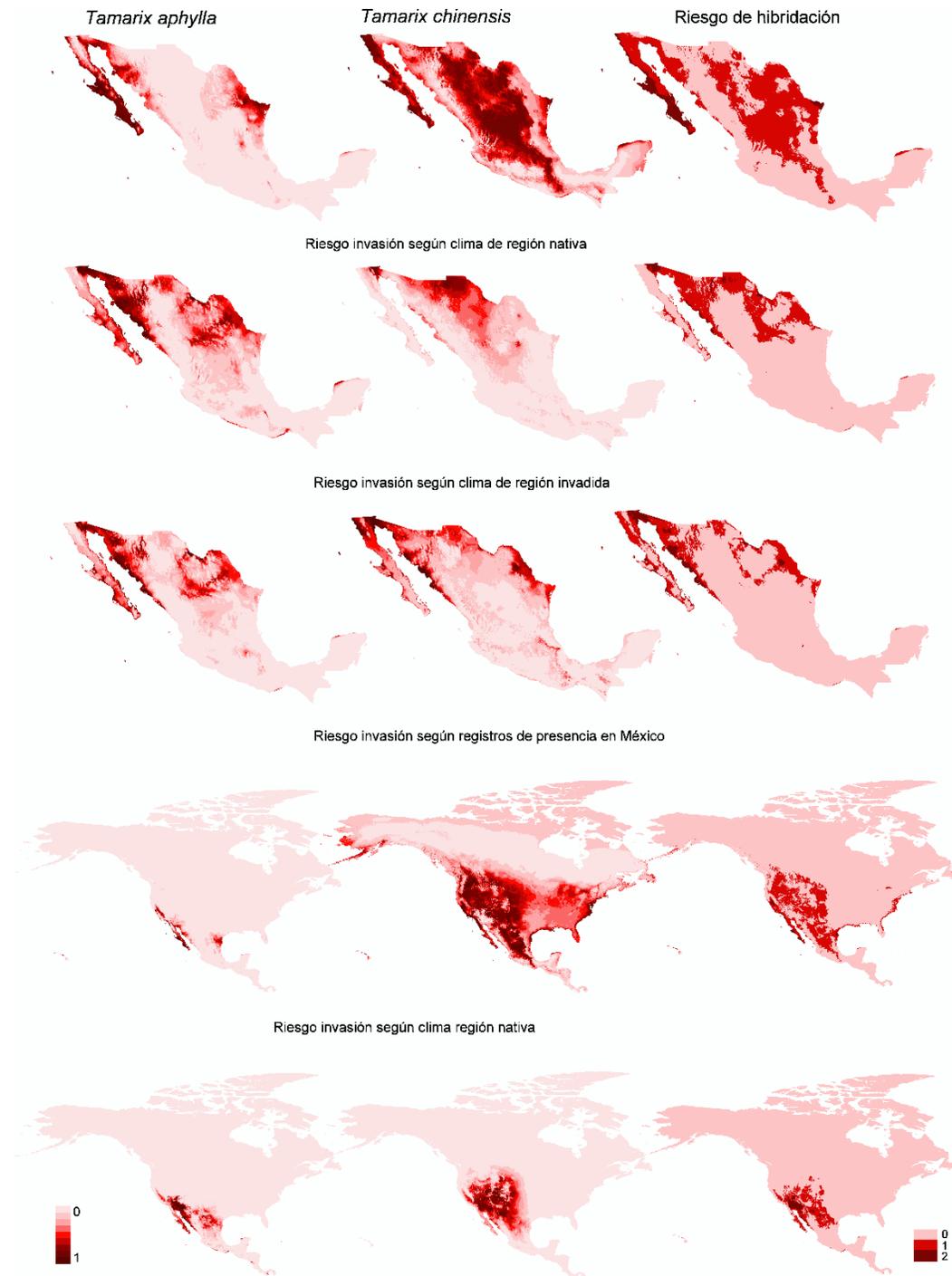


Figura 37. Modelos de Maxent para el híbrido *T. aphylla* X *T. chinensis* calibrados en su región nativa y de invasión y proyectados a México. Se representa el riesgo de hibridación, según los escenarios de riesgos de invasión por clima en región nativa e invadida, mostrando los riesgos para México y dentro de la región de Norteamérica y Centroamérica. La gradación de colores corresponde a la coincidencia en la distribución de las especies. El valor 1 corresponde a los sitios donde existen condiciones para 1 especie, el 2 es donde coinciden las 2 especies por lo que indicaría el potencial riesgo de hibridación, y 0 es donde no hay condiciones para ninguna de las especies.

En resumen, los riesgos de hibridación de las especies de *Tamarix* en México (las que se sabe que hibridizan en otras regiones), son extensos dentro del norte del país, en especial en Sonora, Chihuahua, Coahuila y parte de Nuevo León, así como en la península de Baja California en cuya distribución potencial coinciden los híbridos analizados. Los híbridos para los que se espera una mayor extensión del riesgo en su distribución en México y en la frontera con EUA (Arizona, Nuevo Mexico, Texas) sería *T. ramosissima* X *T. gallica*. El más extenso en la península de Baja California sería *T. chinensis* X *T. aphylla*. El más localizado y aislado sería *T. ramosissima* X *T. aphylla*. El más extenso en la frontera con EUA sería *T. ramosissima* X *T. chinensis*; pero en una parte del norte también habría riesgo de *T. ramosissima* X *T. gallica*. Estas regiones deben ser consideradas con especial atención en el futuro para cualquier programa de manejo y control de *Tamarix* en México.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Se tienen registros confirmados para las 5 especies de *Tamarix* en México, *Tamarix aphylla*, *T. chinensis*, *T. ramosissima*, *T. gallica* y *T. hohenackeri*.
2. La información recopilada para las 5 especies sobre su biología, ecología, historia de las introducciones, potencial de colonización y dispersión, así como la forma en que el humano interviene en su introducción y sus impactos, fue adecuada para realizar el análisis de riesgo de cada especie.
3. Las rutas de transporte en México para las 5 especies no se encuentran claramente documentadas. Se sabe que las 5 especies de *Tamarix* se introdujeron en América primero por EUA, para su comercio como árboles de ornato, para crear cortinas rompevientos, proveer de sombras a los animales, y para el control de erosión de suelos. Se sembraron estas plantas y se comercializaron. Posteriormente, se dieron los escapes. Las rutas de transporte para estas especies son generalmente por el viento que propaga sus pequeñas semillas y el transporte de partes vegetativas de las plantas por distintos medios. Estas debieron ser las rutas para la invasión en México.
4. El análisis económico de los costos e impactos de las 5 especies de *Tamarix* solo puede considerarse a partir de las valoraciones que han hecho en EUA. Para México, no existen estos análisis o fuentes a partir de donde hacerlos. Se sabe que para alguna de las especies han realizado cultivo en México para su comercio como planta ornamental y para control de erosión de suelos salinos, pero no se indicaron ni los costos ni los beneficios. Las estimaciones de los costos relacionados al manejo, control, de estas especies se han hecho con base en la pérdida de agua para irrigación y de los sistemas de flujo municipal, por una reducción de energía hidroeléctrica, costos de programas de control con herbicidas y manual, costos asociados con la pérdida de vida silvestre e interferencia con actividades recreativas en ríos. Un estimado de la presencia de *Tamarix* en el oeste de EUA costaría entre 7 y 16 billones de dólares en pérdidas funcionales del ecosistema en los siguientes 55 años.

5. Se tiene información suficiente sobre los métodos de control usados en EUA y Australia, y la efectividad de los mismos para las especies de *Tamarix*. Los programas de control y mitigación y las estrategias para el control deben incluir primero la prevención, eliminando su comercio. Por otro lado, la detección y control de manera temprana es fundamental, ya que se logra un dominio efectivo en condiciones favorables. Se debe buscar el control mediante los métodos más apropiados, evaluando el costo-beneficio; puede ser un manejo integral, con medios mecánicos, químicos como herbicidas, control biológico y el fuego.
6. La legislación mexicana no contempla actualmente a las 5 *Tamarix aphylla*, *T. chinensis*, *T. ramosissima*, *T. gallica* y *T. hohenackeri* como especies exóticas de riesgo, ni invasoras.
7. En cuanto a la normatividad para la Legislación internacional, hay países que tienen muy reglamentado y controlado el comercio y entrada de las especies en cuanto son incluidas como especies exóticas invasoras, tal es el caso de EUA, Australia y Canadá.
8. De acuerdo a los puntajes obtenidos del análisis de riesgo WRA (Weed Risk Assessment), se concluye que *Tamarix aphylla*, *T. chinensis*, *T. ramosissima*, *T. gallica* y *T. hohenackeri* deben ser rechazadas para su comercio e ingreso a México, debido a los riesgos de volverse una especie altamente invasora, con los consecuentes efectos negativos en los ecosistemas en caso de su ingreso al país.
9. De acuerdo a los puntajes obtenidos del análisis de riesgo complementario AQIS (Australian Quarantine and Inspection Service), las 5 especies *Tamarix aphylla*, *T. chinensis*, *T. ramosissima*, *T. gallica* y *T. hohenackeri* deben ser rechazadas para su comercio e ingreso a México.
10. De acuerdo a la modelación de riesgo de especies de *Tamarix* para obtener la probabilidad de invasión en México por afinidad climática, hay un riesgo alto de invasión por las 5 especies. Hay un riesgo alto de que las especies de *Tamarix* invadan sobre todo la parte norte del país con respecto a su similitud climática y altitudinal, y a los hábitats con respecto a su distribución nativa, pero también considerando las regiones donde ya se ha vuelto naturalizada e invasora. Esto sobre

todo en zonas áridas y sub-áridas, pero hay otras zonas como la mediterránea que son propicias para la invasión. Para *T. hohenackeri* no se pudo obtener un escenario completo con la región invadida por el bajo número de registros encontrados para su distribución de invasión y en México.

11. Los riesgos de hibridación de las especies de *Tamarix* que se sabe que hibridizan en otras regiones, y que coincidirían en México (según los riesgos de invasión modelados de cada especie individual), ocurren en particular en el Norte del país, en especial en Sonora, Chihuahua, Coahuila y, así como en la península de Baja California en cuya distribución potencial coincidirían estos híbridos distintos (*T. ramosissima* X *T. chinensis*; *T. ramosissima* X *T. aphylla*; *T. ramosissima* X *T. gallica*; *T. chinensis* X *T. aphylla*). Las regiones indicadas deben ser consideradas con mayor atención en el futuro para cualquier programa de manejo y control de *Tamarix* en México, debido a que los híbridos de las especies de *Tamarix* son más invasivos que las especies parentales individuales.
12. La invasión por estas 5 especies de *Tamarix* provocará pérdida de biodiversidad, problemas con la disponibilidad de agua (sobre todo en zonas áridas y semiáridas), impactos en la calidad del suelo, y acceso a zonas y pérdida de sitios para recreación, en las zonas de México donde se expandan sus poblaciones.
13. Se requiere realizar estudios específicos en el país de la biología y ecología de las 5 especies de *Tamarix* con presencia en México, así como de los impactos de costos económicos para su manejo una vez establecida la invasión.

Literatura citada

- Abbruzzese, G., Kuzminsky, E., Jaoudé, R. A., Angelaccio, C., Eshel, A., Scoppola, A. & Valentini, R.** 2013. Leaf epidermis morphological differentiation between *Tamarix africana* Poir. and *Tamarix gallica* L. (Tamaricaceae) with ecological remarks. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*. 147 (3): 573-582.
- Abella, S. R., Embrey, T. M., Schmid, S. M. & Prengaman, K. A.** 2012. Biophysical correlates with the distribution of the invasive annual red brome (*Bromus rubens*) on a Mojave desert landscape. *Invasive Plant Science and Management*. 5: 47-56.
- Abou-Jaoudé, R.** 2011. Harnessing the biodiversity of Italian *Tamarix* species: populations, plants and leaf responses to extreme environmental constraints. Tesis de Doctorado. Università degli Studi Della Tuscia.
- Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Australian (ARMCANZ) & New Zealand Environment and Conservation Council and Forestry Ministers (NZECCFM).** 2000. Weeds of national significance athel pine (*Tamarix aphylla*) strategic plan. Launceston: National Weeds Strategy Executive Committee.
- Agriculture Victoria (AV).** 2018. Saltcedar (*Tamarix ramosissima*). Fecha de actualización: 20 de junio de 2018. http://vro.agriculture.vic.gov.au/dpi/vro/vrosite.nsf/pages/weeds_saltcedar.
- Al'Isbili, A.** 2010. Kitabu cumdati ttabib fi macrifati nnabat likulli labib (Libro base del médico para el conocimiento de la botánica por todo experto), Volumen 3, 2 vols. Correcciones e índices por J. Bustamante, F. Corriente y M. Tilmatine, 1. 222 p.
- Alaniz-Gutiérrez, L., Ail-Catzim, C. E., Villanueva-Gutiérrez, R., Delgadillo-Rodríguez, J., Ortiz-Acosta, M. E., García-Moya, E., & Cervantes, T. S. M.** 2017. Caracterización

palinológica de mieles del valle de Mexicali, Baja California, México. *Polibotanica*. 43: 1-29.

Alberta Agriculture & Rural Development (AARD). 2008. Weed alert: *Tamarix ramosissima*. Government of Alberta Agriculture and Rural Development. Fecha de actualización: ND. [http://www1.Agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/prm12239](http://www1.Agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/prm12239).

Allred, K. W. 2002. Identification and taxonomy of *Tamarix* (Tamaricaceae) in New Mexico. *Desert Plants*. 26-32.

Andersen, D. C., & Nelson, S. M. 2013. Floral ecology and insect visitation in riparian *Tamarix sp.* (saltcedar). *Journal of Arid Environments*. 94: 105-112.

Anderson, B. 1998. The case for salt cedar. *Restoration & Management Notes*. 16 (2): 130-134.

Anderson, B. W., Higgins, A. & Ohmart, R. D. 1977. Avian use of saltcedar communities in lower Colorado River Valley. *In*: R. R. Johnson and D. A. Jones, eds. Technical coordinators. Importance Preservation and Management of Riparian Habitat: A Symposium, 1977 Jul. 09, Tuscon, AZ. USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest Range Experiment Station, General Technical Report RM-43. Fort Collins, CO. Pages 128-136.

Anderson, J. E. 1982. Factors controlling transpiration and photosynthesis in *Tamarix chinensis* Lour. *Ecology*. 63 (1): 48-56.

Aránzazu-Prada, M. & Arizpe, D. 2008. Riparian tree and shrub propagation handbook. An aid to riverine restoration in the Mediterranean region. Generalitat Valenciana. 203 p. ISBN: 9788448249656.

Arévalos-Vargas, J. 2007. El *Tamarix (Tamarix sp.)* en la forestación del lecho del vaso del ex-lago de Texcoco, una estrategia más para un rescate. Tesis de Maestría en Ciencia. COLPOS.

- Arianmanesh, R., Mehregan, I., Assadi, M. & Nejdassattari, T.** 2016. Phylogenetic relationships of the genus *Tamarix* L. (Tamaricaceae) from Iran based on nuclear and plastid DNA sequences. *Asian Journal of Conservation Biology*. 5 (1): 45-50.
- Arianmanesh, R., Mehregan, I., Nejdassattari, T., & Assadi, M.** 2015. Molecular phylogeny of *Tamarix* (Tamaricaceae) species from Iran based on ITS sequence data. *European Journal of Experimental Biology*. 5 (6): 44-50.
- Asef, T. S.** 2013. Associating genetically diverse tamarisk invaders with their impacts in a salt marsh ecosystem. Tesis Maestría en Ciencias. California State University (Universidad Estatal de California). USA.
- Auerbach, H. S.** 1943. Father escalante's journal (1776-77), with related documents and maps. Utah State Historical Society. Vol. XI: 142 p.
- Balachowsky, A. S.** 1950. Sur deux *Tachardina* Ckll. (Coccoidea-Lacciferinae) nouveaux du Sahara Central. (Contribution à l'étude des Coccoidea du Nord Africain, 28e note). EOS. *Revista Española de Entomología*. 26: 7-17.
- Bashkin, M., Stohlgren, T. J., Otsuki, Y., Lee, M., Evangelista, P. & Belnap, J.** 2003. Soil characteristics and plant exotic species invasions in the Grand Staircase-Escalante National Monument, Utha, USA. *Applied Soil Ecology*. 22 (1): 67-77.
- Bateman, H. L., Paxton, E. H. & Longland, W. S.** 2013. *Tamarix* as wildlife habitat. In: Sher, A. & Quigley, M. F. (eds) *Tamarix: A case study of ecological change in the American West*. Oxford University Press.
- Baum, B.** 1978. The Genus *Tamarix*. Israel Academy of Sciences and Humanities. Jerusalem, Israel. 209 pp.
- Beauchamp, V. B., Stromberg, J. C., & Stutz, J. C.** 2005. Interactions between *Tamarix ramosissima* (saltcedar), *Populus fremontii* (cottonwood), and mycorrhizal fungi: effects on seedling growth and plant species coexistence. *Plant and Soil*. 275 (1): 221-231.

- Bedano, J. C., Sacchi, L., Natale, E., & Reinoso, H.** 2014. Saltcedar (*Tamarix ramosissima*) invasion alters decomposer fauna and plant litter decomposition in a temperate xerophytic deciduous forest. *Advances in Ecology*. 2014: 1-8.
- Beeson, C. F. C.** 1941. The ecology and control of the forest insects of India and the neighbouring countries. Vasant Press, Dehra Dun, India. 1007 p.
- Bikbulatova, T. N. & Korul'kina, L. M.** 2001. Composition of *Tamarix hohenackeri* and *Tamarix ramosissima*. *Chemistry of Natural Compounds*. 37 (3): 216-217.
- Booth, F. E. M. & Wickens, G. E.** 1988. Non-Timber uses of selected arid zone trees and shrubs in Africa. FAO Conservation Guide 19. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Bosch, C. H. & Louppe, D.** 2011. *Tamarix aphylla* (L.) H. Karst. PROTA4U. In: Lemmens, R. H. M. J., Louppe, D. & Oteng-Amoako, A. A. (Eds). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. 618-620 p.
- Bowman, C.** 1987. Tamarisk control project: Petrified Forest National Park. In: Kunzmann, M. R., Johnson, R. R. & Bennett, P. S. (Eds). Tamarisk control in southwestern United States. U. S. Department of Interior National Park Service, Special Report 9. 11-16 p.
- Bowser, C. W.** 1957. Introduction and spread of the undesirable tamarisk in the Pacific Southwest section of the United States and comments concerning the plant's influence upon indigenous vegetation. In: Symposium on Phreatophytes. Pacific Southwest Regional Meeting, American Geophysical Union. 12-16 p.
- Breckle, S. W., Wucherer, W. & Dimeyeva, L. A.** 2012. Vegetation of the Aralkum. In: Breckle, S. W., Wucherer, W., Dimeyeva, L. A. & Ogar, P. N. (Eds). Aralkum-a Man-Made Desert: The desiccated floor of the Aral Sea (Central Asia). Ecological Studies 218. Springer.
- Brock, J. H.** 1994. *Tamarix spp.* (Salt Cedar), an invasive exotic woody plant in arid and semi-arid riparian habitats of western USA. In: de Waal, L. C., Child, L. S., Wade, P. M. & J.

H. Brock (Eds). Ecology and management of invasive Riverside plants. John Wiley & Sons, Chichester. 217 p.

Brotherson, J. D. & Field, D. 1987. *Tamarix*: impacts of a successful weed. *Rangelands*. 9 (3): 110-112.

Brotherson, J. D. & Winkel, V. 1986. Habitat relationships of saltcedar (*Tamarix ramosissima*) in central Utah. *Great Basin Naturalist*. 46 (3): 535-541.

Brotherson, J. D., Carman, J. G., & Szyska, L. A. 1984. Stem-diameter age relationships of *Tamarix ramosissima* in central Utah. *Journal of Range Management*. 37 (4): 362-364.

Brown, C. & Grace, B. 2006. Athel pine in the northern territory: a strategic approach to eradication. Fifteenth Australian Weeds Conference.

Busby, F. E. & Schuster, J. L. 1971. Woody phreatophyte infestation of the Middle Brazos River Flood Plain. *Journal of Range Management*. 24 (4): 285-287.

Busch, D. E. & Smith, S. D. 1995. Mechanisms associated with decline of woody species in riparian ecosystems of the Southwestern U.S. *Ecological Monographs*. 65 (3): 347-370.

Busch, D. E. & Smith, S. D. 1992. Fire in a riparian shrub community: postburn water relations in the *Tamarix-Salix* association along the lower Colorado River. In: Symposium on Ecology Management of Riparian Shrub Communities, Sun Valley, ID, 29-31 de Mayo de 1991.

Busch, D. E. & Smith, S. D. 1993. Effects of fire on water and salinity relations of riparian woody taxa. *Oecologia*. 94 (2): 186-194.

Busch, D. E. 1995. Effects of fire on southwestern riparian plant community structure. *The Southwestern Naturalist*. 40 (3):259-267.

Cacho, O. J., Spring, D., Pheloung, P. C. & Hester, S. 2006. Evaluating the feasibility of eradicating an invasion. *Biological Invasions*. 8: 903-913.

- Caldwell, D. L.** 2008. Staining associated with oxborn bucida (“black olive”) trees (*Bucida buceras*): The caterpillar and the eriophyid mite connection. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 121:360-362.
- Cao, D., Shi, F., Ruan, W., Lu, Z., & Chai, M.** 2011. Seasonal changes in and relationship between soil microbial and microfaunal communities in a *Tamarix chinensis* community in the Yellow River Delta. *African Journal Biotechnology*. 10 (80): 18425-18432.
- Carpenter, A. T.** 1998. Element stewardship abstract for *Tamarix ramosissima* Ledebour; *Tamarix pentandra* Pallas, *Tamarix chinensis* Loureiro and *Tamarix parviflora* De Candolle. The Nature Conservancy.
- Carruthers, R. I., DeLoach, C. J., Herr, J. C., Anderson, G. L., Knutson, A. E.** 2008. Saltcedar Areawide Pest Management in the western USA. Areawide Pest Management Theory and Implementation. CAB International, Wallingford, 271-299.
- Carter, J. M., & Nippert, J. B.** 2012. Leaf-level physiological responses of *Tamarix ramosissima* to increasing salinity. *Journal of Arid Environments*. 77: 17-24.
- Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI).** 2017a. Invasive species pest, Datasheet: *Tamarix chinensis* (five-stamen tamarisk). Invasive Species Compendium. Fecha de actualización: 29 de marzo de 2018. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/52487>
- Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI).** 2017b. *Tamarix ramosissima*. en: Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. www.cabi.org/isc.
- Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI).** 2018a. Invasive species pest, datasheet: *Tamarix aphylla* (athel). Invasive Species Compendium. Fecha de actualización: 29 de marzo de 2018. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/52483#tab1-nav>.

- Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI).** 2018b. Invasive Species Pest, datasheet: *Tamarix gallica* (French tamarisk). Fecha de actualización: 3 de enero de 2018. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/52492>.
- Chappell, A., Brewer, N. & Windell, K.** 2009. Attachmnet to improve tamarisk removal. USDA Technology and Development Program.
- Chen, R., Yang, Y., Xu, J., Pan, Y., Zhang, W., Xing, Y., Ni, H., Sun, Y. & Li, N.** 2017. *Tamarix hohenackeri* Bunge exerts anti-inflammatory effects on lipopolysaccharide-activated microglia in vitro. *Phytomedicine*. 40: 10-19.
- Chew, M. K.** 2009. The monsterring of tamarisk: how scientists made a plant into a problem. *Journal of the History of Biology*. 42 (2): 231-266.
- Chopra, R. N., Nayar, S. L. & Chopra, I. C.** 1956. Glossary of Indian medicinal plants. Council of Scientific & Industrial Research. 239 p. ISBN: 8172360487 9788172360481.
- Christensen, E. M.** 1962. The rate of naturalization of *Tamarix* in Utah. *American Midland Naturalist*. 68 (1): 51-57.
- Chung-MacCoubrey, A. L., & Bateman, H. L.** 2006. Herpetological Communities of the Middle Rio Grande Bosque: What Do We Know, What Should We Know, and Why? USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-42CD.
- Chun-xia, T.** 2012. An experiment on cuttage seedling of *Tamarix hohenackeri* Bunge [J]. *Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology*. 4: 013.
- Cinnamon, S. K.** 1987. Wupatki National Monument tamarisk and camelthorn eradication program 1983-88. In: Kunzmann, M. R., Johnson, R. R. & Bennett, P. S. (Eds). Tamarisk control in southwestern United States. U. S. Department of Interior National Park Service, Special Report 9. 20-24 p.
- Cirujano, S.** 1995. *Tamarix* L. En: Castroviejo, S., Aedo, C., Cirujano, S., Laínz, M., Montserrat, P., Morales., Muñoz-Garmendia, F., Navarro, C., Paiva, J. & Soriano, C. (Eds). Flora Ibérica. Real jardín botánico-CSIC. Madrid.

- Coffey, J.** 1987. Summary report on tamarisk control: Joshua Tree National Monument. In: Kunzmann, M. R., Johnson, R. R. & Bennett, P. S. (Eds). Tamarisk control in southwestern United States. U. S. Department of Interior National Park Service, Special Report 9. 25-27 p.
- Cohan, D. R., Anderson, B. W. & Ohmart, R. D.** 1978. Avian population responses to salt cedar along the lower Colorado River. USDA Forest Service General Technical Report WO-12, 371-382.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) & Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C. (FMCN).** 2005. Protocolo para el control y erradicación del Pinabete (*Tamarix aphylla*). Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) & Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C. (FMCN).** 2015. Protocolo para el control y erradicación del pino salado (*Tamarix ramosissima*). Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).** 2018. Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía en la cuenca Lerma. Chapala. Gobierno de México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).** 2016. Sistema de información sobre especies invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Commonwealth of Australia, Bureau of Meteorology.** 2018. Maps of average conditions. Fecha de actualización: 30 de julio de 2013. <http://www.bom.gov.au/climate/averages/maps.shtml>
- Conesa, H.M., Faz, A & Arnaldos, R.** 2006. Heavy metal accumulation and tolerance in plants from mine tailings of the semiarid Cartagena-La Union mining district (SE Spain). *Science of the Total Environment*. 366:1-11.

- Confederación Hidrográfica del Guadiana.** 2012. Directrices para el manejo del Taray en la cuenca alta de guardiana. Gobierno de España.
- Conservation of Agricultural Resources Act (CARA).** 2001. Regulations 15 and 16 (regarding problem plants). South Africa Conservation of Agricultural Resource Act. 1983 (Act No.43).
- Corral-Díaz, R., Pelayo, H., & Gardea-Torresdey, J.** 2009. Vegetation and non-native plants along the Río Grande in urban Ciudad Juárez, Chihuahua. *In:* Van Devender, T. R., Espinosa-García, F. J., Harper-Lore, B. L., & Hubbard, T. (Eds). Invasive plants on the move: Controlling them in North America, 189-198 p.
- Craine, E. B., Evankow, A., Wolfson, K. B., Dalton, K., Swedlund, H., Bowen, C., & Heschel, M. S.** 2016. Physiological response of *Tamarix ramosissima* (Tamaricaceae) to a biological control agent. *Western North American Naturalist.* 76 (3): 339-351.
- Crins, J. W.** 1989. The Tamaricaceae in the southeastern United States. *Journal of the Arnold Arboretum.* 70 (3): 403-425.
- Csurhes, S.** 2008. Invasive plant risk assesment: Ahel pine (*Tamarix spp.*). Department of Agriculture and Fisheries, Biosecurity Queensland. Queensland Government.
- Cui, B., Yang, Q., Zhang, K., Zhao, X. & You, Z.** 2010. Responses of saltcedar (*Tamarix chinensis*) to water table depth and soil salinity in the Yellow River Delta, China. *Plant Ecology.* 209 (2): 279-290.
- Culler, R. C., Hanson, R. I. Myrick, R. M., Turner, R. M. & Kipple, F. P.** 1982. Evapotranspiration before and after clearin phreatophytes. Gile River flood plain. Graham County, Arizona. U.S. Geological Professional Paper 655 p.
- D'Antonio, C. A. & Meyerson, L. A.** 2002. Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: A shyntesis. *Restoration Ecology.* 10 (4):703-713.
- Danin, A.** 1981. Ecological factors affecting the distribution of *Tamarix aphylla* (L.) Karst. in Israel and Sinai. *La-Yaaran.* 31: 46-48.

- Danzig, E. M. & Miller, D. R.** 1996. A systematic revision of the mealybug genus *Trabutina* (Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae). *Israel Journal of Entomology*. 30: 7-46.
- De Aizpurua, C. G.** 2001. Lepidópteros en estadio de oruga, colectados sobre taray, *Tamarix spp.*, en diversas provincias españolas. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*. 27 (2): 207-216.
- De Lillo, E. & Sobhian, R.** 1994. Taxonomy, distribution, and host specificity of a gall-making mite, *Aceria tamaricis* (Trotter) (Acari: Eriophyoidea), associated with *Tamarix gallica* L. (Parietales: Tamaricaceae) in southern France. *Entomologica*. 28: 5-16.
- DeLoach, C. J.** 1988. Prospects for biological control of saltcedar (*Tamarix spp.*) in riparian habitats of the southwestern United States. In: Proceedings of the VII International Symposium on Biological Control of Weeds, 6-11 p.
- DeLoach, C.J., Carruthers, R.I., Lovich, E.J., Dudley, L.T. & Simth, D.** 2000. Ecological interactions in the biological control of Saltcedar (*Tamarix spp.*) in the United States: Toward a New Understanding. In: N.R. Spencer [ed.], Proceedings of the X International Symposium on Biological Control of Weeds, 4–14 July 1999. Montana State University, Bozeman, MT, pp. 819–873.
- DeLoach, C. J., Carruthers, R. I., Knutson, A. E., Moran, P. J., Ritzi, C. M., Dudley, T. L., Gaskin, J., Kazmer, D., Thompson, D. A., Bean, D., Eberts, D., Mugge, M. A., Michels, G. J., Delaney, K., Nibling, F., Fain, T., Skeen, B. & Donet, M.** 2011. Twenty-five years of biological control of saltcedar (*Tamarix*: Tamaricaceae) in the Western USA: Emphasis Texas—1986–2011. In: Proceedings of the XIII International Symposium on Biological control of Weeds. 11-15 p.
- DeLoach, C. J., Gerling, D., Fornasari, L., Sobhian, R., Myartseva, S., Mityaev, I. D., Lu, Q. G., Tracy, J. L., Wang, R., Wang, J. F., Kirk, A., Pemberton, R. W., Chikatunov, V., Jashenko R. V., Johnson, J. E., Zheng, H., Jiang, S. L., Liu, M. T., Liu, A. P. & Cisneroz, J.** 1996. Biological control programme against saltcedar (*Tamarix spp.*) in the United

States of America: progress and problems. In: Proceedings of the IX International Symposium on the Biological Control of Weeds. 19-26 p.

DeLoach, C. J., Lewis, P. A., Herr, J. C., Carruthers, R. I., Tracy, J. L., & Johnson, J. 2003. Host specificity of the leaf beetle, *Diorhabda elongata* deserticola (Coleoptera: Chrysomelidae) from Asia, a biological control agent for saltcedars (*Tamarix*: Tamaricaceae) in the Western United States. *Biological Control*. 27 (2): 117-147.

Del-Val, E. & Sevillano, L. 2015. Distribución, abundancia y efectos nocivos de tres especies de plantas invasoras. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. Informe final *Tamarix ramosissima* SNIB-CONABIO, proyecto No. JE004. Ciudad de México.

Department of Land Resource Management (DLRM). 2014. Athel pine (*Tamarix aphylla*): NT Weed Risk Assessment Technical Report. Charles Darwin University.

Díaz, J. S., Reyes, O. A. y Flores-Campaña, L. M. ND. Especies de flora y fauna invasoras en las islas del Norte de Sinaloa. Instituto Nacional de Ecología (INE).

Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas (DGIOECE). 2009. Evaluación del impacto ecológico ocasionado por el escarabajo *Diorhabda elongata* en especies de flora y fauna en algunos sitios de la frontera norte de México. Instituto Nacional de Ecología (INE), Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIECO). Convenio INE/A1-017/2009.

DiTomaso, M. J. 1998. Impact, biology, and ecology of Saltcedar (*Tamarix* spp.) in the Southwestern United States. *Weed Technology*. 12 (2): 326-336.

Drabu, S., Chaturvedi, S. & Sharma, M. 2012. *Tamarix gallica*-An overview. *Asian Journal Pharmaceutical and Clinical Research*. 5 (3): 17-19.

Dressen, D.R. & Wangen, L.E. 1981. Elemental composition of saltcedar (*Tamarix chinensis*) impacted by effluents from a coal-fired power plant. *Journal of Environmental Quality*. 10:410-416.

- Du, N., Wu, P., Eller, F., Zhou, D., Liu, J., Gan, W., Yang, R., Dai, M., Yandong, C., Wang, R. & Guo, W.** 2017. Facilitation or competition? The effects of the shrub species *Tamarix chinensis* on herbaceous communities are dependent on the successional stage in an impacted coastal wetland of North China. *Wetlands*. 37 (5): 899-911.
- Dudley, T. L. & DeLoach, C. J.** 2005. Saltcedar (*Tamarix* spp.), endangered species and biological control. Can they mix? *Weed Technology*. 18 (sp1): 1542-1551.
- Dudley, T. L.** 2005. Progress and pitfalls in the biological control of saltcedar (*Tamarix* spp.) in North America. In: Proceedings of the 16th US Department of Agriculture interagency research forum on gypsy moth and other invasive species. 12-15 p.
- Dudley, T. L., DeLoach, C. J., Lovich, J. E. & Carruthers, R. I.** 2000. Saltcedar invasion of western riparian areas: impacts and new prospects for control. In: New insights and new incites in natural resource management: Transactions, 65th North American wildlife and natural resources conference; 2000 March 24-28; Rosemont, IL. Washington, DC: Wildlife Management Institute: 345-381.
- Duncan, K. W., & McDaniel, K. C.** 1998. Saltcedar (*Tamarix* spp.) management with imazapyr. *Weed Technology*. 12 (2): 337-344.
- Duncan, R. P., Blackburn, T. M. & Sol, D.** 2003. The ecology of bird introductions. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 34:71-98.
- Dunlap, J. M. & Stettler, R. F.** 2001. Variation in leaf epidermal and stomatal traits of *Populus trichocarpa* from two transects across the Washington Cascades. *Canadian Journal of Botany*. 79 (5): 528-536.
- Durst, S. L., Theimer, T. C., Paxton, E. H. & Sogge, M. K.** 2008. Temporal variation in the arthropod community of desert riparian habitats with varying amounts of saltcedar (*Tamarix ramosissima*). *Journal of Arid Environments*. 72 (9): 1644-1653.
- Eakin, M. E. & Brown, C. B.** 1939. Silting of reservoirs. United States Department of Agriculture. Technical Bulletin 524. 11-18 p.

- Ehrenfeld, J.** 2010. Ecosystem consequences of biological invasions. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 41:59-80.
- El-Husseiny, L. M. M. & El-Sayed, A. E.** 2012. Benefits of using (Athel) *Tamarix aphylla* (L.) as windbreaks in Egyptian new lands. Minia International Conference for Agriculture and Irrigation in the Nile Basin Countries, 26th -29th March 2012, El-Minia, Egypt.
- Ellis, L. M.** 1995. Bird use of saltcedar and cottonwood vegetation in the Middle Rio Grande Vally of New Mexico, U.S.A. *Journal of Arid Environments*. 30 (3): 339-349.
- Ellis, L. M., Crawford, C. S., & Molles Jr, M. C.** 1997. Rodent communities in native and exotic riparian vegetation in the Middle Rio Grande Valley of central New Mexico. *The Southwestern Naturalist*. 42 (1): 13-19.
- Elton, C. S.** 1958. The ecology of invasions by animals and plants. Methuen, London.
- Estrada-Muñoz, G. A.** 2014. El escarabajo del Tamarix (*Diorhabda spp.*): Control de defoliación sobre pinabete (*Tamarix aphylla*). Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Antonio Narro.
- European Nature Information Systems (EUNIS).** 2018. East mediterranean tamarisk tickets. European Environment Agency. Fecha de actualización: 9 de mayo de 2018. <http://eunis.eea.europa.eu/habitats/4952>
- Everitt, B. I.** 1980. Ecology of saltcedar: a plea for research. *Environmental Geology*. 3 (2): 77-84.
- Everitt, H. J. & Deloach, J. C.** 1990. Remote sensing of Chinese Tamarisk (*Tamarix chinensis*) and associated vegetation. *Weed Science*. 38 (3): 273-278.
- Everitt, H. J., Escobar, D. E., Alaniz, M. A., Davis, M. R. & Richerson, J. V.** 1996. Using spatial information technologies to map Chinese Tamarisk (*Tamarix chinensis*) infestations. *Weed Science*. 44 (1): 194-201.
- Fleishman, E., McDonal, N., Nally, R. M., Murphy, D. D., Walters, J., & Floyd, T.** 2003. Effects of floristics, physiognomy and non-native vegetation on riparian bird

communities in a Mojave Desert watershed. *Journal of Animal Ecology*. 72 (3): 484-490.

Forcone, A., Bravo, O. & Ayestarán, M. G. 2003. Intraannual variations in the pollinic spectrum of honey from the lower valley of the River Chubut (Patagonia, Argentina). *Spanish Journal of Agricultural Research*. 1 (2): 29-36.

Fuller, M. R. 1993. The invasion and control of *Tamarix aphylla* on the Finke River, Central Australia. In: Proceedings of the 10th Australian Weeds Conference and 14th Asian Pacific Weed Science Society Conference.

Gao, M., Wuang, X., Ui, C., Yi, H., Zhang, C., Wu, X., Bi, X., Wuang, Y., Xiao, L. & Wang, D. 2015. Assembly of plant communities in coastal wetlands- the role of Saltcedar *Tamarix chinensis* during early succession. *Journal of Plant Ecology*. 8 (5): 539-548.

Gardener, M. R., Atkinson, R. & Renteria, J. L. 2010. Eradications and people: lessons from the plant eradication program in Galapagos. *Restoration Ecology*. 18: 20-29.

Gaskin, J. F. 2003. Molecular systematics and the control of invasive plants: A case study of *Tamarix* (Tamaricaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 90 (1): 109–118.

Gaskin, J. F. 2013. Genetics of *Tamarix*. In: Sher, A. & Quigley, M. F. (eds) *Tamarix: A case study of ecological change in the American West*. Oxford University Press.

Gaskin, J. F. 2016. *Tamarix*, in Flora of North America @ efloras.org. Fecha de actualización: ND. http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=132255.

Gaskin, J. F. 2017. *Tamarix*. In: Jepson Flora Project (Eds) Jepson eFlora. Fecha de actualización: 12 de febrero de 2016. http://ucjeps.berkeley.edu/eflora/eflora_display.php?tid=10666.

Gaskin, J. F. & Schaal, B. A. 2002. Hybrid *Tamarix* widespread in US invasion and undetected in native Asian range. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 99(17): 11256-11259.

Gaskin, J. F. & Schaal, B. A. 2003. Molecular phylogenetic investigation of US invasive *Tamarix*. *Systematic Botany*. 28 (1): 86-95.

- Gaskin, J. F. & Shafroth, P. B.** 2005. Hybridization of *Tamarix ramosissima* and *T. chinensis* (saltcedars) with *T. aphylla* (athel) (Tamaricaceae) in the southwestern USA determined from DNA sequence data. *Madroño*. 52 (1): 1-10.
- Gaskin, J. F. & Kazmer, D. J.** 2009. Introgression between invasive saltcedars (*Tamarix chinensis* and *Tamarix ramosissima*) in the USA. *Biological Invasions*. 11: 1121-1130.
- Geilfus, F.** 1994. El Árbol, al servicio del agricultor: Manual de agroforestería para el desarrollo rural. Vol. 1, Principios y técnicas. Enda-caribe, CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Gerry, E.** 1954. Athel tamarisk: *Tamarix aphylla* (L.) Karst. (= *T. articulata* Vahl.), family Tamaricaceae. Forest Products Laboratory, Forest Service. U.S. Department of Agriculture.
- Giorgis, M. A. & Tecco, P. A.** 2014. Árboles y arbustos invasores de la Provincia de Córdoba (Argentina): una contribución a la sistematización de bases de datos globales. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 49 (4): 581-603.
- Gladwin, D. N. & Roelle, J. E.** 1998. Survival of plains cottonwood (*Populus deltoides* subsp. *monilifera*) and saltcedar (*Tamarix ramosissima*) seedlings in response to flooding. *Wetlands*. 18 (4): 669-674.
- Glenn, E. P. & Nagler, P. L.** 2005. Comparative ecophysiology of *Tamarix ramosissima* and native trees in western US riparian zones. *Journal of Arid Environments*. 61 (3): 419-446.
- Glenn, E. P., Lee, C., Felger, R. & Zengel, S.** 1996. Effects of water management on the wetlands of the Colorado River Delta, Mexico. *Conservation Biology*. 10 (4): 1175-1186.
- Glenn, E. P., Tanner, R., Mendez, S., Kehert, T., Moore, D., García, J & Valdes, C.** 1998. Growth rates, salt tolerance and water use characteristics of native and invasive riparian plants from the delta of the Colorado River, Mexico. *Journal of Arid Environments*. 40: 281-294.

- Global Biodiversity Information Facility (GBIF).** 2018. Occurrences *Eupithecia ultimaria* Boissduval, 1840. Fecha de actualización: 2018. https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon_key=1983528.
- Gobierno del Estado de Baja California.** 2005. Medio físico: Ensenada. Fecha de actualización: 2005. http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/municipios/ensenada/clima.jsp.
- Gómez-Criado, M. C.** 2012. Directrices para el manejo del Taray en la Cuenca Alta de Guadiana. Confederación Hidrográfica del Guadiana. Gobierno de España.
- Gouldthorpe, J.** 2008. Athel pine: national best practice management manual. Australian Government.
- Gouvenain, R. C.** 1996. Origin, history and current range of salt cedar in the U. S. *In: Proceedings of the Saltcedar Management Workshop*, 12: 1-3.
- Grant-Russell, R.** 2013. Impacts of goat browsing on salt cedar stands in west Texas. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Estatal Angelo.
- Gray, A.** 1895-97. Flora of North America, v. 1, pt. 1. Edited by R. L. Robinson, 506 pp. New York: American Book Co.
- Gries, D., Zeng, F., Foetzki, A., Arndt, S. K., Bruelheide, H., Thomas, F. M., Zhang, X. & Runge, M.** 2003. Growth and water relations of *Tamarix ramosissima* and *Populus euphratica* on Taklamakan desert dunes in relation to depth to a permanent water table. *Plant Cell & Environment*. 26 (5): 725-736.
- Griffin, G. F., Stafford-Smith, D. M., Morton, S. R., Allan, G. E. & Masters, K. A.** 1989. Status and implications of the invasion of tamarisk (*Tamarix aphylla*) on the Finke River, Northern Territory, Australia. *Journal of Environmental Management*. 29 (4): 297-315.
- Grubb, R. T., Sheley, R. L. & Carlstrom, R. D.** 1997. Saltcedar (Tamarisk). A Self-Learning Resource from Montana State University Extension. MT199710AG.

- Gucci, R., Aronne, G., Lombardini, L. & Tattini, M.** 1997. Salinity tolerance in *Phillyrea*. *New Phytologist* 135: 227-234.
- Guerrero-Maldonado, N., Lopez, M. J. & Caudullo, G.** 2016. *Tamarix* - tamarisks in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), European Atlas of Forest Tree Species. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. 011f06.
- Gutzler, D.** 2003. Drought in New Mexico: history, causes, and future prospects. University of New Mexico. Instituto Nacional de Estadística y Geográfica (INEGI). 2018. Climatología. Fecha de actualización: 2018. <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/climatologia/>
- Haase, E. F.** 1972. Survey of floodplain vegetation along the lower Gila River in southwestern Arizona. *Journal of the Arizona Academy of Science*, 7 (2): 75-81.
- Habib, R.** 1980. Tamarisk flower-feeder *Characoma nilotica* Rogenh. (Lepidoptera: Noctuidae) a potential pest in Pakistan. In: Proceedings of the 1st Pakistan Congress of Zoology, 30 April-1 May, 1980, Quaid-i-Azam University, Islamabad, Zoological Society of Pakistan, 307-311 p.
- Haigh, S. L.** 1996. Saltcedar (*Tamarix ramosissima*), an uncommon host for desert mistletoe (*Phoradendron californicum*). *Great Basin Naturalist*. 56 (2): 186-187.
- Harari, M.** 2014. Cultivation of *Tamarix* tree for biomass fuel. Unites States Patent. Patent No.: US 8,839,554 B2.
- Harris, K.** 1983. Descriptions of *Psectrosema* spp. (Diptera: Cecidomyiidae) reared from galls on *Tamarix* spp. in Pakistan, including four new species. *Bulletin of Entomological Research*. 73(3): 447-456.
- Hart, C. R., White, L. D., McDonald, A. & Sheng, Z.** 2005. Saltcedar control and water salvage on the Pecos River, Texas, 1999-2003. *Journal of Environmental Management*. 75 (4): 399-409.

- Hayat, R., Güclü, S., Özbek, H. & Schön, K.** 2002. Contribution to the knowledge of the families Apionidae and Nanophyidae (Coleoptera: Curculionoidea) from Turkey, with new records. *Phytoparasitica*. 30 (1): 25-37.
- Hays, F. & Mitchell, J.** 1987. Tamarisk eradication in Zion National Park. In: Kunzmann, M. R., Johnson, R. R. & Bennett, P. S. (Eds). Tamarisk control in southwestern United States. U. S. Department of Interior National Park Service, Special Report 9. 36-38 p.
- Henderson, L.** 2001. Alien Weeds and Invasive Plants. Plant Protection Research Institute Handbook No. 12. Cape Town, South Africa: Paarl Printers. 300 p.
- Hernández-Zúñiga, J. A.** 1992. Estudio del potencial de uso múltiple en el bosque-escuela del Instituto de madera, celulosa y papel. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.
- Hinojosa-Huerta, O., Iturribarría-Rojas, H., Zamora-Hernández, E. & Calvo-Fonseca, A.** 2008. Densities, species richness and habitat relationships of the avian community in the Colorado River, Mexico. *Studies in Avian Biology*. 37: 74-82.
- Hoddenbach, G.** 1987. Tamarix control. In: Kunzmann, M. R., Johnson, R. R. & Bennett, P. S. (Eds). Tamarisk control in southwestern United States. U. S. Department of Interior National Park Service, Special Report 9. 116-125 p.
- Holland, S. J.** 1987. Status of saltcedar (*Tamarix ramosissima*) within Glen Canyon National Recreation Area. In: Kunzmann, M. R., Johnson, R. R. & Bennett, P. S. (Eds). Tamarisk control in southwestern United States. U. S. Department of Interior National Park Service, Special Report 9. 39-41 p.
- Hopkins, H. H. & Tomanek, G. W.** 1957. A study of the woody vegetation at Cedar Bluff Reservoir. *Transactions of Kansas Academy of Science*. 60: 351-359.
- Horton, J. L., Kolb, T. E. & Hart, S. C.** 2001. Physiological response to groundwater depth varies among species and with river flow regulation. *Ecological Applications*. 11 (4): 1046–1059.

- Horton, J. S.** 1964. Notes on the introduction of deciduous tamarisk. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U. S. Department of Agriculture.
- Horton, J. S.** 1977. The development and perpetuation of the permanent tamarisk type in the phreatophyte zone of the Southwest. In: Roy, J. R. & Dale, A. J. (Eds). Symposium on the importance, preservation and management of riparian habitat 1977 July 9; Tucson, AZ. 124-127 p.
- Horton, J. S. & Campbell, C. J.** 1974. Management of phreatophyte and riparian vegetation for maximum multiple use values. USDA Forest Service research paper RM-117.
- Hultine, K. & Dudley, T.** 2013. Tamarix from organism to landscape. In: Sher, A. & Quigley, M. F. (eds) *Tamarix: A case study of ecological change in the American West*. Oxford University Press.
- Jiang, Z., Chen, Y. & Bao, Y.** 2012. Population genetic structure of *Tamarix chinensis* in the Yellow River Delta, China. *Plant Systematics and Evolution*. 298 (1): 147-153.
- Kadukova, J. & Kalogerakis, N.** 2007. Lead accumulation from non-saline and saline environment by *Tamarix smyrnensis* Bunge. *European Journal of Soil Biology*. 43: 216-223.
- KalamUrfi, M., Mujahid, M., Badruddeen, J., Khalid, M., Khan, M. I. & AfreenUsmani.** 2016. *Tamarix gallica*: for traditional uses, phytochemical and pharmacological potentials. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 8 (1): 809-814.
- Kauffman, W.** 2005. Program for biological control of salt- cedar (*Tamarix* spp.) in thirteen states. Environmental Assessment June 2005. US Department of Agriculture, Western Region, Fort Collins, CO. 56 pp.
- Keller, R.P. & Perrings, C.** 2011. International policy options for reducing the environmental impacts of invasive species. *BioScience*. 61: 1005-1012.
- Keller, R. P., Cadotte, M. W. & Sandiford, G.** (Eds). 2015. Invasive species in a globalized world. Ecological, social & legal perspectives on policy. The University of Chicago Press. Chicago & London.

- Khan, M. A., Ansari, R., Gul, B. & Qadir, M.** 2006. Crop diversification through halophyte production on salt-prone land resources. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resource*, 1: 48.
- Kleinkopf, G. E. & Wallace, A.** 1974. Physiological basis for a salt tolerance of *Tamarix ramosissima*. *Plant Science Letters*. 3: 157-163.
- Komarov, V. L.** 1968. Flora of the USSR. Israel Program for Scientific Translation.
- Ksouri, R., Falleh, H., Megdiche, W., Trabelsi, N., Mhamdi, B., Chaieb, K., Bakrouf, A., Magné, C. & Abdelly, C.** 2009. Antioxidant and antimicrobial activities of the edible medicinal halophyte *Tamarix gallica* L. and related polyphenolic constituents. *Food and Chemical toxicology*. 47 (8): 2083-2091
- Kunzmann, M. R., Johnson, R. R. & Bennett, P.** 1989. Tamarisk control in Southwestern United State. National Park Resources Studies Unit School of Renewable Natural Resources University of Arizona. 116-125 p.
- Kunzmann, M. R. & Bennett, P. S.** 1987. Arsenal as a control agent for Saltcedar (*Tamarix*). In: Kunzmann, M. R., Johnson, R. R. & Bennett, P. S. (Eds). Tamarisk control in southwestern United States. U. S. Department of Interior National Park Service, Special Report 9. 82-90 p.
- Kuzminsky, E., De Angelis, P., Jaoudé, R. A., Abbruzzese, G., Terzoli, S., Angelaccio, C., De Dato G., Monteverdi, M. C. & Valentini, R.** 2014. Biodiversity of Italian *Tamarix* spp. populations: their potential as environmental and productive resources. *Rendiconti Lincei*. 25 (4): 439-452.
- Ladenburger, C. G., Hild, A. L., Kazmer, D. J. & Munn, L. C.** 2006. Soil salinity patterns in *Tamarix* invasions in the Bighorn Basin, Wyoming, USA. *Journal of Arid Environments*. 65 (1): 111-128.
- León de la Luz, J. L., Domínguez-León, M., & Van Devender, T. R.** 2009. Baja California Sur: native, exotic, and invasive weeds. In: Van Devender, T. R., Espinosa-García, F. J.,

- Harper-Lore, B. L., & Hubbard, T. (Eds). Invasive plants on the move: Controlling them in North America, 125-136 p.
- Lesica, P. & DeLuca, H. T.** 2004. Is Tamarisk allelopathic?. *Plant and Soil*. 267 (1-2): 357-365.
- Lesica, P. & Miles, S.** 2001. Tamarisk growth at the northern margin of its naturalized range in Montana, USA. *Wetlands*. 21 (2): 240-246.
- Leyva, C. M., Puerta, M. P., Cervantes, A. E. & Morales, M. M.** 2016. Acciones de control de pino salado en el Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui. Segundo informe. PRONATURA, CONANP. Entregado a PNUD-CONABIO, Contrato No. ICP-2015-062.
- Lindgren, C., Pearse, C. & Allison, K.** 2010. The biology of invasive alien plants in Canada. Once. *Tamarix ramosissima* Ledeb; *T chinensis* Lour. and hybrids. *Canadian Journal of Plant Science*. 90 (1): 111-124.
- Little, E. L. Jr.** 1953. Check list of native and naturalized trees of the United States. U. S. Department Agriculture, Washington, D. C. 472 p.
- Liu, J., Xia, J., Fang, Y., Li, T. & Liu, J.** 2014. Effects of salt-drought stress on growth and physiobiochemical characteristics of *Tamarix chinensis* seedlings. *The Scientific World Journal*. 2014: 1-7.
- López-González, G.** 2006. Los árboles y arbustos de la península Ibérica e islas baleares: especies silvestres y las principales cultivadas. Cornell University. ISBN: 8471149958, 9788471149954.
- Lovich, J.** 2006-2018. Invasive Plants of California's wildlands, Plant Report: *Tamarix* spp. California Invasive Plant Council (CAL-IPC). Fecha de actualización: ND. <https://www.cal-ipc.org/resources/library/publications/ipcw/report81/>
- Lovich, J.** 2000. *Tamarix ramosissima/Tamarix chinensis/Tamarix gallica/Tamarix parviflora*. In: Bossard, C. C., Randall, J. M. & Hoshovsky, M. C. (Eds). Invasive plants of California's wildlands. University of California Press. Berkeley, CA. 312-317 p.

- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. & De Poorter, M.** 2004. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12p.
- Lucchesini, M., Mensuali-Sodi, A., & Vitagliano, C.** 1993. Micropropagation of *Tamarix gallica* from nodal explants of mature trees. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*. 35 (2): 195-197.
- Ma, J. Y., Ren, J., Wang, G., & Chen, F. H.** 2006. Influence of different microhabitats and stand age on viable soil seed banks of sand-stabilising species. *South African Journal of Botany*. 72(1): 46-50.
- MacGregor-Fors, I., Ortega-Álvarez, R., Barrera-Guzmán, A., Sevillano, L., & del-Val, E.** 2013. Tama-risk? Avian responses to the invasion of saltcedars (*Tamarix ramosissima*) in Sonora, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 84 (4): 1284-1291.
- 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: 689–710.
- Manning, S. J., Cashore, B. L., & Szewczak, J. M.** 1996. Pocket gophers damage saltcedar (*Tamarix ramosissima*) roots. *The Great Basin Naturalist*. 56 (2): 183-185.
- March-Mifsut, I. J. & Martínez-Jiménez, M.** 2007. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: Prioridades de México. IMTA, Conabio, GECI, Aridamérica, The Nature Conservancy.
- Maristain, M.** 2 de julio de 2016. Los pinos salados de Mexicali, en un hermoso libro de Alejandro Espinoza Galindo. Nota periodística de Sin Embargo. Fecha de actualización: 2 de julio de 2016. <http://www.sinembargo.mx/02-07-2016/3061114>.

- Marlin, D., Newete, S. W., Mayonde, S. G., Smit, E. R., & Byrne, M. J.** 2017. Invasive *Tamarix* (Tamaricaceae) in South Africa: current research and the potential for biological control. *Biological Invasions*. 19 (10): 2971-2992.
- Marwat, S. K., Khan-Ajab, M., Khan-Aslam, M., Fazal-Ur-Rehman, Ahmad, M., Zafar, M. & Sultana, S.** 2009. *Salvadora persica*, *Tamarix aphylla* and *Zizyphus mauritiana*-three woody plant species mentioned in Holy Quran and Ahadith and their ethnobotanical uses in north western part (D. I. Khan) of Pakistan. *Pakistan Journal of Nutrition*. 8 (5): 542-547.
- Mayonde, S. G., Cron, G. V., Gaskin, J.F. & Byrne, M. J.** 2015. Evidence of *Tamarix* hybrids in South Africa, as inferred by nuclear ITS and plastid trnS-trnG DNA sequences. *South African Journal of Botany*. 96: 122-131.
- Mayonde, S. G., Cron, G. V., Gaskin, J. F. & Byrne, M. J.** 2016. *Tamarix* (Tamaricaceae) hybrids: the dominant invasive genotype in southern Africa. *Biological Invasions*. 18 (12): 3575–3594.
- McDaniel, K. C., DiTomaso, J. M. & Duncan, C. A.** 2005. Tamarisk or saltcedar *Tamarix spp.* In: Duncan, C. A. & Clark, J. K. (Eds). *Invasive Plants of range and wildlands and their environmental economic and societal impacts*. Weed Science Society of America. 222 p.
- McKell, C. M., Blaisdell, J. P. & Goodin, J. R.** 1971. *Wildland shrubs-their biology and utilization*. International Shrub Symposium, Utah State University.
- Medio Ambiente y Desarrollo (IBARMAD).** 2006. Revisión Medioambiental Inicial (RMI), para el proceso de elaboración de la Agenda 21 local del municipio y para la plantación de un Sistema de Gestión Medioambiental en el Ayuntamiento de Cañete de las Torres. Delegación de Medio Ambiente y Promoción Agropecuaria. Agenda 21 Local.
- Merkel, D. L. & Hopkins, H. H.** 1957. Life history of saltcedar (*Tamarix gallica* L.). *Transactions of Kansas Academy of Sciences*. 60 (4): 360-369.

- Meyer-Rice, B.** 1997. Weed Notes: *Tamarix aphylla*. The Nature Conservancy Wildland Weeds Management and Research.
- Milbrath, L. R. & Deloach, C. J.** 2006. Acceptability and suitability of Athel, *Tamarix aphylla*, to the leaf beetle *Diorhabda elongata* (Coleoptera: Chrysomelidae), a biological control agent of saltcedar (*Tamarix* spp.). *Environmental Entomology*. 35 (5): 1379-1389.
- Moghaddam, M. & Tavakoli, M.** 2010. Scale insects of the central Zagros Region in Iran (Hemiptera: Coccoidea). *Applied Entomological and Phytopathological*. 77 (2): 25-46.
- Moody, M. L. & Les, D. H.** 2002. Evidence of hybridity in invasive watermilfoil (*Myriophyllum*) populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 99: 14867-14871.
- Mooney, A. A. & Hobbs, R. J.** (eds). 2000. Invasive species in a changing world. Island Press. Washington, D.C.
- Moreno-Ramón, E. E.** 2007. Determinación del consumo de agua por el cultivo de papa con el método de la covarianza Eddy. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Murguía-Ruiz, M. L.** 1998. El pez Pupo del Desierto (*Cyprinodon macularius*) en la reserva de la biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, Sonora, Mexico. Cross Border Waters: Fragile Treasures for the 21st Century, 200.
- Muzika, R. M. & Swearingen, J. M.** 1999. Plant Conservation Alliance's Alien Plant Working Group. Weeds Gone Wild: Alien Plant Invaders of Natural Areas. <http://www.nps.gov/Plants/alien/>.
- Natale, E. S., Gaskin, J., Zalba, S. M., Ceballos, M., & Reinoso, H. E.** 2008. Especies del género *Tamarix* (Tamaricaceae) invadiendo ambientes naturales y seminaturales en Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 43 (1-2): 137-145.

National Academy of Sciences (NAS). 1980. Firewood crops: shrub and tree species for energy production. Washington DC, USA.

National Integrated Drought Information System (NIDIS). 2018a. Summary of Drought for Texas. Fecha de actualización: 21 de agosto de 2018. <https://www.drought.gov/drought/states/texas>.

National Integrated Drought Information System (NIDIS). 2018b. Summary of drought for Colorado. Fecha de actualización: 28 de agosto de 2018. <https://www.drought.gov/drought/states/california>.

National Integrated Drought Information System (NIDIS). 2018c. Summary of drought for Colorado. Fecha de actualización: 28 de agosto de 2018. <https://www.drought.gov/drought/states/colorado>.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2018. U.S. Climate Atlas. Fecha de actualización: 2018. <https://www.ncdc.noaa.gov/climateatlas/>.

National Park Service (NPS). 2018. Sonoran Desert network ecosystems. Fecha de actualización: 7 de junio de 2018. <https://www.nps.gov/im/sodn/ecosystems.htm>

Naturalista. 2016. *Tamarix aphylla*. Fecha de actualización 27 de noviembre de 2016. <http://www.naturalista.mx/taxa/51303-Tamarix-gallica>.

Ohrman, K. & Lair, K. D. 2013. *Tamarix* and salinity: An overview. In: Sher, A. & Quigley, M.F. (eds) *Tamarix: A case study of ecological change in the American West*. Oxford University Press.

Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R. & Anthony, S. 2009. *Tamarix aphylla*. Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0. Fecha de actualización: ND. <http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp>. (CD disponible)

- Pasiecznik, N.** 2007. Datasheet: *Tamarix ramosissima* (Saltcedar). Centre for Agricultural Bioscience International (CABI). Fecha de actualización: 14 de julio de 2018. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/52503>.
- Pearce, D. W., Millard, S., Bray, D. F. & Rood, S. B.** 2005. Stomatal characteristics of riparian poplar species in a semi-arid environment. *Tree Physiology*. 26 (2): 211-218.
- Pejchar, L. & Mooney, H.** 2009. Invasive species, ecosystem services and human well-being. *Trends in Ecology and Evolution*. 24: 497-504.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L. & McMahon, T. A.** 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, European Geosciences Union. 4 (2):439-473.
- Pheloung, P.C.** 1995. Determining the weed potential of new plant introductions to Australia. A report on the development of a Weed Risk Assessment System commissioned by the Australian Weeds Committee and the Plant Industries Committee. Australia.
- Pheloung, P.C., 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.
- Pimentel D., Zuniga, R. & Morrison, D.** 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien invasive species in the United States. *Ecological Economics*. 52: 273–288.
- Pimentel, D., Lach, L., Zuniga, R. & Morrison, D.** 2000. Environmental and economical costs associated with non-indigenous species in the United States. *BioScience*. 50(1): 53-65.
- PROFAUNA.** 2011. Monitoreo de escarabajo (*Diorhabda spp.*) en los márgenes del Rio Bravo. Informe final convenio de colaboración No. INE/PS-027/2011. Protección de la Fauna Mexicana, A.C. en colaboración con el Instituto Nacional de Ecología, México.

- Pyšek P. & Richardson, D. M.** 2010. Invasive species, environmental change and management, and health. *Annual Review of Environment and Resources*. 35: 25–55.
- Qaiser, M.** 1983. The genus *Tamarix* (Tamaricaceae) in Pakistan. *Iran Journal of Botany*. 2 (1): 21-68.
- Qiner, Y. & Gaskin, J. F.** 2007. *Tamarix*. In: Zhengyi, W. & Raven, P.H. (eds) Flora of China 13: Science Press, Beijing and Missouri Botanical Garden Press. St. Louis, USA. 59-65 p.
- Quattrocchi, U.** 2000. CRC world dictionary of plant names: common names, scientific names, eponyms, synonyms, and etymology. CRC Press, Taylor & Francis Group. 3960 p.
- Ramírez-Carmona, M., Méndez-Montiel, J. T., Pérez-Vera, O. A. & Campos-Bolaños, R.** 2016. First record of *Opsius stactogalus* (Fieber, 1866) (Hemiptera: Cicadellidae) in *Tamarix chinensis* (Lour, 1790) (Tamaricaceae) for Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (n.s)*. 32 (2): 215-217.
- Randall R.P.** 2012. A Global Compendium of Weeds. Perth, Australia: Department of Agriculture and Food Western Australia. 1124 pp.
<http://www.cabi.org/isc/FullTextPDF/2013/20133109119.pdf>
- Redondo, V. M., Gastón, F. J. & Gimeno, R.** 2009. Geometridae Ibericae. Apollo Books Stenstrup. 361 p. ISBN: 8788757811.
- Regents of the University of California.** 2011. Consortium of California Herbaria. Fecha de actualización: 10 de agosto de 2017. http://ucjeps.berkeley.edu/cgi-bin/new_detail.pl?SD238901&related=yes.
- Robinson, T. W.** 1958. Phreatophytes. Geological survey water-supply paper 1423. United State Department of the Interior. 84 p.
- Robinson, T. W.** 1965. Introduction, spread and areal extent of saltcedar (*Tamarix*) in the western states. Report No. 491-A. Washington: USDI Geological Survey Professional 491-A.

- Rowlands, G. P.** 1987. History and treatment of the salt cedar problem in Death Valley National National Monument. In: Kunzmann, M. R., Johnson, R. R. & Bennett, P. S. (Eds). Tamarisk control in southwestern United States. U. S. Department of Interior National Park Service, Special Report 9. 46-56 p.
- Ruan, X., Wang, Q., Pan, C. D., Chen, Y. N., & Jiang, H.** 2009. Physiological acclimation strategies of riparian plants to environment change in the delta of the Tarim River, China. *Environmental Geology*. 57 (8): 1761-1773.
- Saavedra-Romero, L. D. L., Alvarado-Rosales, D., Patricia, H. D. L. R., Martínez-Trinidad, T., Mora-Aguilera, G., & Villa-Castillo, J.** 2016. Condición de copa, indicador de salud en árboles urbanos del Bosque San Juan de Aragón, Ciudad de México. *Madera y bosques*. 22 (2): 15-27.
- Saidana, D., Mahjoub, M.A., Boussaada, O., Chria, J., Chéraif, I., Daami, M., Mighri, Z. & Helal, A.N.** 2007. Chemical composition and antimicrobial activity of volatile compounds of *Tamarix boveana* (Tamaricaceae). *Microbiological Research*. 163 (4): 445-455.
- Sakai, A.K., Allendorf, F.W. Holt, J.S., Lodge, D.M., Molofsky, J., With, K.A., Baughman, S., Cabin, R.J., Cohen, J.E., Ellstrand, N.C., McCauley, D.E., O'Neil, P., Parker, I.M., Thompson, J.N. & Weller, S.G.** 2001. The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 32: 305–332.
- Saludbio, La Salud al Alcance de Todos.** 2017. Cabezuelas de Taray (Tamarisco). Propiedades. Medicina China Tradicional. Fecha de actualización: ND. <http://saludbio.com/medicina-china/cabezuelas-de-taray-Tamarix-chinensis> Accessed 25/10/2017.
- Sarabia-Trejo, A. D.** 2015. Islas prioritarias de conservación en el Área Natural Protegida Islas del Golfo de California. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.
- Schierenbeck K. & Ellstrand, N. C.** 2009. Hybridization and the evolution of invasiveness in plants and other organisms. *Biological Invasions*. 11:1093-1105.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) & Consejo Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2013. Programa de manejo Monumento Natural Río Bravo del Norte. SEMARNAT y CONANP.

Sekerka, P., Chvosta, E. & Prokopová, L. 2004. Project on ex situ cultivation of the temperate arid plants from Xinjiang province, China (Communication). *Bulletin of Botanical Gardens*. 13: 155-157.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional Forestal (SEMARNAT-CONAFOR). 2007. Programa regional, hidrológico forestal para la región I, Península Baja California. Anexo 2: Modelos propuestos para la recuperación y conservación forestal en la región I, Península de Baja California.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2018. Monitor de sequía en México. Fecha de actualización: 27 de agosto de 2018. <http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>.

Shafroth, B. P. & Briggs, K. M. 2008. Restoration ecology and invasive riparian plants: an introduction to the special section on *Tamarix* spp. in Western North America. *Restoration Ecology*. 16 (1): 94-96.

Sheley, R., Manoukian, M. & Marks, G. 1996. Preventing noxious weed invasion. Montana State University Extension. 339-342 pp.

Shepperd, W.B. 2008. *Tamarix chinensis* Lour. In: Bonner, F. T., Karrfalt, R.P., & Nisley, R.G. (eds.) 2008. The Woody plant seed manual. *United States Department of Agriculture. Agriculture Handbook*. 727: 1087-1088.

Sher, A. A. 2013. Introduction to the Paradox Plant. In: Sher, A. & Quigley, M. F. (eds) *Tamarix: A case study of ecological change in the American West*. Oxford University Press.

Sher, A. A. & Quigley, M. F. (eds). 2013. *Tamarix: A case study of ecological change in the American West*. Oxford University Press.

- Sher, A. A., Marshall, D. L. & Gilbert, S. A.** 2000. Competition between *Populus deltoides* and invasive *Tamarix ramosissima* and the implications for reestablishing flooding. *Conservation Biology*. 14 (6):1744-1754.
- Sherry, A. R., Shafroth, B. P., Belnap, J., Ostoja, S. & Reed, C. S.** 2016. Germination and growth of native and invasive plants on soil associated with biological control of Tamarisk (*Tamarix* spp.). *Invasive Plant Science and Management*. 9 (4): 290-307.
- Shine, R.** 2015. The ecological, evolutionary, and social impact of invasive cane toads in Australia. En: Keller, R.P., Cadotte, M.W. & Sandiford, G. (Eds) *Invasive species in a globalized world. Ecological, social & legal perspectives on policy*. The University of Chicago Press. Chicago & London.
- Shishkin, B. K.** 1949. Flora of the U.S.S.R. (Flora SSSR). Volume XV. Botanical Institute of the Academy of Science of the USSR.
- Skuhrava, M., & Skuhavy, V.** 1994. Gall midges (Diptera: Cecidomyiidae) of Italy. *Entomologica*. 28: 45-76.
- Simberloff, D. & Rejmánek, M.** 2011. Encyclopedia of Biological Invasions. Encyclopedias of the Natural Word, No. 3. University of California Press. Berkeley and Los Angeles.
- Simberloff, D., Parker, I. M. & Windle, P. N.** 2005. Introduced species policy, management, and future research needs. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 3: 12-20.
- Small, J. K., & Rydberg, P. A.** 1913. Flora of the Southeastern United States: being descriptions of the seed-plants, ferns and fern-allies growing naturally in North Carolina, South Carolina, Georgia, Florida, Tennessee, Alabama, Mississippi, Arkansas, Louisiana, and in Oklahoma and Texas east of the one hundredth meridian. New York.
- Smith, D. G., & Pearce, C. M.** 2009. Increased saltcedar (*Tamarix*) seed production and regional invasion from large reservoirs during severe droughts in the northern Great Plains: a proposed model. *In*: Van Devender, T. R., Espinosa-García, F. J., Harper-

- Lore, B. L., & Hubbard, T. (Eds). Invasive plants on the move: Controlling them in North America, 167-178 p.
- Smith, G. E. P.** 1941. Creosoted tamarisk fence posts and adaptability of tamarisk as a fine cabinet wood. University of Arizona. Technical bulletin, 92: 223-254.
- Sogge, M. K., Paxton, E. H. & van Riper III, C.** 2013. Tamarisk in riparian woodlands: A bird's eye view. In: Sher, A. & Quigley, M. F. (eds) *Tamarix: A case study of ecological change in the American West*. Oxford University Press.
- Sorensen, M.A., Parker, D.R. & Trumble, J.T.** 2009. Effects of pollutant accumulation by the invasive weed saltcedar (*Tamarix ramosissima*) on the biological control agent *Diorhabda elongate* (Coleoptera: Chrysoneledae). *Environmental Pollution*. 157: 384-391.
- Standley, P. C.** 1923. Trees and shrubs of Mexico. Contributions from the United States National Herbarium. United State National Museum. 1721 p.
- Stevens, E. L.** 1987. The status of ecological research on tamarisk (Tamaricaceae: *Tamarix ramosissima*) in Arizona. In: Kunzmann, M. R., Johnson, R. R. & Bennett, P. S. (Eds). Tamarisk control in southwestern United States. U. S. Department of Interior National Park Service, Special Report 9. 99-105 p.
- Stewart, L. P. & Brandis, D.** 1924. The forest flora of north-west and central India: A handbook of the indigenous trees and shrubs of those countries. London: Wm. H. Allen & Co., 13 Waterloo Place, S.W.
- Stromberg, J.** 1998. Dynamics of Fremont cottonwood (*Populus fremontii*) and saltcedar (*Tamarix chinensis*) populations along the San Pedro River, Arizona. *Journal of Arid Environments*. 40 (2): 133-155.
- Strudley, S. & Dalin, P.** 2013. *Tamarix* as invertebrate habitat. In: Sher, A. & Quigley, M. F. (eds) *Tamarix: A case study of ecological change in the American West*. Oxford University Press.

- Sun, L., Yang, R., Zhang, B., Zhang, G., Wu, X., Zhang, W., Zhang, B., Chen, T. & Liu, G.** 2016. Phylogenetic relationships among species of *Tamarix* (Tamaricaceae) in China. *Biochemical Systematics and Ecology*. 69: 213-221.
- Sykes, W. R.** 1982. Checklist of dicotyledons naturalised in New Zealand 12. Haloragales, Myrtales, Proteales, Theales, Violales (excluding Violaceae). *New Zealand Journal of Botany*. 20 (1): 73-80.
- Taylor, J. P., Wester, D. B., & Smith, L. M.** 1999. Soil disturbance, flood management, and riparian woody plant establishment in the Rio Grande floodplain. *Wetlands*. 19 (2): 372-382.
- Tellman, B.** 1997. Exotic pest plant introduction in the American Southwest. *Desert Plants*. 13 (1): 3-10.
- Tesky, J. L.** 1992. *Tamarix aphylla*. In: Fire Effects Information System. US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory.
- Thomas, L., Kitchell, K. & Graham, T.** 1987. Summary of tamarisk control efforts in Canyonlands and Arches National Parks and Natural Bridges National Monument. In: Kunzmann, M. R., Johnson, R. R. & Bennett, P. S. (Eds). *Tamarisk control in southwestern United States*. U. S. Department of Interior National Park Service, Special Report 9. 61-66 p.
- Thorp, J. & Lynch, R.** 2000. The determination of weeds of national significance. National Weeds Strategy Executive Committee, Australia.
- Titus, J. H., Titus, P. J., Nowak, R. S. & Smith, S. D.** 2002. Arbuscular mycorrhizae of Mojave Desert plants. *Western North American Naturalist*. 62 (3):327-334.
- Tracy, J. L. & Robbins, T. O.** 2009. Taxonomic revision and biogeography of the *Tamarix*-feeding *Diorhabda elongata* (Brullé, 1832) species group (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae: Galerucini) and analysis of their potential in biological

control of Tamarisk. Magnolia Press. Auckland, New Zealand. 152 p. ISBN 978-1-86977-360-1.

Tropicos.org. 2017. *Tamarix hohenackeri* Bunge. Missouri Botanical Garden. Fecha de actualización: ND.
<http://www.tropicos.org/NamePage.aspx?nameid=31100022&tab=specimens>

Tropicos.org. *Tamarix* L. Missouri Botanical Garden. Fecha de actualización: ND.
<http://www.tropicos.org/Name/40009834>.

Troup, R. S. 1921. The silviculture of Indian trees. Volume I: Dilleniaceae to Leguminosae (Pilionaceae). Oxford at the Clarendon Press.

Turner, R. M. 1974. Quantitative and historical evidence of vegetation changes along the Upper Gila River, Arizona, US Government Printing Office 543-583/91. 51.

U. S. Climate Data. 2018e. Climate San Diego California. Fecha de actualización: 2018.
<https://www.usclimatedata.com/climate/san-diego/california/united-states/usca0982>.

United States Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Service. 2017. *Tamarix chinensis* Lour. Fecha de actualización: ND.
<https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=TACH2> Accesado el 29/11/2017.

United States Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Service. 2018a. *Tamarix aphylla* (L.) Karst. Athel tamarisk. Fecha de actualización: ND.
<https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=TAAP>.

United States Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Service. 2018b. Introduced, invasive, and noxious plants. Fecha de actualización: ND.
<https://plants.usda.gov/java/noxComposite>.

United States Department of Agriculture (USDA). 1912. Seeds and plants imported: during the period from april 1 to june 30, 1911. Washington, Government Printing Office.

United States Department of Agriculture (USDA). 1917. Inventory of seeds and plants imported: office of foreign seed and plant introduction during the period from october 1 to december 31, 1914. Washington, Government Printing Office.

United States Department of Agriculture (USDA). 1929. Inventory No. 9: plant material introduced by the office of foreign seed and plant introduction, Bureau of plant industry, april 1 to june 30, 1927 (NOS 73050 to 74212). Washington, Government Printing Office.

United States Department of Agriculture (USDA). 2005. Program for Biological Control of Saltcedar (*Tamarix* spp.) in Thirteen States. Environmental Assessment June 2005. U.S. Department of Agriculture, Western Region.

Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). ND. Rediseñamos nuestras áreas verdes, los eucaliptos de la UAM-A, los polémicos eucaliptos. Fecha de actualización: ND. <https://www.azc.uam.mx/instancias/verde/euca.html>.

Urbansky, E.T., Magnuson, M.L., Kelty, C.A. & Brown, S.K. 2000. Perchlorate uptake by salt cedar (*Tamarix ramosissima*) in the Kas Vegas Wash riparian ecosystem. *Science of the Total Environment*. 256:227-232.

Van Devender, T. R., Felger, R. S., Reina-G, A. L., Sánchez-Escalante, J. J., & Tellman, B. 2009. Sonora: Non-native and invasive plants. *In*: Van Devender, T. R., Espinosa-García, F. J., Harper-Lore, B. L., & Hubbard, T. (Eds). *Invasive plants on the move: Controlling them in North America*, 85-104 p.

Venturella, G., Baum, B. & Mandracchia, G. 2007. The genus *Tamarix* (Tamaricaceae) in Sicily: first contribution. *Flor Mediterranea*. 17: 25-46.

Vilà, M. & Ibañez, L. 2011. Plant invasions in the landscape. *Landscape Ecology*. 26: 461-472.

Vilà, M., Weber, E. & D'Antonio, C. M. 2000. Conservation implications of invasion by plant hybridization. *Biological Invasions*. 2: 207-217.

- Vilà, M., Valladares, F., Traveset, A., Santamaría, L. & Castro, P.** (Coordinadores). 2008. Invasiones Biológicas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España.
- Vilà, M., Espinar, J. L., Hejda, M., Hulme, P. E., Jarosik, V., Maron, J. L., Pergl, J., Schaffner, U., Sun, Y. & Pysek, P.** 2011. Ecological impacts of invasive alien plants: a metaanalysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology Letters*. 14: 702–70.
- Villar, J. L., Alonso, M. A., Juan, A. & Crespo, M. B.** 2015. Remarks on typification of nineteen names in *Tamarix* (Tamaricaceae). *Nordic Journal of Botany*. 33: 591–600.
- Villar, J. L., Juan, A. & Alonso, M. A.** 2014. *Tamarix hohenackeri* Bunge, a new record for the Flora of Mexico. *Acta Botánica Mexicana*. 106: 117-128.
- Villegas, G. D., Bolaños, A. M., Miranda, J. A. S., García, J. A. & Galván, O. M. G.** 2003. Flora nectarífera y polinífera en el estado de Tamaulipas. COTECOCA-SAGARPA.
- Vonlanthen, B., Zhang, X., & Bruelheide, H.** 2011. Establishment and early survival of five phreatophytes of the Taklamakan Desert. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. 206 (2): 100-106.
- Walker, L. R. & Smith, S. D.** 1997. Impacts of invasive plants on community and ecosystem properties. *In: Luken, J.O. & Thieret, J.W.* (eds) Assessment and Management of Plant Invasions. New York. Springer. 69-86 p.
- Walker, L. R., Barnes, P. L. & Powell, E. A.** 2006. *Tamarix aphylla*: a newly invasive tree in Southern Nevada. *Western North American Naturalist*. 66 (2): 191-201.
- Wang, B., Ren, S.W., Li, G. Q. & Guan, H. S.** 2009. Studies on antitumor steroids and flavonoids from *Tamarix chinensis* Lour. *Chinese Pharmaceutical Journal*. 44: 576-580.
- Wang, W., Wang, R., Yuan, Y., Du, N. & Guo, W.** 2011. Effects of salt and water stress on plant biomass and photosynthetic characteristics of Tamarisk (*Tamarix chinensis* Lour.) seedlings. *African Journal of Biotechnology*. 10 (78): 17981-17989.

- Wang, Z. L., Liu, L. D. & Fang, Y. M.** 2005. Flowering characteristics and pollination ecology in *Tamarix chinensis* (Tamaricaceae) in the Yellow River Delta. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*. 15 (4): 353-357.
- Warren, K. D & Turner, M. R.** 1975. Saltcedar (*Tamarix chinensis*) seed production, seedling establishment, and response to inundation. *Arizona-Nevada Academy of Sciences*. 10 (3): 135-144.
- Weber, E.** 2003. Invasive plant species of the world: A reference guide to environmental weeds. Wallingford, UK: CAB International. 548 pp.
- Welsh, S. L., Duane, N. A., Goodrich, S. & Higgins, L. C.** 1987. A Utah flora. Great Basin Naturalist Memoirs.
- Whaley, O., Orellana, A., Pérez, E., Tenorio, M., Quinteros, F., Mendoza, M., & Pecho, O.** 2010. Plantas y vegetación de Ica, Perú. Un Recurso para su restauración y conservación. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Whitaker, D. J., Mccord, J. W., Pulley, B. & Mullins, E. H.** 2009. Best Management Practices for Wildlife in Maritime Forest Developments. South Carolina Department of Natural Resources.
- Wiesenborn, W. D.** 1996. Saltcedar impacts on salinity, water, fire frequency, and flooding. In: DiTomaso, J., Bell, C. E. (Eds). Proceedings of the saltcedar management workshop. Rancho Mirage, CA. Holtville (CA): University of California Cooperative Extension.
- Wilgus, F. & Hamilton, K. C.** 1962. Germination of salt cedar seed. *Weeds*. 10 (4): 332-333.
- Wilken, D. H.** 1993. Tamaricaceae: tamarisk family. In: Hickman, J.C. (Ed). The Jepson manual: higher plants of California. University of California Press.
- Williams, W., Friedman, J. M., Gaskin, J. F. & Norton, A. P.** 2014. Hybridization of an invasive shrub affects tolerance and resistance to defoliation by a biological control agent. *Evolutionary Applications*. 7 (3): 381–393.

- Xia, J., Zhang, S., Guo, J., Rong, Q. & Zhang, G.** 2015. Critical effects of gas exchange parameters in *Tamarix chinensis* Lour. on soil water and its relevant environmental factors on a shell ridge island in China's Yellow River Delta. *Ecological Engineering*. 76: 36-46.
- Xia, J., Zhao, X., Ren, J., Lang, Y., Qu, F. & Xu, H.** 2017. Photosynthetic and water physiological characteristics of *Tamarix chinensis* under different groundwater salinity conditions. *Environmental and Experimental Botany*. 138: 173-183.
- Xiaojing, L., Xiumei, Z., Huanrong, S., Kai, G., Xiaohui, F., Zhixia, X. & Zhaoquiang, J.** 2014. An improved variety for heavy costal saline soil landscaping use: *Tamarix chinensis* 'Haicheng 1'. *Scientia Silvae Sinicae*. 50 (11): 208.
- Xing, K., Qin, S., Bian, G. K., Zhang, Y. J., Zhang, W. D., Dai, C. C., Liu, H. C., Li, W. J. & Jiang, J. H.** 2012. *Pseudonocardia nantongensis* sp. nov., a novel endophytic actinomycete isolated from the coastal halophyte *Tamarix chinensis* Lour. *Antonie van Leeuwenhoek*. 102 (4): 659-667.
- Xing, Y., Liao, J., Tang, Y., Zhang, P., Tan, C., Ni, H., Wu, X., Li, N. & Jia, X.** 2014. ACE and platelet aggregation inhibitors from *Tamarix hohenackeri* Bunge (host plant of Herba Cistanches) growing in Xinjiang. *Pharmacognosy Magazine*. 10 (38): 111.
- Yang, Q. & Gaskin, J.** 2007. *Tamarix*. In: Zhengyi, W. & Raven, P.H. (eds) Flora of China 13: Science Press, Beijing and Missouri Botanical Garden Press. St. Louis, USA. 59-65 p.
- Young, J. A., Clements, C. D. & Harmon, D.** 2004. Germination of seeds of *Tamarix ramosissima*. *Journal of Range Management*. 57 (5):475-481.
- Zavaleta, E.** 2000a. Valuing ecosystem services lost to *Tamarix* invasion in the United States. In: Mooney, A.A. & Hobbs, R.J. (eds). 2000. Invasive species in a changing world. Island Press. Washington, D.C. 261-300 p.
- Zavaleta, E.** 2000b. The economic value of controlling an invasive shrub. *AMBIO Journal of the Human Environment*. 29(8): 462-467.

- Zhang, D. Y., Yin, L. K. & Pan, B. R.** 2002. A review on the study of salt glands of *Tamarix*. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sin.* 23: 190-194 (en Chino).
- Zhao, J. K., Xu, L. A., Xie, H. F., Zhao, D. Y. & Huang, M. R.** 2008. RAPD analysis of population genetic diversity of *Tamarix chinensis* in Yellow River delta. *Journal of Nanjing Forestry University.* 32 (5): 56-60.
- Zhao, Y., Sun, Q., Wei, W., Davis, E. R., Wei, W. & Liu, Q.** 2009. 'Candidatus Phytoplasma tamaricis', a novel taxon discovered in witches'-broom-diseased salt cedar (*Tamarix chinensis* Lour). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology.* 59: 2496-2504.
- Zhao, Y. G., Zhao, Y. L., Xia, Z. J., Zhu, J. L., Liu, D., Liu, C. Y., Chen, X. L., Zhang, Y. Z., Zhang, X. Y. & Dai, M. X.** 2017. *Salinicola tamaricis* sp. nov., a heavy-metal-tolerant, endophytic bacterium isolated from the halophyte *Tamarix chinensis* Lour. *Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology.* 67 (6): 1813-1819.
- Zhong-li, W., Lin-de, L. & Yan-ming, F.** 2005. Flowering characteristics and pollination ecology in *Tamarix chinensis* (Tamaricaceae) in the Yellow River Delta. *Journal of Tropical and Subtropical Botany.* 13 (4): 353-357.
- Zouhar, K.** 2003. *Tamarix* spp. In: Fire Effects Information System. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). Fecha de actualización: 26 de septiembre de 2007. <https://www.invasive.org/weedcd/pdfs/feis/Tamarixspp.pdf>.

ANEXO 1. ANÁLISIS DE RIESGO, PROCEDIMIENTO

Se siguió el procedimiento para el análisis de riesgo de acuerdo a Pheloung y colaboradores (1995; 1999; WRA; A weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluating plant introductions) para determinar la potencialidad de que una planta se vuelva una especie invasora o maleza (weed) en México.

Los puntajes o scores obtenidos de acuerdo a los cuestionarios sobre las especies (ver Apéndices WRA), se trasladan a una de las siguientes 3 recomendaciones:

1. Aceptar
2. Rechazar
3. Hacer otra evaluación posterior

Si una especie se Rechaza, debe entrar en la lista de especies para las que se prohíbe su introducción al país con cualquier fin. Si la especie es Aceptada, entonces se permite su introducción al país para los fines solicitados. Si el valor obtenido en el WRA indica que se haga una nueva evaluación, entonces debe pasar a otra ronda utilizando otros elementos antes de decidir si se Acepta o Rechaza.

Según el procedimiento, los valores a considerar en el WRA son:

1. Puntaje de 0, taxa Aceptables
2. Puntaje de 6, taxa Rechazados
3. Puntaje entre 1 y 6, taxa a Evaluación más detallada

Para complementar este análisis de riesgo, también se siguió la evaluación del AQIS (Australian Quarantine and Inspection Service) con el fin de evaluar mediante otro sistema la congruencia de los resultados del WRI. Los valores AQIS utilizan un sistema de puntaje simple (ver Apéndices AQIS).

Los valores a considerar para los AQIS son:

1. Puntajes >20, Rechazar

2. Puntajes entre 12 y 19, otra Evaluación
3. Puntajes <12, Aceptar

Literatura para el Análisis de Riesgo:

Pheloung, P.C. 1995. Determining the weed potential of new plant introductions to Australia. A report on the development of a Weed Risk Assessment System commissioned by the Australian Weeds Committee and the Plant Industries Committee. Australia.

Pheloung, P.C., 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.

ANEXO 2. PROCEDIMIENTO PARA MODELAR EL RIESGO DE INVASIÓN DE CADA ESPECIE DE *TAMARIX* EN MEXICO EN FUNCIÓN DE LA SIMILITUD CLIMÁTICA

Se usó modelación Maxent con relación a los climas en su rango nativo y proyectado a los climas similares donde potencialmente podría establecerse en México cualquiera de las especies objetivo, presentadas en este documento. Se hizo la proyección usando los climas de a. su rango nativo, b. donde la especie se ha establecido como planta invasora, y c. en Norte y centro América, poniendo énfasis sobre el riesgo en México.

Se hizo una modelación adicional para las zonas de hibridación entre especies del género *Tamarix* de las que se sabe forman híbridos, y se establecieron las zonas de riesgo en México sobre todo. Se presentan los mapas de distribución potencial utilizando la modelación Maxent con las variables climáticas a nivel del país y por similitud climática.

Método

Base de datos: Todos los registros de ocurrencia se analizaron en un Sistema de Información Geográfica ArcView 3.2. Se eliminaron aquellos mal georreferenciados, duplicados y dudosos. Se consideraron la distribución nativa conocida de las especies y su expansión actual como invasora en diferentes países y continentes. Para caracterizar el nicho climático se usaron coberturas correspondientes a las temperaturas mínimas, máximas y promedios en los meses y trimestres más fríos y cálidos y la precipitación anual (Hijmans *et al.* 2005), las cuales se encuentran a una resolución de 0.0083 grados ($\sim 1 \text{ km}^2$), y son el promedio de 50 años. Además, se usó la altitud como variable topográfica.

Modelado: Para el desarrollo de los modelos se usó MaxEnt (ver. 3.3.3e, Phillips *et al.* 2006) que es un algoritmo que combina los datos puntuales de ocurrencia de la especie (localidades de registro) con variables ambientales. Este algoritmo expresa la idoneidad de

cada celda como una función de las variables; un valor alto de la función en una celda en particular, indica que la celda predicha tiene condiciones apropiadas para la especie; un valor bajo indicará condiciones poco o nada apropiadas.

Se modelaron tres regiones para cada una de las especies exóticas invasoras del género *Tamarix*: 1. el nicho climático de las especies de plantas en su región nativa, 2. a nivel mundial incluyendo los registros de invasión actual y 3. en Norteamérica y Centroamérica, orientado a presentar el riesgo potencial que implica para México. *T. hohenackeri* fue la única especie para la que no fue posible realizar la modelación de riesgo transfiriendo los resultados del modelo a Norte y Centroamérica debido a que no existen registros de presencia suficientes para calibrar un modelo que tenga buen rendimiento y que sea mejor que uno aleatorio.

Se usó el 75% de los registros de presencia como datos de entrenamiento y 25% como datos de validación (Cuadro 1) (Franklin 2009) en las especies o modelos con más de 150 registros espacialmente independientes. En los casos con menos registros, se usó el 90% de los datos para calibrar el modelo y el 10% para validarlo (Cuadro 1). Para calibrar el modelo de *Tamarix gallica* con los registros de México se usó el total de los datos por el pequeño tamaño de muestra (13 registros) (Cuadro 1). Se corrieron 30 réplicas para evitar la incertidumbre asociada a la modelación. La partición de los registros para entrenamiento y validación fue aleatoria en cada réplica y se utilizó el *bootstrap* como método de remuestreo. Todos los modelos fueron generados utilizando las variables de temperatura, precipitación y altitud y fueron transferidos a México para identificar las zonas con la combinación de condiciones climáticas y altitudinales idóneas para la invasión potencial de estas plantas.

La contribución relativa de las variables a la predicción de los modelos por especie fue analizada por el método Jackknife y por la estimación del porcentaje de contribución relativa. Se consideró como variables de mayor contribución las que agrupadas o independientes alcanzaran al menos un 60%. La validación de los modelos se llevó a cabo mediante los valores del área bajo la curva (AUC por sus siglas en inglés) ROC (Receiver Operating Characteristic). Para esto se utilizó el 10% de los registros (Cuadros 2 y 3).

Se representaron las zonas en México con riesgo de hibridación entre las especies invasoras *Tamarix aphylla* y *Tamarix ramosissima*; *Tamarix aphylla* y *Tamarix chinensis*; *Tamarix chinensis* y *Tamarix ramosissima*. Para esto se realizó una suma de los mapas binarios de distribución geográfica potencial de los pares de especies invasoras mencionados. Estos mapas fueron obtenidos a partir de la reclasificación de los mapas probabilísticos usando como umbral de corte el *Minimum Training Presence*. El mapa resultante fue reclasificado para representar las zonas con distribución geográfica potencial de una especie (no hibridación) o dos especies (posible hibridación) o ninguna especie en México. Estos análisis espaciales fueron realizados en el SIG ArcView 3.2.

Finalmente, como se mencionó, *T. hohenackeri* fue la única especie para la que no fue posible realizar la modelación de riesgo transfiriendo los resultados del modelo a Norte y Centroamérica debido a que no existen registros de presencia suficientes para calibrar un modelo adecuado. Debido a esto, se realizó otra aproximación para complementar el modelo generado. Otro modelo de distribución geográfica potencial para *T. hohenackeri* se produjo con base en la reconstrucción del nicho ecológico de la especie (Peterson *et al.* 2011) a través de la construcción de un elipsoide de volumen mínimo (Qiao *et al.* 2016). El mapa resultante presenta valores de 0 a 1, que representan un índice de favorabilidad ambiental. Los valores cercanos a 1 representan zonas con mejores condiciones ambientales para el establecimiento de una especie y los valores cercanos a 0 son condiciones ambientales poco favorables. Los registros de la especie, tanto de su distribución nativa como de sus áreas de invasión, fueron empleados para la calibración del modelo. Con esta información y las variables más importantes identificadas en el modelo previo de Maxent se construyó un elipsoide multidimensional de volumen mínimo (Qiao *et al.* 2016) cuyo centroide es la media de las tres variables más importantes, y sus dimensiones fueron calculadas a partir de la matriz de covarianza de los datos. Este elipsoide representa el nicho climático de la especie y fue calculado en R utilizando la librería NicheToolBox (Osorio-Olvera 2016). Este nicho fue proyectado al espacio geográfico para obtener un mapa de distribución potencial mundial.

TAMAÑOS DE MUESTRA PARA REALIZAR LAS MODELACIONES

Cuadro 1. Número de registros espacialmente independientes utilizados en los modelos de Maxent de especies de plantas exóticas.

Especie	Modelo	Tamaño muestra entrenamiento modelo	Tamaño muestra evaluación modelo
<i>Tamarix ramosissima</i>	Región nativa con transferencia en México	84	9
	Región invadida con transferencia en México	942	314
	Solo con registros de presencia en México	121	13
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	84	9
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	942	314
<i>Tamarix chinensis</i>	Región nativa con transferencia en México	61	20
	Región invadida con transferencia en México	1078	359
	Solo con registros de presencia en México	63	7
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	61	20
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	1013	338
<i>Tamarix aphylla</i>	Región nativa con transferencia en México	62	20
	Región invadida con transferencia en México	157	52
	Solo con registros de presencia en México	80	8
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	62	20
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	157	52
<i>Tamarix gallica</i>	Región nativa con transferencia en México	337	112
	Región invadida con transferencia en México	118	39

	Solo con registros de presencia en México	13	-
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	337	112
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	118	39
<i>Tamarix hohenackeri</i>	Región nativa con transferencia en México	14	2
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	14	2

Cuadro 2. Evaluación de los modelos. Valores del área bajo la curva AUC obtenidos para datos de entrenamiento y validación de los modelos.

Especie	Modelos	AUC datos de entrenamiento	AUC datos de validación
<i>Tamarix ramosissima</i>	Región nativa con transferencia en México	0,95±0,01	0,941±0,03
	Región invadida con transferencia en México	0,8944±0,003	0,8932±0,009
	Solo con registros de presencia en México	0,8633±0,01	0,8247±0,05
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	0,95±0,01	0,9404±0,02
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	0,8957±0,004	0,8933±0,007
	Región nativa con transferencia en México	0,8500±0,02	0,8214±0,04
<i>Tamarix chinensis</i>	Región invadida con transferencia en México	0,9295±0,001	0,926±0,005
	Solo con registros de presencia en México	0,9036±0,01	0,8785±0,06
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	0,8525±0,02	0,8023±0,04
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	0,9251±0,001	0,921±0,003
<i>Tamarix aphylla</i>	Región nativa con transferencia en México	0,9465±0,01	0,9319±0,04
	Región invadida con transferencia en México	0,9605±0,003	0,9569±0,008
	Solo con registros de presencia en México	0,8984±0,02	0,8837±0,03
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	0,9521±0,01	0,9375±0,03
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	0,9628±0,004	0,9566±0,008
<i>Tamarix gallica</i>	Región nativa con transferencia en México	0,9185±0,007	0,9016±0,01
	Región invadida con transferencia en México	0,9356±0,009	0,8957±0,03
	Solo con registros de presencia en México	0,8766±0,03	-
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	0,9026±0,007	0,8996±0,01
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	0,893±0,01	0,8664±0,04
<i>Tamarix hohenackeri</i>	Región nativa con transferencia en México	0,9021±0,04	0,8348±0,08
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	0,8976±0,04	0,8638±0,07

Cuadro 3. Contribución relativa (%) e importancia de la permutación de las variables climáticas a los modelos de Maxent de las especies de plantas invasoras en su región nativa, en la zona de invasión a nivel mundial. Se proyecta la información para denotar el riesgo para la región de Norte y Centro América en especial con relación a México.

Especie	Modelo	Variables	Porcentaje de contribución	Importancia de la permutación	
<i>Tamarix ramosissima</i>	Región nativa con transferencia en México	Temperatura mínima del mes más frío	30	44.1	
		Altitud	21.2	10.4	
		Precipitación anual	14.6	15.1	
		Temperatura máxima del mes más cálido	14.1	19.3	
	Región invadida con transferencia en México	Temperatura máxima del mes más cálido	32.6	12.2	
		Altitud	16.8	11.9	
		Precipitación anual	16.5	1.2	
		Temperatura media del trimestre más frío	16	11.7	
	Solo con registros de presencia en México	Temperatura media del trimestre más cálido	8.1	39.3	
		Precipitación anual	50.5	11.5	
		Temperatura máxima del mes más cálido	19.7	5.6	
		Altitud	11.1	43.8	
		Temperatura mínima del mes más frío	10.5	20.8	
		Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	Temperatura media anual	58.3	3.4
			Precipitación anual	11.6	12.9
			Altitud	11.1	2.6
Temperatura media del trimestre más frío	7		10.3		
		Temperatura mínima del mes más frío	6.4	67.2	

<i>Tamarix chinensis</i>	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	Temperatura media anual	41.1	27.1
		Precipitación anual	29.4	3.6
		Temperatura media del trimestre más cálido	8.7	25.4
		Temperatura media del trimestre más frío	6.7	30.4
	Región nativa con transferencia en México	Temperatura mínima del mes más frío	30	44.1
		Altitud	21.2	10.4
		Precipitación anual	14.6	15.1
		Temperatura máxima del mes más cálido	14.1	19.3
	Región invadida con transferencia en México	Temperatura máxima del mes más cálido	32.6	12.2
		Altitud	16.8	11.9
		Precipitación anual	16.5	1.2
		Temperatura media del trimestre más frío	16	11.7
		Temperatura media del trimestre más cálido	8.1	39.3
	Solo con registros de presencia en México	Precipitación anual	33.3	0.5
		Temperatura media del trimestre más cálido	23.6	13.9
		Altitud	18.8	42.5
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	Altitud	23.7	11.6
	Temperatura media del trimestre más frío	23.4	13.4	
	Precipitación anual	17.9	18.5	
	Temperatura mínima del mes más frío	14.3	32.3	
	Temperatura máxima del mes más cálido	12.9	17.2	
Región invadida con transferencia en	Temperatura máxima del mes más cálido	32.5	17.5	

<i>Tamarix aphylla</i>	Norte y Centroamérica	Temperatura media del trimestre más frío	31.5	8.5	
		Precipitación anual	25.7	5.8	
		Altitud	6.2	15	
		Temperatura media del trimestre más cálido	1.9	42.5	
	Región nativa con transferencia en México	Precipitación anual	36.1	18.2	
		Altitud	22.7	7.9	
		Temperatura mínima del mes más frío	14.3	29.8	
		Temperatura media del trimestre más frío	2.3	23.3	
	Región invadida con transferencia en México	Temperatura máxima del mes más cálido	33.9	11.4	
		Temperatura media del trimestre más cálido	21.3	6.4	
		Temperatura media del trimestre más frío	19.6	26.8	
		Precipitación anual	16.9	28.1	
	Solo con registros de presencia en México	Precipitación anual	42.9	36	
		Temperatura media del trimestre más cálido	27	5.5	
		Altitud	10.9	6.5	
		Temperatura media del trimestre más frío	9.7	17.3	
		Temperatura mínima del mes más frío	5.5	23.9	
		Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	Precipitación anual	36.5	15.2
			Altitud	22.9	2.9
			Temperatura media anual	17.2	6.1
Temperatura media del trimestre más cálido	11		13		
	Temperatura mínima del mes más frío	10.7	29.8		

		Temperatura media del trimestre más frío	0.9	28.5
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	Temperatura media del trimestre más cálido	39.1	9.2
		Precipitación anual	20.1	23.4
		Temperatura media del trimestre más frío	17	37.8
		Temperatura máxima del mes más cálido	16.8	8.5
	Región nativa con transferencia en México	Temperatura media anual	35.8	6.1
		Temperatura media del trimestre más cálido	20.2	27.9
		Temperatura media del trimestre más frío	18.1	6.9
		Temperatura máxima del mes más cálido	13.3	12.1
		Altitud	5.7	16.6
		Temperatura mínima del mes más frío	4.5	26.5
<i>Tamarix gallica</i>	Región invadida con transferencia en México	Temperatura máxima del mes más cálido	24	13.3
		Precipitación anual	16.7	8.5
		Temperatura media del trimestre más frío	16.3	35.3
		Altitud	15.6	11.3
		Temperatura mínima del mes más frío	14.3	18.5
	Solo con registros de presencia en México	Temperatura mínima del mes más frío	41.4	37.5
		Temperatura máxima del mes más cálido	32.1	22.5
		Temperatura media del trimestre más cálido	15.1	0.3

		Temperatura media anual	2.2	20.1
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	Temperatura media del trimestre más cálido	60	41.8
		Temperatura media del trimestre más frío	13.1	6
		Temperatura máxima del mes más cálido	12.7	10.7
		Altitud	6.2	15.6
		Temperatura mínima del mes más frío	3	20.3
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	Temperatura máxima del mes más cálido	33.2	17.8
		Temperatura media del trimestre más frío	24.8	31.2
		Altitud	13.6	12.7
<i>Tamarix hohenackeri</i>	Región nativa con transferencia en México	Temperatura mínima del mes más frío	66.5	54.1
		Precipitación anual	15.7	20.6
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	Temperatura mínima del mes más frío	64.5	60.1
		Precipitación anual	14.5	17.6

Literatura citada sección Modelación de especies de *Tamarix* de este reporte para obtener la probabilidad de invasión en México por afinidad climática

Franklin, J. 2009. *Mapping species distributions: spatial inference and prediction*. Cambridge University Press, Cambridge.

Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G. & Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 25: 1965-1978.

Phillips, S.J., Anderson, R.P. & Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 190: 231-259.

Literatura citada para la construcción del modelo de distribución geográfica potencial para *T. hohenackeri* con base en la reconstrucción del nicho ecológico de la especie a través de la construcción de un elipsoide de volumen mínimo

Osorio-Olvera, L. 2016. NicheToolBox R package.

<https://github.com/luismurao/nichetoolbox>

Peterson, A.T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez Meyer, E., Nakamura, M. & Araújo, M. B. 2011. Ecological Niches and Geographic Distributions. Monographs in Population Biology. Princeton University Press, Princeton, N.J. 314 p.

Qiao, H., Escobar, L. E., Saupe, E. E., Ji & L., Soberón, J. 2016. A cautionary note on the use of hypervolume kernel density estimators in ecological niche modelling. *Global Ecology & Biogeography*. doi:10.1111/geb.12492.

ANEXO 3. TRATAMIENTO CON HERBICIDAS PARA CONTROL DE TAMARIX

Se presenta un análisis comparativo de los herbicidas que se han utilizado con cierto éxito para el control de especies de *Tamarix*. La información que se presenta es el nombre comercial del herbicida, el ingrediente activo, el modo en que actúa (sistémico o localizado), la forma de aplicarlo, la temporada en que se recomienda aplicar y los efectos en el ambiente.

Herbicidas para el control de *Tamarix spp.* Análisis basado en la información y aplicaciones de Jackson (1996) y Carpenter (1998).

Ingrediente activo	Modo de acción	Herbicida	Modo de aplicación				Temporada de aplicación	Impactos ambientales
			Foliar	Aéreo	Corte de tallo	Corte de tocón		
Imazapir	Sistémico: inhibe el enzima ALS, evita la producción de aminoácidos. Se absorbe a través de las hojas emergentes y tallos, se acumula en regiones merismáticos, causa clorosis y necrosis en los tejidos, la planta deja de crecer (Jackson 1996).	Arsenal®	0.5% de la solución de Arsenal + 0.25% v/v de surfactantes no iónicos, rosear para humedecer las hojas (Jackson 1996).	1/4 de concentrado de Arsenal + 0.25% v/v de surfactantes no iónicos (Jackson 1996).	12 onzas por galón de agua (Jackson 1996).	No	En el crecimiento activo del follaje durante la floración (The Chemical Company 2011).	Con actividad residual en el suelo. Puede ser peligrosa para las plantas acuáticas (The Chemical Company 2011).
Triclopir	Sistémico: provoca respuestas tipo auxínico, inhibe la división celular y crecimiento (Jackson 1996).	Garlon® 3A	2 a 4 qt/acre. Se recomienda no diluir con diesel (Jackson 1996).	No	Diluido 50% con Pathfinder II (Jackson 1996).	Para mejores resultados se debe cortar el tocón (Dow AgroSciences 2011).	Temporada de crecimiento (Jackson 1996). Durante las condiciones de sequía o a finales del verano, cuando las hojas están maduras (Dow AgroSciences 2016).	Sin actividad residual en el suelo. Puede contaminar el agua subterránea (Dow AgroSciences 2016).
		Garlon® 4	2 a 4 qt/acre. Se recomienda no diluir con diesel (Jackson 1996).	No	Diluido 50% con Pathfinder II (Jackson 1996).	Se corta el tocón y se aplica el herbicida sin diluir, mojando el cambium (Dow AgroSciences 2007). 20 a 25 % de Garlon 4 en aceite natural o diesel (Jackson 1996).	Durante todo el año, pero a finales de verano el control puede no ser muy bueno (Dow AgroSciences 2007)	Sin actividad residual en el suelo (Jackson 1996). Altamente peligroso a peces, también puede contaminar el agua subterránea (Dow AgroSciences 2007).

		Pathfinder® II			Diluido 50% con Garlon 3a y Garlon 4 (Jackson 1996).	Para evitar rebrotes, se corta el tronco basal, se humedece con el herbicida sin diluir, en áreas adyacentes al cambium, en toda la circunferencia y a los lados del tocón (Dow AgroSciences 2011).	Se puede aplicar en todo el año, excepto durante lluvias y nieve, el tratamiento no es muy eficiente a finales del verano, cuando la humedad es más alta (Dow AgroSciences 2011).	Tóxico para los peces y puede contaminar el agua subterránea (Dow AgroSciences 2011).
			No	No				
Glifosato	Inhibe la síntesis de aminoácidos como fenilalanina, tirosina y triptófano (Jackson 1996).	Rodeo®	Para dispersión 7½ pt/acre de + ½ v/v de surfactante no iónico; para rociado a mano 1½ v/v de solución + ½ v/v de surfactante no iónico (Jackson 1996).	Para dispersión 7½ pt/acre de + ½ v/v de surfactante no iónico; para rociado a mano 1½ v/v de solución + ½ v/v de surfactante no iónico (Jackson 1996).	Solución 50-100% del herbicida v/v (Dow AgroSciences 2017, Jackson 1996).		Para mejores resultados aplicar durante el periodo de crecimiento activo y expansión completa de hojas (Dow AgroSciences 2017).	No es fácilmente biodegradable, el potencial de bioacumulación es bajo. Prácticamente no tóxico a peces, invertebrados acuáticos, plantas acuáticas/algas, aves y abejas (Dow AgroSciences 2015).
						No		

		Roundup®Pro	Para dispersión de 2 a 4 qt/acre; para rociado a mano 1-2% de solución (Monsanto 2007).	Para dispersión de 2 a 4 qt/acre, rociado a mano 1-2% de solución (Monsanto 2007).	Solución 50-100% del herbicida v/v (Monsanto 2007, Jackson 1996).	No	Para mejores resultados aplicar durante el período de crecimiento activo y expansión completa de hojas (Monsanto 2007).	Moderadamente tóxico para peces; ligeramente tóxico a invertebrados acuáticos y plantas acuáticas/algas; escasamente tóxico a aves, artrópodos e invertebrados del suelo. No significativamente bioacumulable (Monsanto 2011).
--	--	-------------	---	--	---	----	---	--

Bibliografía consultada para el tema de uso de herbicidas en Tamarix.

Carpenter, A. T. 1998. Element stewardship abstract for *Tamarix ramosissima* Ledebour; *Tamarix pentandra* Pallas, *Tamarix chinensis* Loureiro; *Tamarix parviflora* De Candolle. The Nature Conservancy.

Dow AgroSciences. 2007. Garlon® 4. EPA Reg. No. 62719-40. Fecha de actualización: 18 de abril de 2007.

<https://www.dbiservices.com/sites/default/files/SDS/Garlon%20%20Label.pdf>

Dow AgroSciences. 2011. Pathfinder®II, specialty herbicide. EPA Reg. No. 62719-176.

Fecha de actualización: 26 de mayo de 2011.

https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/ppls/062719-00176-20110526.pdf

Dow AgroSciences. 2015a. Safety Data Sheet Rodeo® herbicide. EPA Reg. No. 62719-324.

Fecha de actualización: mayo de 2015. <https://assets.greenbook.net/M68239.pdf>

Dow AgroSciences. 2015b. Specimen label Rodeo® herbicide. EPA Reg. No. 62719-324.

Fecha de actualización: 20 de agosto de 2015. <http://www.cdms.net/ldat/ld4TN013.pdf>

Dow AgroSciences. 2016. Garlon® 3A specialty herbicide. EPA Reg. No. 62719-37. Fecha de actualización: 25 de febrero de 2016.

https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/ppls/062719-00037-20160225.pdf

Jackson, N. E. 1996. Chemical control of saltcedar (*Tamarix ramosissima*). In: Proceedings of the saltcedar management workshop, 12: 21-27.

Monsanto. 2007. Specimen label Roundup PRO® herbicide. EPA Reg. No. 524-475. Fecha de actualización: ND/ND/2007.

http://www.4cweed.com/assets/docs/ROUNDUP_PRO_LABEL.pdf

Monsanto. 2011. Safety Data Sheet Roundup PRO® concentrate herbicide. EPA Reg. No. 524-529. Fecha de actualización: 29 de junio de 2011.

http://www.monsantoito.com/docs/RoundupProConcentrate_MSDS.pdf

The Chemical Company, BASF Corporation. 2011. Arsenal® herbicide, applicators concentrate. EPA reg. No. 241- 299. Fecha de actualización: 12 de julio de 2011. https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/ppls/000241-00299-20110712.pdf.

APÉNDICE 1. FORMATOS DE ANÁLISIS DE RIESGO WRA COMPLETADOS POR ESPECIE DE TAMARIX

Questions forming the basis of the Weed Risk Assessment model (WRA)

Weed Risk Assessment system question sheet: Answer yes (Y) or no (N), or don't know (leave blank), unless otherwise indicated

Botanical name: <i>Tamarix aphylla</i>		Outcome:	
Common name: Pino salado		Score: 32	
Family name: Tamaricacea		Your name:	
History/Biogeography			
A	1 Domestication/ Cultivation	1.01 Is the species highly domesticated? If answer is 'no' got to question 2.01	Y
C		1.02 Has the species become naturalised where grown?	Y
C		1.03 Does the species have weedy races?	N
C	2 Climate and Distribution	2.01 Species suited to Mexican climates (0-low; 1-intermediate; 2-high)	2
		2.02 Quality of climate match data (0-low; 1-intermediate; 2-high)	2
		2.03 Broad climate suitability (environmental versatility)	Y
		2.04 Native or naturalised in regions with extended dry periods	Y
		2.05 Does the species have a history of repeated introductions outside its natural range?	Y
C E A E	3 Weed elsewhere	3.01 Naturalised beyond native range	Y
		3.02 Garden/amenity/disturbance weed	Y
		3.03 Weed of agriculture/horticulture/forestry	Y
		3.04 Environmental weed	Y
		3.05 Congeneric weed	Y
Biology/Ecology			
A C C A C C E E E E E	4 Undesirable traits	4.01 Produces spines, thorns or burrs	N
		4.02 Allelopathic	Y
		4.03 Parasitic	N
		4.04 Unpalatable to grazing animals	Y
		4.05 Toxic to animals	N
		4.06 Host for recognised pests and pathogens	Y
		4.07 Causes allergies or is otherwise toxic to humans	N
		4.08 Creates a fire hazard in natural ecosystems	N
		4.09 Is a shade tolerant plant at some stage of its life cycle	N
		4.10 Grows on infertile soils	Y
		4.11 Climbing or smothering growth habit	N
		4.12 Forms dense thickets	Y
E C E C	5 Plant type	5.01 Aquatic	N
		5.02 Grass	N
		5.03 Nitrogen fixing woody plant	N
		5.04 Geophyte	N
C C	6 Reproduction	6.01 Evidence of substantial reproductive failure in native habitat	Y
		6.02 Produces viable seed	Y

C		6.03 Hybridises naturally	Y
C		6.04 Self-fertilisation	Y
C		6.05 Requires specialist pollinators	N
C		6.06 Reproduction by vegetative propagation	Y
C		6.07 Minimum generative time (years)	3
A	7 Dispersal mechanisms	7.01 Propagules likely to be dispersed unintentionally	Y
C		7.02 Propagules dispersed intentionally by people	Y
A		7.03 Propagules likely to disperse as a produce contaminant	N
C		7.04 Propagules adapted to wind dispersal	Y
E		7.05 Propagules buoyant	Y
E		7.06 Propagules bird dispersed	Y
C		7.07 Propagules dispersed by other animals (externally)	Y
C		7.08 Propagules dispersed by other animals (internally)	N
C	8 Persistence attributes	8.01 Prolific seed production	Y
A		8.02 Evidence that persistent propagule bank is formed (>1 yr)	N
A		8.03 Well controlled by herbicides	N
C		8.04 Tolerates or benefits from mutilation, cultivation or fire	Y
E		8.05 Effective natural enemies present in México	Y

A= agricultural, E= environmental, C= combined

Questions forming the basis of the Weed Risk Assessment model (WRA)

Weed Risk Assessment system question sheet: Answer yes (Y) or no (N), or don't know (leave blank), unless otherwise indicated

Botanical name: <i>Tamarix chinensis</i>		Outcome:	
Common name: Pino salado		Score: 30	
Family name: Tamaricaceae		Your name:	
History/Biogeography			
A	1 Domestication/ Cultivation	1.01 Is the species highly domesticated? If answer is 'no' got to question 2.01	Y
C		1.02 Has the species become naturalised where grown?	Y
C		1.03 Does the species have weedy races?	N
C	2 Climate and Distribution	2.01 Species suited to Mexican climates (0-low; 1-intermediate; 2-high)	2
		2.02 Quality of climate match data (0-low; 1-intermediate; 2-high)	2
		2.03 Broad climate suitability (environmental versatility)	Y
		2.04 Native or naturalised in regions with extended dry periods	Y
		2.05 Does the species have a history of repeated introductions outside its natural range?	Y
C E A E	3 Weed elsewhere	3.01 Naturalised beyond native range	Y
		3.02 Garden/amenity/disturbance weed	Y
		3.03 Weed of agriculture/horticulture/forestry	Y
		3.04 Environmental weed	Y
		3.05 Congeneric weed	Y
Biology/Ecology			
A	4 Undesirable traits	4.01 Produces spines, thorns or burrs	N
C		4.02 Allelopathic	Y
C		4.03 Parasitic	N
A		4.04 Unpalatable to grazing animals	Y
C		4.05 Toxic to animals	N
C		4.06 Host for recognised pests and pathogens	Y
C		4.07 Causes allergies or is otherwise toxic to humans	N
E		4.08 Creates a fire hazard in natural ecosystems	Y
E		4.09 Is a shade tolerant plant at some stage of its life cycle	N
E		4.10 Grows on infertile soils	Y
E		4.11 Climbing or smothering growth habit	N
E		4.12 Forms dense thickets	Y
E C E C	5 Plant type	5.01 Aquatic	N
		5.02 Grass	N
		5.03 Nitrogen fixing woody plant	N
		5.04 Geophyte	N
C C	6 Reproduction	6.01 Evidence of substantial reproductive failure in native habitat	N
		6.02 Produces viable seed	Y

C		6.03 Hybridises naturally	Y
C		6.04 Self-fertilisation	Y
C		6.05 Requires specialist pollinators	N
C		6.06 Reproduction by vegetative propagation	Y
C		6.07 Minimum generative time (years)	3
A	7 Dispersal mechanisms	7.01 Propagules likely to be dispersed unintentionally	Y
C		7.02 Propagules dispersed intentionally by people	Y
A		7.03 Propagules likely to disperse as a produce contaminant	N
C		7.04 Propagules adapted to wind dispersal	Y
E		7.05 Propagules buoyant	Y
E		7.06 Propagules bird dispersed	Y
C		7.07 Propagules dispersed by other animals (externally)	N
C		7.08 Propagules dispersed by other animals (internally)	N
C	8 Persistence attributes	8.01 Prolific seed production	Y
A		8.02 Evidence that persistent propagule bank is formed (>1 yr)	N
A		8.03 Well controlled by herbicides	N
C		8.04 Tolerates or benefits from mutilation, cultivation or fire	Y
E		8.05 Effective natural enemies present in México	

A= agricultural, E= environmental, C= combined

Questions forming the basis of the Weed Risk Assessment model (WRA)

Weed Risk Assessment system question sheet: Answer yes (Y) or no (N), or don't know (leave blank), unless otherwise indicated

Botanical name: <i>Tamarix ramosissima</i>		Outcome:	
Common name: Pino salado		Score: 26	
Family name: Tamaricaceae		Your name:	
History/Biogeography			
A	1 Domestication/ Cultivation	1.01 Is the species highly domesticated? If answer is 'no' got to question 2.01	Y
C		1.02 Has the species become naturalised where grown?	Y
C		1.03 Does the species have weedy races?	N
C	2 Climate and Distribution	2.01 Species suited to Mexican climates (0-low; 1-intermediate; 2-high)	2
		2.02 Quality of climate match data (0-low; 1-intermediate; 2-high)	2
		2.03 Broad climate suitability (environmental versatility)	Y
		2.04 Native or naturalised in regions with extended dry periods	Y
		2.05 Does the species have a history of repeated introductions outside its natural range?	Y
C E A E	3 Weed elsewhere	3.01 Naturalised beyond native range	Y
		3.02 Garden/amenity/disturbance weed	Y
		3.03 Weed of agriculture/horticulture/forestry	Y
		3.04 Environmental weed	Y
		3.05 Congeneric weed	Y
Biology/Ecology			
A	4 Undesirable traits	4.01 Produces spines, thorns or burrs	N
C		4.02 Allelopathic	Y
C		4.03 Parasitic	N
A		4.04 Unpalatable to grazing animals	N
C		4.05 Toxic to animals	N
C		4.06 Host for recognised pests and pathogens	Y
C		4.07 Causes allergies or is otherwise toxic to humans	N
E		4.08 Creates a fire hazard in natural ecosystems	Y
E		4.09 Is a shade tolerant plant at some stage of its life cycle	N
E		4.1 Grows on infertile soils	Y
E		4.11 Climbing or smothering growth habit	N
E		4.12 Forms dense thickets	Y
E C E C	5 Plant type	5.01 Aquatic	N
		5.02 Grass	N
		5.03 Nitrogen fixing woody plant	N
		5.04 Geophyte	N
C C	6 Reproduction	6.01 Evidence of substantial reproductive failure in native habitat	N
		6.02 Produces viable seed	Y

C		6.03 Hybridises naturally	Y
C		6.04 Self-fertilisation	Y
C		6.05 Requires specialist pollinators	N
C		6.06 Reproduction by vegetative propagation	Y
C		6.07 Minimum generative time (years)	3
A	7 Dispersal mechanisms	7.01 Propagules likely to be dispersed unintentionally	Y
C		7.02 Propagules dispersed intentionally by people	Y
A		7.03 Propagules likely to disperse as a produce contaminant	N
C		7.04 Propagules adapted to wind dispersal	Y
E		7.05 Propagules buoyant	Y
E		7.06 Propagules bird dispersed	N
C		7.07 Propagules dispersed by other animals (externally)	N
C		7.08 Propagules dispersed by other animals (internally)	N
C	8 Persistence attributes	8.01 Prolific seed production	Y
A		8.02 Evidence that persistent propagule bank is formed (>1 yr)	N
A		8.03 Well controlled by herbicides	N
C		8.04 Tolerates or benefits from mutilation, cultivation or fire	Y
E		8.05 Effective natural enemies present in México	

A= agricultural, E= environmental, C= combined

Questions forming the basis of the Weed Risk Assessment model (WRA)

Weed Risk Assessment system question sheet: Answer yes (Y) or no (N), or don't know (leave blank), unless otherwise indicated

Botanical name: <i>Tamarix gallica</i>		Outcome:	
Common name: Pino salado		Score: 23	
Family name: Tamaricaceae		Your name:	
History/Biogeography			
A	1 Domestication/ Cultivation	1.01 Is the species highly domesticated? If answer is 'no' got to question 2.01	Y
C		1.02 Has the species become naturalised where grown?	Y
C		1.03 Does the species have weedy races?	N
C C C C	2 Climate and Distribution	2.01 Species suited to Mexican climates (0-low; 1-intermediate; 2-high)	1
		2.02 Quality of climate match data (0-low; 1-intermediate; 2-high)	1
		2.03 Broad climate suitability (environmental versatility)	Y
		2.04 Native or naturalised in regions with extended dry periods	Y
		2.05 Does the species have a history of repeated introductions outside its natural range?	Y
C E A E	3 Weed elsewhere	3.01 Naturalised beyond native range	Y
		3.02 Garden/amenity/disturbance weed	Y
		3.03 Weed of agriculture/horticulture/forestry	Y
		3.04 Environmental weed	Y
		3.05 Congeneric weed	Y
Biology/Ecology			
A C C A C C C E E E E	4 Undesirable traits	4.01 Produces spines, thorns or burrs	N
		4.02 Allelopathic	Y
		4.03 Parasitic	N
		4.04 Unpalatable to grazing animals	
		4.05 Toxic to animals	N
		4.06 Host for recognised pests and pathogens	N
		4.07 Causes allergies or is otherwise toxic to humans	N
		4.08 Creates a fire hazard in natural ecosystems	Y
		4.09 Is a shade tolerant plant at some stage of its life cycle	N
		4.10 Grows on infertile soils	Y
		4.11 Climbing or smothering growth habit	N
		4.12 Forms dense thickets	Y
E C E C	5 Plant type	5.01 Aquatic	N
		5.02 Grass	N
		5.03 Nitrogen fixing woody plant	N
		5.04 Geophyte	N
C C	6 Reproduction	6.01 Evidence of substantial reproductive failure in native habitat	N
		6.02 Produces viable seed	Y

C		6.03 Hybridises naturally	Y
C		6.04 Self-fertilisation	Y
C		6.05 Requires specialist pollinators	N
C		6.06 Reproduction by vegetative propagation	Y
C		6.07 Minimum generative time (years)	2
A	7 Dispersal mechanisms	7.01 Propagules likely to be dispersed unintentionally	Y
C		7.02 Propagules dispersed intentionally by people	Y
A		7.03 Propagules likely to disperse as a produce contaminant	N
C		7.04 Propagules adapted to wind dispersal	Y
E		7.05 Propagules buoyant	Y
E		7.06 Propagules bird dispersed	N
C		7.07 Propagules dispersed by other animals (externally)	N
C		7.08 Propagules dispersed by other animals (internally)	N
C	8 Persistence attributes	8.01 Prolific seed production	Y
A		8.02 Evidence that persistent propagule bank is formed (>1 yr)	N
A		8.03 Well controlled by herbicides	N
C		8.04 Tolerates or benefits from mutilation, cultivation or fire	Y
E		8.05 Effective natural enemies present in México	

A= agricultural, E= environmental, C= combined

Questions forming the basis of the Weed Risk Assessment model (WRA)

Weed Risk Assessment system question sheet: Answer yes (Y) or no (N), or don't know (leave blank), unless otherwise indicated

Botanical name: <i>Tamarix hohenackeri</i>		Outcome:	
Common name: Pino salado		Score: 16	
Family name: Tamaricaceae		You name:	
History/Biogeography			
A	1 Domestication/ Cultivation	1.01 Is the species highly domesticated? If answer is 'no' got to question 2.01	Y
C		1.02 Has the species become naturalised where grown?	Y
C		1.03 Does the species have weedy races?	N
C C C C	2 Climate and Distribution	2.01 Species suited to Mexican climates (0-low; 1-intermediate; 2-high)	2
		2.02 Quality of climate match data (0-low; 1-intermediate; 2-high)	1
		2.03 Broad climate suitability (environmental versatility)	Y
		2.04 Native or naturalised in regions with extended dry periods	Y
		2.05 Does the species have a history of repeated introductions outside its natural range?	Y
C E A E	3 Weed elsewhere	3.01 Naturalised beyond native range	Y
		3.02 Garden/amenity/disturbance weed	
		3.03 Weed of agriculture/horticulture/forestry	
		3.04 Environmental weed	
		3.05 Congeneric weed	Y
Biology/Ecology			
A C C A C C C E E E E	4 Undesirable traits	4.01 Produces spines, thorns or burrs	N
		4.02 Allelopathic	Y
		4.03 Parasitic	N
		4.04 Unpalatable to grazing animals	
		4.05 Toxic to animals	N
		4.06 Host for recognised pests and pathogens	N
		4.07 Causes allergies or is otherwise toxic to humans	N
		4.08 Creates a fire hazard in natural ecosystems	
		4.09 Is a shade tolerant plant at some stage of its life cycle	N
		4.1 Grows on infertile soils	Y
		4.11 Climbing or smothering growth habit	N
		4.12 Forms dense thickets	Y
E C E C	5 Plant type	5.01 Aquatic	N
		5.02 Grass	N
		5.03 Nitrogen fixing woody plant	N
		5.04 Geophyte	N
C C	6 Reproduction	6.01 Evidence of substantial reproductive failure in native habitat	N
		6.02 Produces viable seed	Y

C		6.03 Hybridises naturally	Y
C		6.04 Self-fertilisation	Y
C		6.05 Requires specialist pollinators	N
C		6.06 Reproduction by vegetative propagation	Y
C		6.07 Minimum generative time (years)	3
A	7 Dispersal mechanisms	7.01 Propagules likely to be dispersed unintentionally	Y
C		7.02 Propagules dispersed intentionally by people	Y
A		7.03 Propagules likely to disperse as a produce contaminant	N
C		7.04 Propagules adapted to wind dispersal	Y
E		7.05 Propagules buoyant	Y
E		7.06 Propagules bird dispersed	
C		7.07 Propagules dispersed by other animals (externally)	N
C		7.08 Propagules dispersed by other animals (internally)	N
C	8 Persistence attributes	8.01 Prolific seed production	
A		8.02 Evidence that persistent propagule bank is formed (>1 yr)	Y
A		8.03 Well controlled by herbicides	N
C		8.04 Tolerates or benefits from mutilation, cultivation or fire	Y
E		8.05 Effective natural enemies present in México	

A= agricultural, E= environmental, C= combined

APÉNDICE 2. FORMATOS DE ANÁLISIS DE RIESGO AQIS COMPLETADOS POR ESPECIE DE TAMARIX

Tamarix aphylla

Tabla 1. Scoring system currently used by AQIS for decision-making on the importation of plants (after Hazard 1988). Referred to in this report as the AQIS system.

Criterion	Points	
1 Is the species a free-floating (surface or submerged) aquatic or can it survive, grow and reproduce as a free-floating aquatic?	20 ^A	0
2 Does the species have a history of being a major weed elsewhere in similar habitats (remember Australia is a big country of diverse habitats)?	20	20
3 Does the species have a close relative of a similar biology with a history of weediness in similar habitats?	10	10
4 Are the plant have spiny?	10	0
5 Does the plant spiny diaspores (ie. burrs)?	10	0
6 Are the plants harmful to humans and/or animals?	8	0
7 Do the plants stolones?	5	0
8 Do the plants have other forms of vegetative reproduction?	8	8
9 Are the diaspores wind-dispersed?	8	8
10 Are the diaspores by animals and/or machinery?	8	8
11 Are the diaspores dispersed by water?	5	5
12 Are the diaspores dispersed by birds?	5	5

^A Scores totalling ≥ 20 , between 12 and 19, or < 12 indicate grounds for rejection, further examination or acceptance, respectively.

VALOR AQIS: 64

Tamarix chinensis

Tabla 1. Scoring system currently used by AQIS for decision-making on the importation of plants (after Hazard 1988). Referred to in this report as the AQIS system.

Criterion	Points	
1 Is the species a free-floating (surface or submerged) aquatic or can it survive, grow and reproduce as a free-floating aquatic?	20 ^A	0
2 Does the species have a history of being a major weed elsewhere in similar habitats (remember Australia is a big country of diverse habitats)?	20	20
3 Does the species have a close relative of a similar biology with a history of weediness in similar habitats?	10	10
4 Are the plant have spiny?	10	0
5 Does the plant spiny diaspores (ie. burrs)?	10	0
6 Are the plants harmful to humans and/or animals?	8	0
7 Do the plants stolones?	5	0
8 Do the plants have other forms of vegetative reproduction?	8	8
9 Are the diaspores wind-dispersed?	8	8
10 Are the diaspores by animals and/or machinery?	8	8
11 Are the diaspores dispersed by water?	5	5
12 Are the diaspores dispersed by birds?	5	5

^A Scores totalling ≥20, between 12 and 19, or <12 indicate grounds for rejection, further examination or acceptance, respectively.

VALOR AQIS: 64

Tamarix ramosissima

Tabla 1. Scoring system currently used by AQIS for decision-making on the importation of plants (after Hazard 1988). Referred to in this report as the AQIS system.

Criterion	Points	
1 Is the species a free-floating (surface or submerged) aquatic or can it survive, grow and reproduce as a free-floating aquatic?	20 ^A	0
2 Does the species have a history of being a major weed elsewhere in similar habitats (remember Australia is a big country of diverse habitats)?	20	20
3 Does the species have a close relative of a similar biology with a history of weediness in similar habitats?	10	10
4 Are the plant have spiny?	10	0
5 Does the plant spiny diaspores (ie. burrs)?	10	0
6 Are the plants harmful to humans and/or animals?	8	0
7 Do the plants stolones?	5	0
8 Do the plants have other forms of vegetative reproduction?	8	8
9 Are the diaspores wind-dispersed?	8	8
10 Are the diaspores by animals and/or machinery?	8	8
11 Are the diaspores dispersed by water?	5	5
12 Are the diaspores dispersed by birds?	5	0

^A Scores totalling ≥20, between 12 and 19, or <12 indicate grounds for rejection, further examination or acceptance, respectively.

VALOR AQIS: 59

Tamarix gallica

Tabla 1. Scoring system currently used by AQIS for decision-making on the importation of plants (after Hazard 1988). Referred to in this report as the AQIS system.

Criterion	Points	
1 Is the species a free-floating (surface or submerged) aquatic or can it survive, grow and reproduce as a free-floating aquatic?	20 ^A	0
2 Does the species have a history of being a major weed elsewhere in similar habitats (remember Australia is a big country of diverse habitats)?	20	20
3 Does the species have a close relative of a similar biology with a history of weediness in similar habitats?	10	10
4 Are the plant have spiny?	10	0
5 Does the plant spiny diaspores (ie. burrs)?	10	0
6 Are the plants harmful to humans and/or animals?	8	0
7 Do the plants stolones?	5	0
8 Do the plants have other forms of vegetative reproduction?	8	8
9 Are the diaspores wind-dispersed?	8	8
10 Are the diaspores by animals and/or machinery?	8	8
11 Are the diaspores dispersed by water?	5	5
12 Are the diaspores dispersed by birds?	5	0

^A Scores totalling ≥20, between 12 and 19, or <12 indicate grounds for rejection, further examination or acceptance, respectively.

VALOR AQIS: 59

Tamarix hohenackeri

Tabla 1. Scoring system currently used by AQIS for decision-making on the importation of plants (after Hazard 1988). Referred to in this report as the AQIS system.

Criterion	Points	
1 Is the species a free-floating (surface or submerged) aquatic or can it survive, grow and reproduce as a free-floating aquatic?	20 ^A	0
2 Does the species have a history of being a major weed elsewhere in similar habitats (remember Australia is a big country of diverse habitats)?	20	0
3 Does the species have a close relative of a similar biology with a history of weediness in similar habitats?	10	10
4 Are the plant have spiny?	10	0
5 Does the plant spiny diaspores (ie. burrs)?	10	0
6 Are the plants harmful to humans and/or animals?	8	0
7 Do the plants stolones?	5	0
8 Do the plants have other forms of vegetative reproduction?	8	8
9 Are the diaspores wind-dispersed?	8	
10 Are the diaspores by animals and/or machinery?	8	8
11 Are the diaspores dispersed by water?	5	5
12 Are the diaspores dispersed by birds?	5	0

^A Scores totalling ≥20, between 12 and 19, or <12 indicate grounds for rejection, further examination or acceptance, respectively.

VALOR AQIS: 31

APÉNDICE 3. SOBREPOSICIÓN DE REGISTROS POR ESPECIE DE TAMARIX EN SU ÁREA NATIVA Y DE INVASIÓN CON EL MAPA DE CLIMAS DEL MUNDO

(World Maps of Koppen-Geiger Climate Classification)

Para obtener los climas prevalecientes en las áreas de distribución nativa y donde las especies son exóticas, se utilizaron las bases de datos de los registros de cada especie de *Tamarix* trabajadas en este reporte (*T. aphylla*, *T. chinensis*, *T. ramosissima*, *T. gallica* y *T. hohenackeri*). Se tomó la información de registros del área nativa y del área de invasión de manera independiente. Las coordenadas de los registros se sobrepusieron al mapa de climas del mundo que se encuentra disponible de manera gratuita (World Maps of Koppen-Geiger Climate Classification; <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/>).

Se presenta la información obtenida de dos maneras. La primera en forma de tabla, donde se muestra un concentrado de información con los tipos de climas extraídos de los puntos de presencia o registros en los países donde cada especie de *Tamarix* es nativa y donde ha invadido en la actualidad. Para México, se presenta el análisis usando la totalidad de puntos de cada especie. Para el rango nativo de todas las especies, se tomó el total de registros por no ser demasiado numerosos (sinopsis presentada en la base de datos general). Para el rango de invasión, el número de registros de algunas especies es muy alto (alrededor de 2000 registros para *T. chinensis* y 1750 para *T. ramosissima*), por lo que para extraer los datos de clima se hizo por puntos al azar, pero dirigidos; de tal manera que se representara la mayor cantidad de tipos de clima. Así, evaluamos la versatilidad ambiental, climática de cada especie en su distribución mundial (Tabla 1).

Posteriormente, se usaron los modelos de riesgo basados en los registros de la distribución nativa y de invasión y se sobrepusieron con el mapa mundial de climas, para obtener los mapas de climas de México a partir de los modelos calibrados con las áreas de invasión y nativa. Esto se hizo con el fin de obtener la similitud climática de cada especie con respecto a los tipos de clima en México. Los resultados nos permitieron evaluar la versatilidad ambiental de las especies de *Tamarix* en México, y a la vez definir los tipos de clima que favorecerían la invasión, y que por ende se relacionan al riesgo de invasión.

Tabla 1. Se presentan los climas que hay en los puntos de presencia obtenidos de los registros en los países donde cada especie de *Tamarix* analizadas en este reporte es nativa y donde ha invadido en la actualidad. Los climas fueron tomados del mapa de climas del mundo (World Maps of Koppen-Geiger Climate Classification; <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/>) al sobreponer los puntos de registro.

Especie	Registros Rango Invasión	Código	Clima	Registros Rango Nativo	Código	Clima
<i>Tamarix chinensis</i>	Argentina	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)	China	Bsk	Semiárido frío
	Australia	Bsk	Semiárido frío	Japón	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)
	Bélgica	Cfb	Oceánico (verano suave)	Corea del Norte	Dwb	Hemiboreal con invierno seco (verano suave, invierno frío)
	Canadá	Dfc	Subpolar sin estación seca (verano suave, invierno muy frío)	Corea del Sur	Dwb	Hemiboreal con invierno seco (verano suave, invierno frío)
	Israel	Csa	Mediterráneo (verano cálido)	Pakistán	Bwh	Árido cálido
	México	Bsk	Semiárido frío	Taiwán	Cwa	Subtropical con invierno seco (verano cálido)
	Holanda	Cfb	Oceánico (verano suave)			
	Sudáfrica	Bsh	Semiárido cálido			
	España	Csa	Mediterráneo (verano cálido)			
	West Bank	Csa	Mediterráneo (verano cálido)			

Especie	Registros Rango Invasión	Código	Clima	Registros Rango Nativo	Código	Clima
<i>Tamarix gallica</i>						
	<i>American Samoa</i>	<i>Am</i>	<i>Tropical monzónico</i>	Argelia	Bwh	Árido cálido
	<i>Argentina</i>	<i>Cfa</i>	<i>Subtropical sin estación seca (verano cálido)</i>	Albania	Csa	<i>Mediterráneo (verano cálido)</i>
	<i>China</i>	<i>Bsk</i>	<i>Semiárido frío</i>	Andorra	<i>Cfc</i>	<i>Subpolar oceánico</i>
	<i>México</i>	<i>Bsk</i>	<i>Semiárido frío</i>	Angola	Aw	<i>Tropical seco o de sabana con invierno seco</i>
				Austria	<i>Cfb</i>	<i>Oceánico (verano suave)</i>
				Botswana	<i>Bsh</i>	<i>Semiárido cálido</i>
				Bélgica	<i>Cfb</i>	<i>Oceánico (verano suave)</i>
				Bosnia and Herzegovina	<i>Dfb</i>	<i>Hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío)</i>
				Benín	Aw	<i>Tropical seco o de sabana con invierno seco</i>
				Byelarus	<i>Dfb</i>	<i>Hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío)</i>
				Bulgaria	<i>Dfb</i>	<i>Hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío)</i>
				Burundi	Aw	<i>Tropical seco o de sabana con invierno seco</i>
				Chad	Bwh	Árido cálido

				<i>Congo</i>	<i>Aw</i>	<i>Tropical seco o de sabana con invierno seco</i>
				<i>Zaire</i>	<i>Aw</i>	<i>Tropical seco o de sabana con invierno seco</i>
				<i>Camerún</i>	<i>Aw</i>	<i>Tropical seco o de sabana con invierno seco</i>
				<i>República Central de África</i>	<i>Aw</i>	<i>Tropical seco o de sabana con invierno seco</i>
				<i>Djibouti</i>	<i>Bwh</i>	<i>Árido cálido</i>
				<i>Egipto</i>	<i>Bwh</i>	<i>Árido cálido</i>
				<i>Irlanda</i>	<i>Cfb</i>	<i>Oceánico (verano suave)</i>
				<i>Guinea Ecuatorial</i>	<i>Af</i>	<i>Ecuatorial o tropical húmedo</i>
				<i>Estonia</i>	<i>Dfb</i>	<i>Hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío)</i>
				<i>Eritrea</i>	<i>Bwh</i>	<i>Árido cálido</i>
				<i>Etiopía</i>	<i>Aw</i>	<i>Tropical seco o de sabana con invierno seco</i>
				<i>República Checa</i>	<i>Cfb</i>	<i>Oceánico (verano suave)</i>
				<i>Finlandia</i>	<i>Dfc</i>	<i>Subpolar sin estación seca (verano suave, invierno muy frío)</i>
				<i>Islas Faroe</i>	<i>Cfc</i>	<i>Subpolar oceánico</i>
				<i>Francia</i>	<i>Cfb</i>	<i>Oceánico (verano suave)</i>
				<i>Gambia</i>	<i>Bsk</i>	<i>Semiárido frío</i>

				<i>Gabón</i>	<i>Aw</i>	<i>Tropical seco o de sabana con invierno seco</i>
				<i>Ghana</i>	<i>Aw</i>	<i>Tropical seco o de sabana con invierno seco</i>
				<i>Reino Unido</i>	<i>Cfa</i>	<i>Subtropical sin estación seca (verano cálido)</i>
				<i>Alemania</i>	<i>Cfb</i>	<i>Oceánico (verano suave)</i>
				<i>Grecia</i>	<i>Csa</i>	<i>Mediterráneo (verano cálido)</i>
				<i>Guinea</i>	<i>Aw</i>	<i>Tropical seco o de sabana con invierno seco</i>
				<i>Croacia</i>	<i>Cfb</i>	<i>Oceánico (verano suave)</i>
				<i>Hungría</i>	<i>Cfb</i>	<i>Oceánico (verano suave)</i>
				<i>Italia</i>	<i>Csa</i>	<i>Mediterráneo (verano cálido)</i>
				<i>Costa de Marfil</i>	<i>Aw</i>	<i>Tropical seco o de sabana con invierno seco</i>
				<i>Jersey</i>	<i>Cfb</i>	<i>Oceánico (verano suave)</i>
				<i>Letonia</i>	<i>Dfb</i>	<i>Hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío)</i>
				<i>Lituania</i>	<i>Dfb</i>	<i>Hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío)</i>
				<i>Liberia</i>	<i>Am</i>	<i>Tropical monzónico</i>
				<i>Eslovaquia</i>	<i>Dfb</i>	<i>Hemiboreal sin estación seca</i>

						<i>(verano suave, invierno frío)</i>
			<i>Liechtenstein</i>	<i>Cfb</i>		<i>Oceánico (verano suave)</i>
			<i>Lesoto</i>	<i>Cwb</i>		<i>Templado con invierno seco (verano suave)</i>
			<i>Luxemburgo</i>	<i>Cfb</i>		<i>Oceánico (verano suave)</i>
			<i>Libia</i>	<i>Bwh</i>		<i>Árido cálido</i>
			<i>Madagascar</i>	<i>Cwb</i>		<i>Templado con invierno seco (verano suave)</i>
			<i>Moldavia</i>	<i>Csc</i>		<i>Subpolar oceánico con verano seco</i>
			<i>Malawi</i>	<i>Aw</i>		<i>Tropical seco o de sabana con invierno seco</i>
			<i>Macedonia</i>	<i>Csc</i>		<i>Subpolar oceánico con verano seco</i>
			<i>Mali</i>	<i>Bwh</i>		<i>Árido cálido</i>
			<i>Mónaco</i>	<i>Csa</i>		<i>Mediterráneo (verano cálido)</i>
			<i>Marruecos</i>	<i>Csa</i>		<i>Mediterráneo (verano cálido)</i>
			<i>Mauritania</i>	<i>Bwh</i>		<i>Árido cálido</i>
			<i>Montenegro</i>	<i>Csb</i>		<i>Oceánico mediterráneo (verano suave)</i>
			<i>Mozambique</i>	<i>Aw</i>		<i>Tropical seco o de sabana con invierno seco</i>
			<i>Níger</i>	<i>Bwh</i>		<i>Árido cálido</i>
			<i>Albania</i>	<i>Csa</i>		<i>Mediterráneo (verano cálido)</i>
			<i>Andorra</i>	<i>Cfc</i>		<i>Subpolar oceánico</i>

				<i>Angola</i>	<i>Aw</i>	<i>Tropical seco o de sabana con invierno seco</i>
				<i>Zimbabue</i>	<i>Bsh</i>	<i>Semiárido cálido</i>
				<i>Zambia</i>	<i>Cwa</i>	<i>Subtropical con invierno seco (verano cálido)</i>
				<i>Swazilandia</i>	<i>Bsh</i>	<i>Semiárido cálido</i>
				<i>Sahara Occidental</i>	<i>Bwh</i>	<i>Árido cálido</i>
				<i>Namibia</i>	<i>Bwh</i>	<i>Árido cálido</i>
				<i>Burkina Faso</i>	<i>Bsh</i>	<i>Semiárido cálido</i>
				<i>Ucrania</i>	<i>Dfb</i>	<i>Hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío)</i>
				<i>Uganda</i>	<i>Aw</i>	<i>Tropical seco o de sabana con invierno seco</i>
				<i>Tanzania</i>	<i>Aw</i>	<i>Tropical seco o de sabana con invierno seco</i>
				<i>Turquía</i>	<i>Csb</i>	<i>Oceánico mediterráneo (verano suave)</i>
				<i>Túnez</i>	<i>Bwh</i>	<i>Árido cálido</i>
				<i>Togo</i>	<i>Aw</i>	<i>Tropical seco o de sabana con invierno seco</i>
				<i>Suiza</i>	<i>Dfc</i>	<i>Subpolar sin estación seca (verano suave, invierno muy frío)</i>
				<i>Suecia</i>	<i>Dfc</i>	<i>Subpolar sin estación seca (verano suave,</i>

						<i>invierno muy frío)</i>
Especie	Registros Rango Invasión	Código	Clima	Registros Rango Nativo	Código	Clima
<i>Tamarix hohenackeri</i>	Estados Unidos	Bsk	Semiárido frío	Armenia	Dfb	Hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío)
	Estados Unidos	Bsk	Semiárido frío	Armenia	Bsk	Semiárido frío
	México	Bsk	Semiárido frío	Armenia	Dsa	Continental mediterráneo (verano cálido, invierno frío)
				Azerbaiyán	Dfb	Hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío)
				Azerbaiyán	Csa	Mediterráneo (verano cálido)
				China	Bwk	Árido frío
				Irán	Bsk	Semiárido frío
				Irán	Csa	Mediterráneo (verano cálido)
				Irán	Csa	Mediterráneo (verano cálido)
				Irán	Bsk	Semiárido frío
				Irán	Bwh	Árido cálido
				Irán	Bwh	Árido cálido
				Ucrania	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)
				Ucrania	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)
				Georgia	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)
				Georgia	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)

				Georgia	Bsk	Semiárido frío
Especie	Registros Rango Invasión	Código	Clima	Registros Rango Nativo	Código	Clima
<i>Tamarix aphylla</i>	Estados Unidos	Bwh	Árido cálido	Somalia	Bwh	Árido cálido
	Estados Unidos	Bwk	Árido frío	Somalia	Bsh	Semiárido cálido
	Estados Unidos	Bsh	Semiárido cálido	Omán	Bwh	Árido cálido
	Estados Unidos	Bwh	Árido cálido	Egipto	Bwh	Árido cálido
	Mexico	Bsh	Semiárido cálido	Egipto	Bwk	Árido frío
	Mexico	Bwh	Árido cálido	Jordania	Bwh	Árido cálido
	México	Bwk	Árido frío	Israel	Bsh	Semiárido cálido
	México	Csa	Mediterráneo (verano cálido)	Israel	Csa	Mediterráneo (verano cálido)
	Estados Unidos	Bsk	Semiárido frío	Etiopia	Bsh	Semiárido cálido
	México	Bsk	Semiárido frío	Irán	Bwh	Árido cálido
	Estados Unidos	Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave)	Irán	Bsh	Semiárido cálido
	Estados Unidos	Csa	Mediterráneo (verano cálido)	India	Bsh	Semiárido cálido
	México	Cwb	Templado con invierno seco (verano suave)			
	México	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
Estados Unidos	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)				

	Estados Unidos	Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave)			
<i>Especie</i>	Registros Rango Invasión	Código	Clima	Registros Rango Nativo	Código	Clima
<i>Tamarix ramosissima</i>	Argentina	Cfb	Oceánico (verano suave)	Rusia	Dfc	Subpolar sin estación seca (verano suave, invierno muy frío)
	Argentina	Cwa	Subtropical con invierno seco (verano cálido)	Rusia	Dfb	Hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío)
	Argentina	Bwh	Árido cálido	Rusia	Dfa	Continental sin estación seca (verano cálido, invierno frío)
	Argentina	Bwk	Árido frío	Georgia	Dfb	Hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío)
	México	csc	Subpolar oceánico con verano seco	Georgia	Csc	Subpolar oceánico con verano seco
	México	cfb	Oceánico (verano suave)	Azerbaiyán	Bsk	Semiárido frío
	México	cwb	Templado con invierno seco (verano suave)	Alemania	Bsk	Semiárido frío
	México	bsh	Semiárido cálido	Alemania	Dfb	Hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío)
	México	As	Tropical seco o de sabana	Iraq	Bwh	Árido cálido

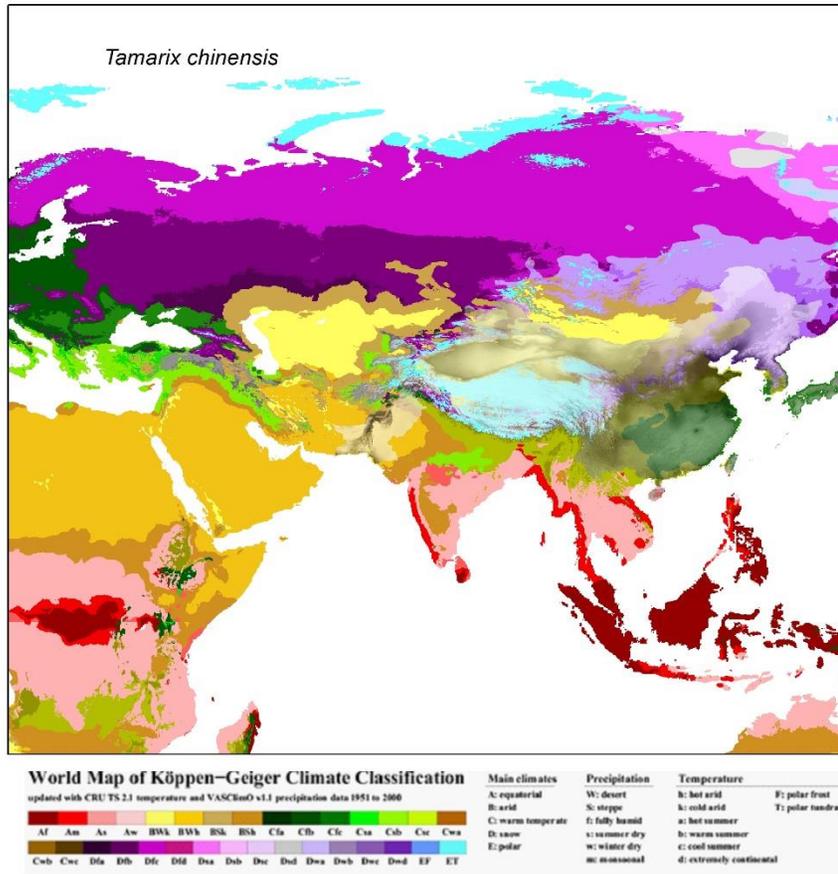
			Con verano seco			
	México	Bwh	Árido cálido	Irán	Bwh	Árido cálido
	México	Bwk	Árido frío	Irán	Csa	Mediterráneo (verano cálido)
	México	Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave)	Irán	Dsb	Hemiboreal mediterráneo (verano suave, invierno frío)
	Estados Unidos	Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave)	Irán	Bsh	Semiárido cálido
	Estados Unidos	Csa	Mediterráneo (verano cálido)	Irán	Bwk	Árido frío
	Estados Unidos	Bsk	Semiárido frío	Irán	Bsk	Semiárido frío
	Estados Unidos	Bwk	Árido frío	Afganistán	Bwh	Árido cálido
	Estados Unidos	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)	Afganistán	Bsk	Semiárido frío
	Estados Unidos	Bwh	Árido cálido	Afganistán	Dsb	Hemiboreal mediterráneo (verano suave, invierno frío)
	Estados Unidos	Cfb	Oceánico (verano suave)	Afganistán	Dfb	Hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío)
	Estados Unidos	Dfb	Hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío)	Pakistán	Bwh	Árido cálido

	Estados Unidos	Dfc	Subpolar sin estación seca (verano suave, invierno muy frío)	Pakistán	Bsk	Semiárido frío
	Estados Unidos	Dsc	Subpolar con verano seco (verano suave y corto, invierno frío)	Pakistán	Bwk	Árido frío
	Canadá	Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave)	China	Bwk	Árido frío
	Canadá	Dfb	Hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío)	China	Et	Clima de tundra
	Grecia	Csa	Mediterráneo (verano cálido)	China	Dwc	Subpolar con invierno seco (verano suave y corto, invierno frío)
	Turquía	Csa	Mediterráneo (verano cálido)	China	Bsk	Semiárido frío
	Bulgaria	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)	China	Cwa	Subtropical con invierno seco (verano cálido)
	Italia	Csa	Mediterráneo (verano cálido)	Kazajistán	Bsk	Semiárido frío

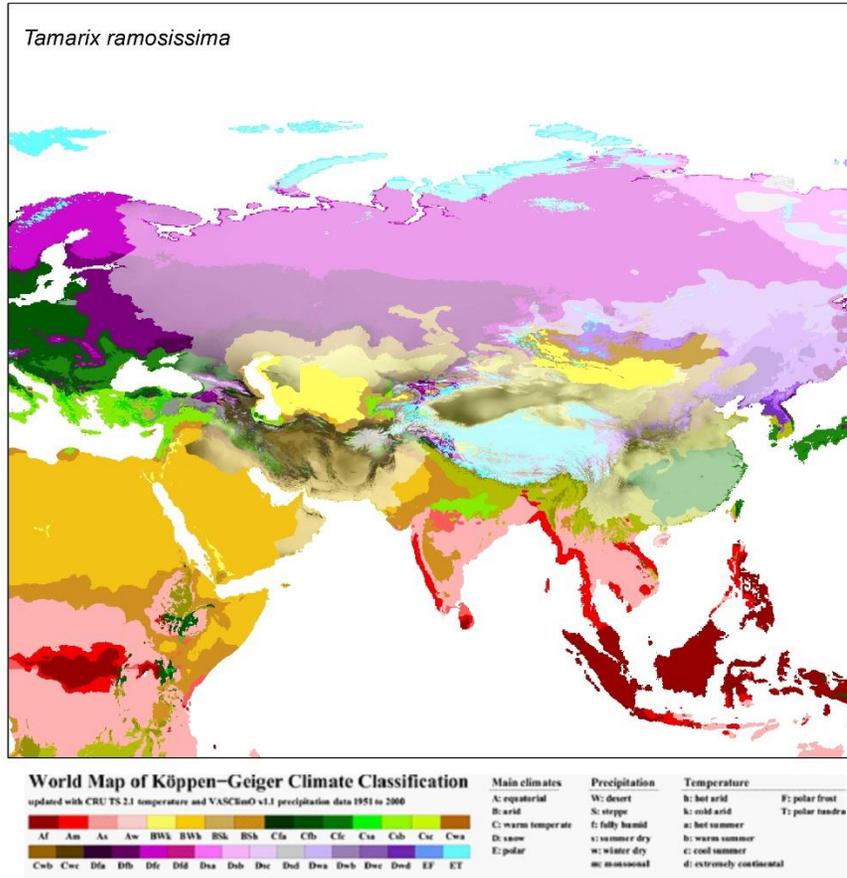
	Francia	Csa	Mediterráneo (verano cálido)			
	Francia	Cfb	Oceánico (verano suave)			
	Suecia	Cfb	Oceánico (verano suave)			
	Alemania	Cfb	Oceánico (verano suave)			
	España	Csa	Mediterráneo (verano cálido)			
	España	Bsk	Semiárido frío			
	España	Bsh	Semiárido cálido			
	España	Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave)			
	España	Cfb	Oceánico (verano suave)			
	Australia	Bwh	Árido cálido			
	Australia	Bsk	Semiárido frío			
	Australia	Cfb	Oceánico (verano suave)			
	Australia	Csa	Mediterráneo (verano cálido)			
	Australia	Bwk	Árido frío			
	Australia	Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave)			

	Nueva Zelanda	Cfb	Oceánico (verano suave)			
--	------------------	-----	-------------------------------	--	--	--

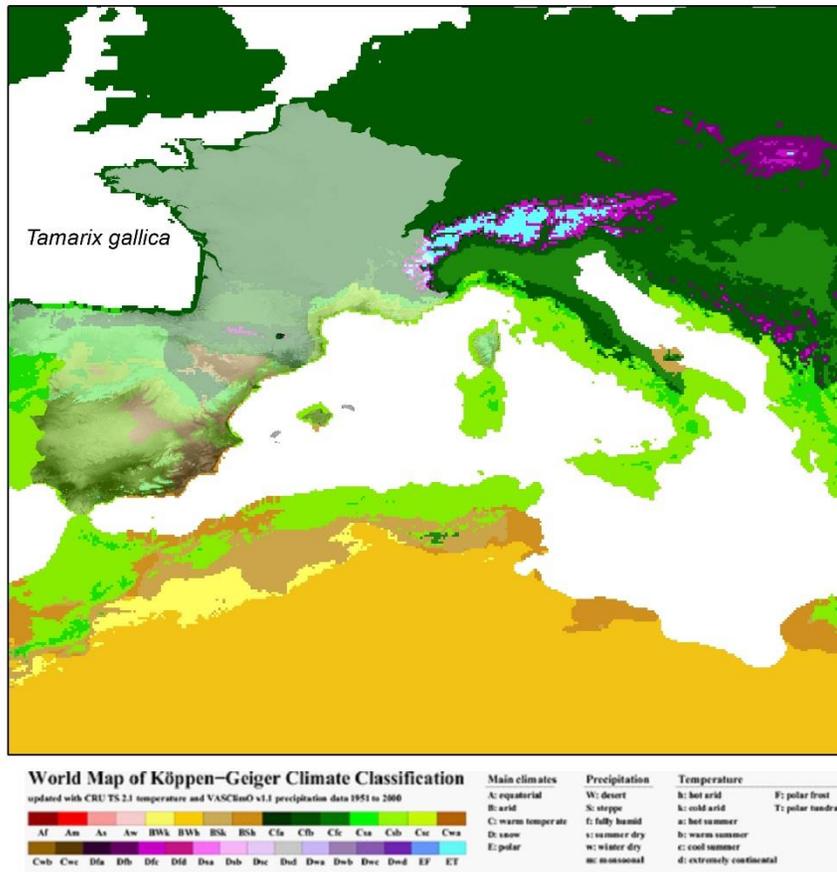
b. *Tamarix chinensis*



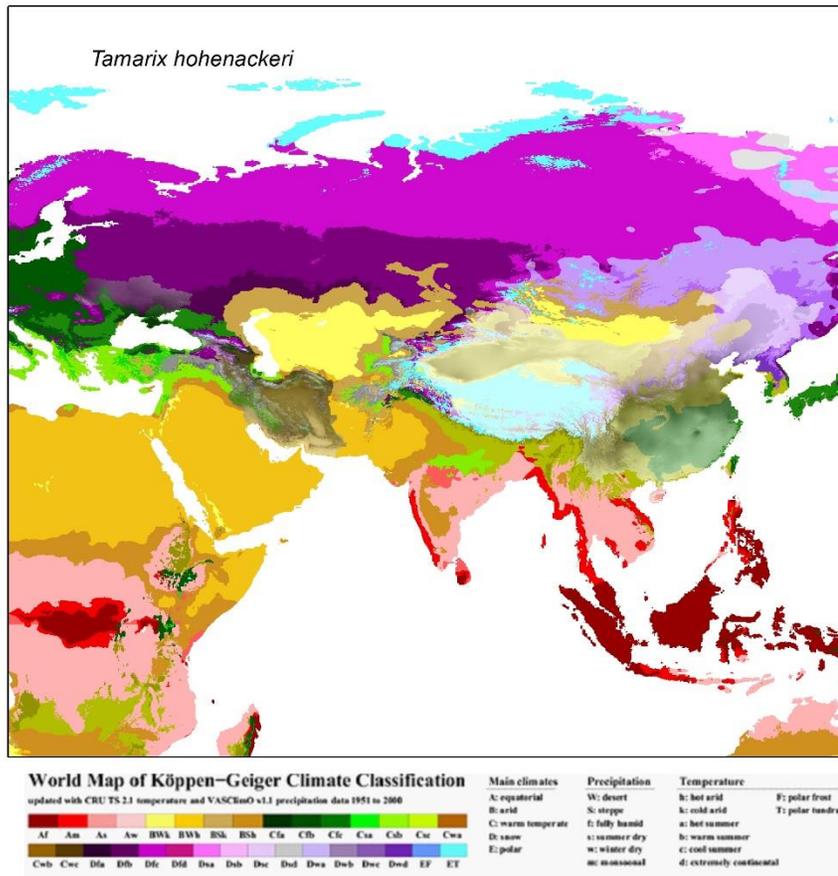
c. *Tamarix ramosissima*



d. *Tamarix gallica*



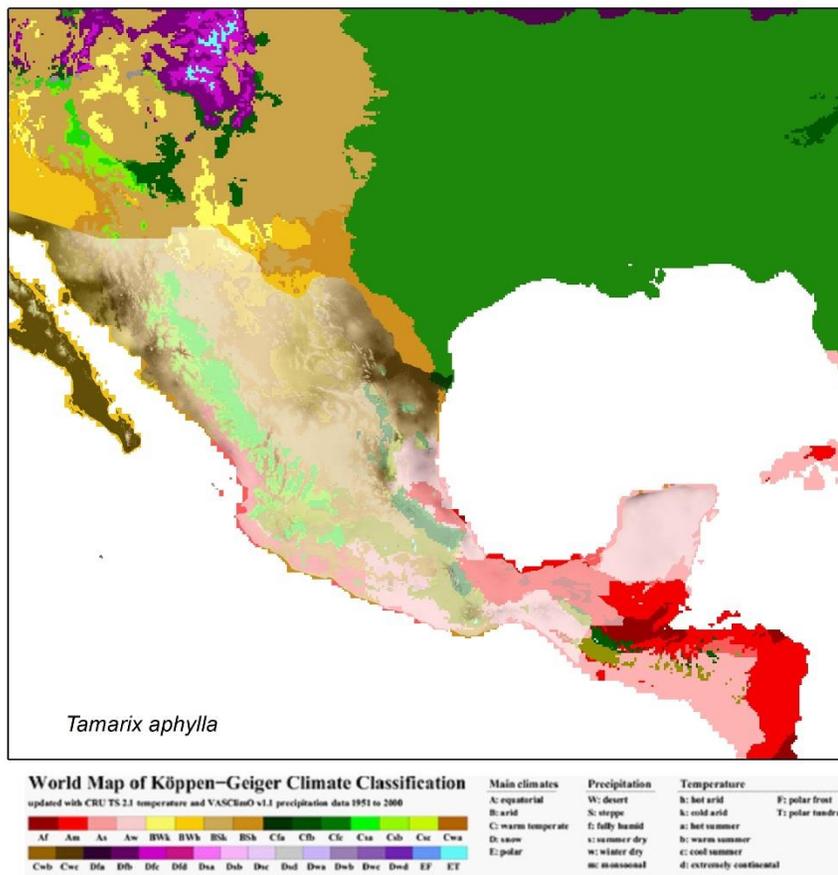
e. *Tamarix hohenackeri*



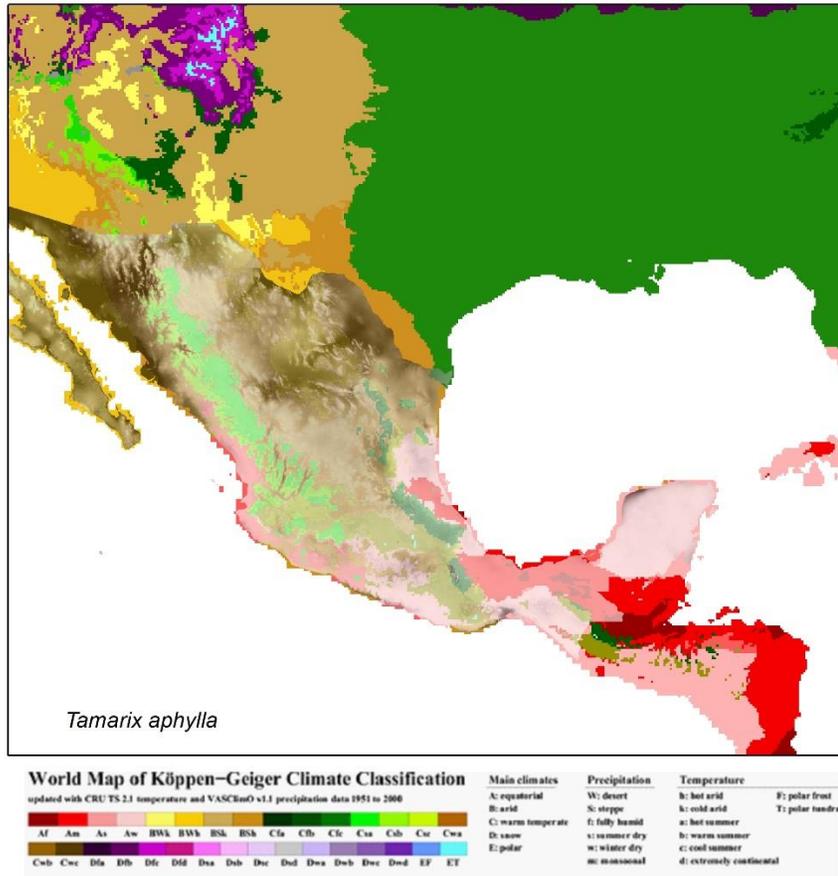
Mapas mostrando la distribución potencial de climas en México, a partir de los modelos calibrados en el área de invasión y del área nativa. Los mapas representan la superposición entre el mapa de climas y el de distribución geográfica potencial por cada especie de *Tamarix* en la región de invasión de México y en la region nativa. El mapa de distribución fue ajustado a 40% de transparencia, de tal manera que las zonas en que se predecía con el modelo calibrado correspondiente muy baja probabilidad o de 0, quedaron transparentes; las zonas que predecían alta probabilidad, presentan un color verdoso aceituna, que permite ver con la transparencia los colores de los climas que están por debajo. Para *T. hohenackeri* solo se pudo hacer la modelación a partir del modelo calibrado en el área nativa. Nótese que para la mayoría de las especies, se muestra una relativa alta versatilidad climática en México.

Tamarix aphylla

a. Calibrado en función del clima en la distribución nativa

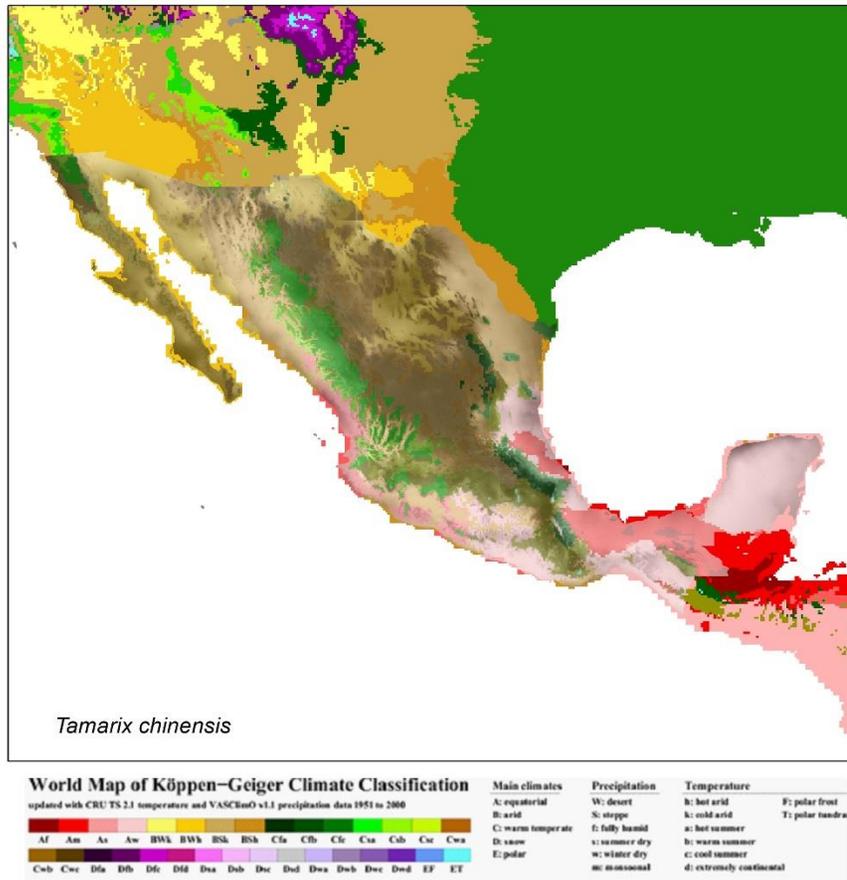


b. Calibrado en función del clima en la distribución de invasión

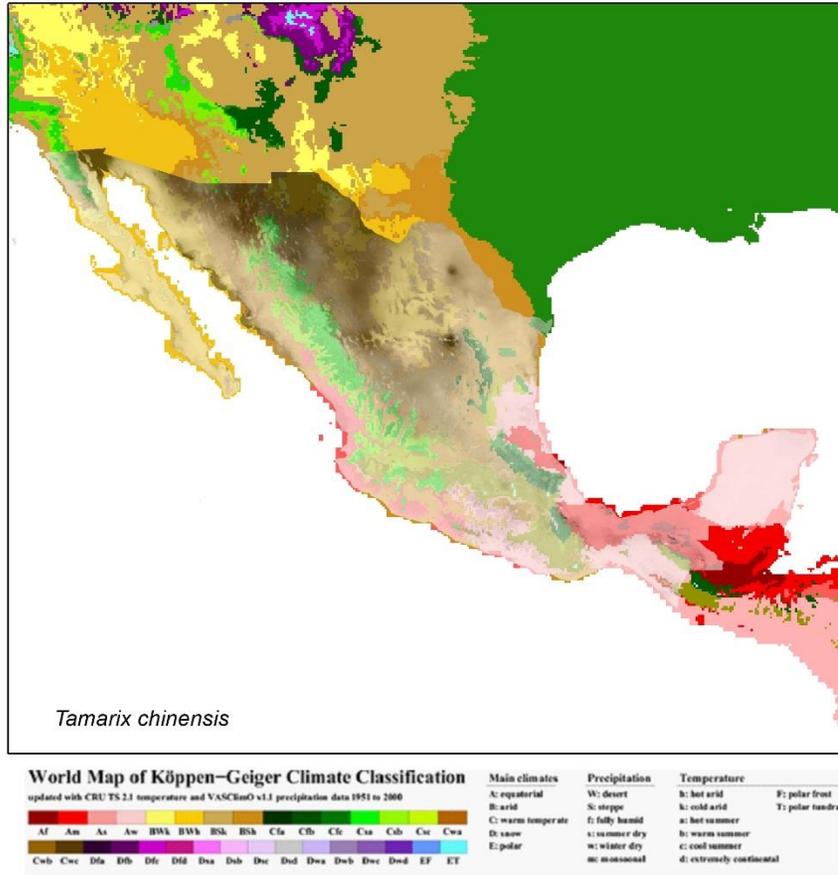


Tamarix chinensis

a. Calibrado en función del clima en la distribución nativa

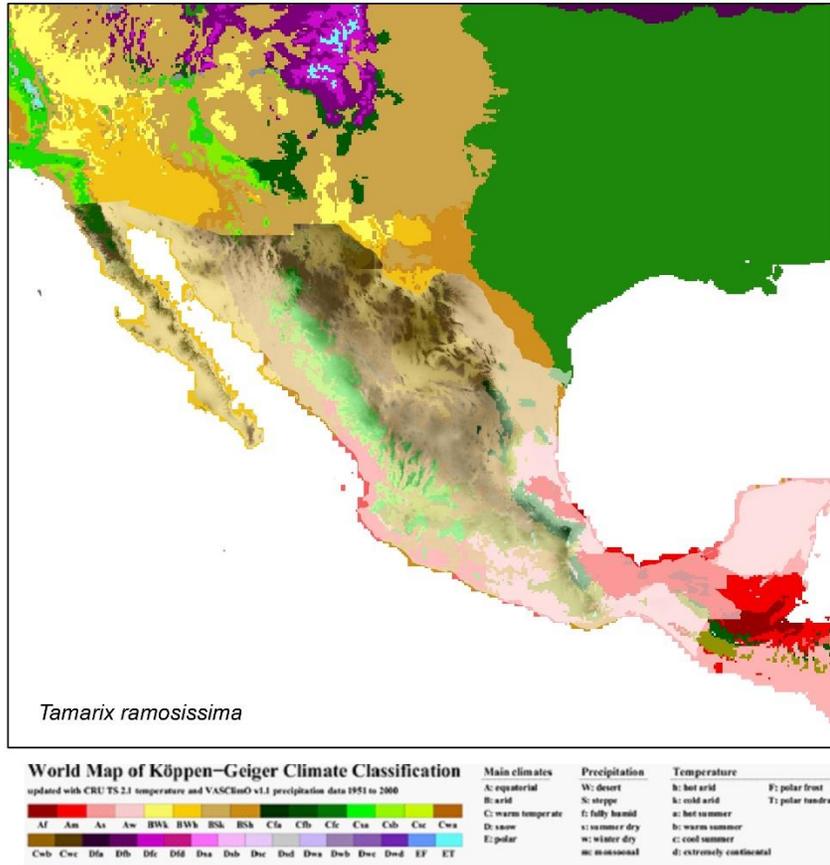


b. Calibrado en función del clima en la distribución de invasión

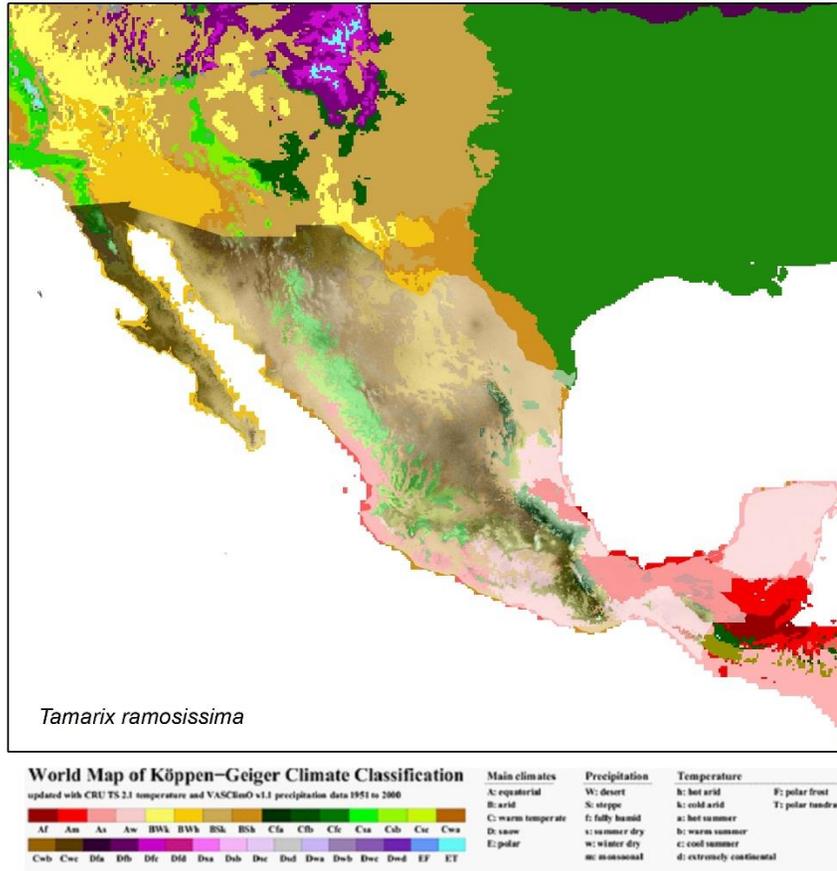


Tamarix ramosissima

a. Calibrado en función del clima en la distribución nativa

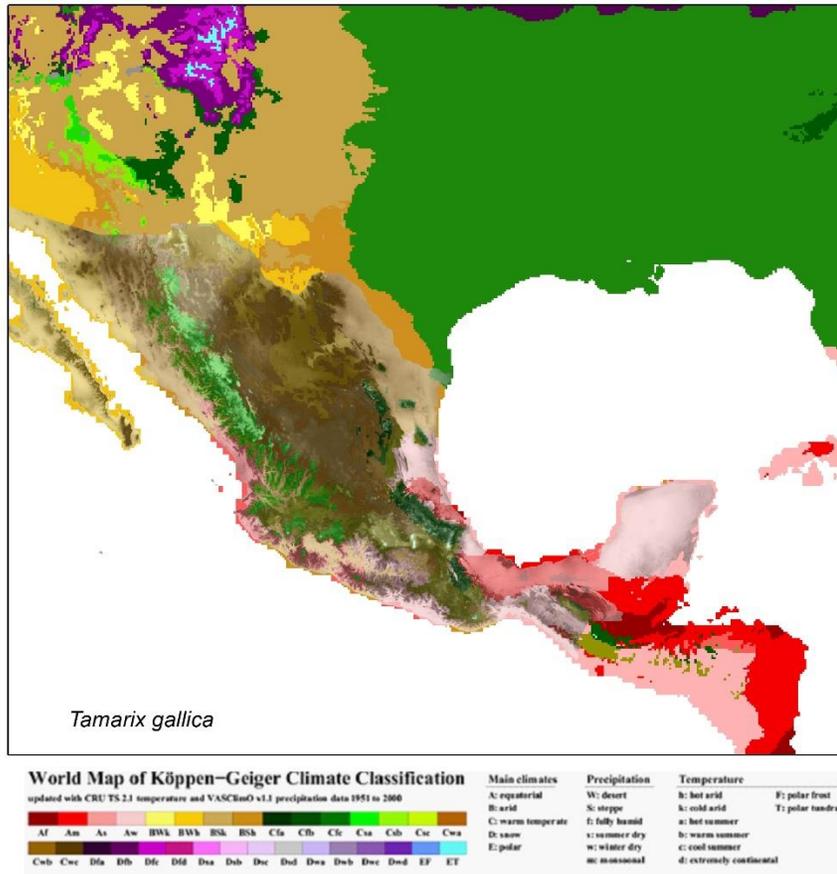


b. Calibrado en función del clima en la distribución de invasión

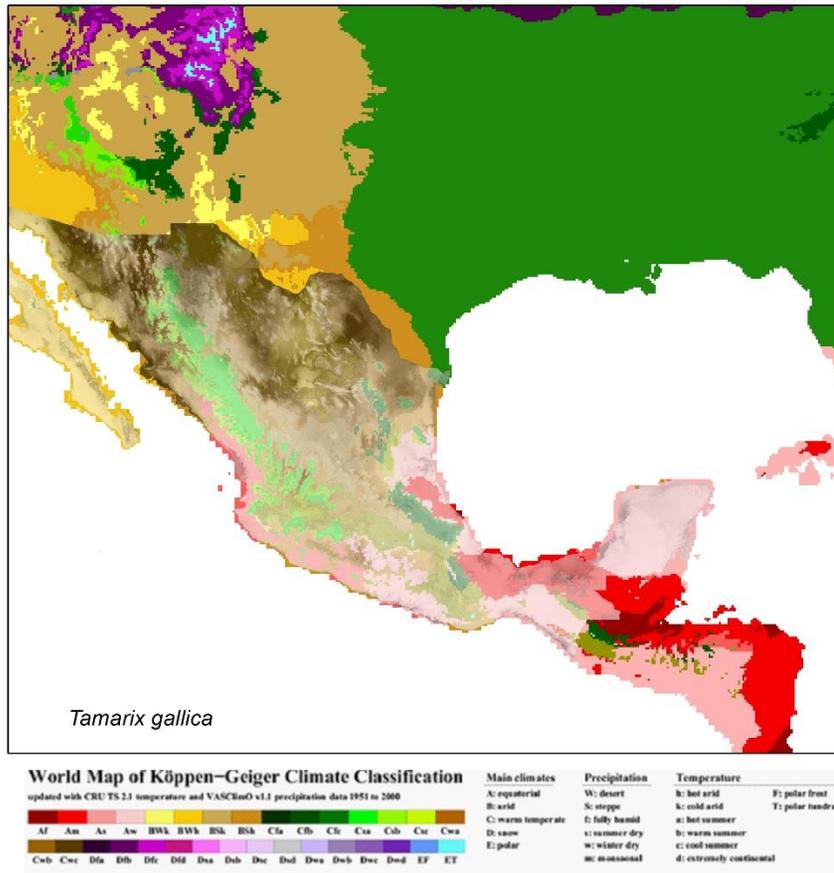


Tamarix gallica

a. Calibrado en función del clima en la distribución nativa



b. Calibrado en función del clima en la distribución de invasión



Tamarix hohenackeri

a. Calibrado en función del clima en la distribución nativa

