





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

PROGRAMA DE NACIONAS UNIDAS PARA EL desarrollo (PNUD)

IC-2018-094

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, 2019

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.”



CONABIO
COMISIÓN NACIONAL PARA
EL CONOCIMIENTO Y USO
DE LA BIODIVERSIDAD



Al servicio
de las personas
y las naciones

Reporte final Análisis de riesgo de ocho especies forestales con potencial invasor en México

Objetivo: Fortalecer el conocimiento acerca del potencial invasor en México de las ocho especies forestales *Melia azedarach*, *Paulownia tomentosa*, *Moringa oleífera*, *Spathodea campanulata*, *Melaleuca quinquinervia*, *Azadirachta indica*, *Ligustrum lucidum* y *Koelreuteria paniculata*, 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, José Juan Pérez Navarro, Alma A. Sánchez Velasco, Yarelys Ferrer Sánchez, Claudia J. Pérez Estrada, Constanza Danaee Jiménez Guevara, Ana Gabriela Gauna Rodríguez & Karen Alejandra Madrigal González.

Modo de citar el informe: **PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo)**. 2019. Análisis de riesgo de ocho especies forestales con potencial invasor en México - Informe final. 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, C.D. Jiménez Guevara, A.G. Gauna Rodríguez & K.A. Madrigal González**. Grupo laboratorio Análisis Espacial, Ecología y Conservación, CIBNOR, La Paz, Baja California Sur, México. 744 pp. + 2 Anexos + 3 Apéndices.

Fecha de inicio y terminación del proyecto: 5 de noviembre de 2018 al 23 de septiembre de 2019.

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. Generar conocimiento para la toma de decisiones informadas. Atiende los tres objetivos estratégicos, incidiendo más en el objetivo 1. Prevenir, detectar y reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de especies invasoras, y en particular las metas 1.2 *Información científica y técnica, relevante, oportuna y accesible, que genere capacidades en diversos sectores para atender las prioridades relacionadas con las especies invasoras*; 1.3, *Vías de introducción y dispersión identificadas y vigiladas para las especies invasoras de mayor riesgo*; y 1.4 *Mecanismos y protocolos estandarizados de prevención en operación, para reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de especies invasoras*. Se vincula también con el objetivo 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* y la meta 2.1 *Prioridades acordadas para el control o erradicación de especies invasoras*. Y se vincula al objetivo 3. *Informar oportuna y eficazmente a la sociedad para que asuma responsablemente las acciones a su alcance en la prevención, control y erradicación de las especies invasoras* y la meta 3.1 *La población, grupos clave y*

autoridades conocen las amenazas e impactos que las especies invasoras ocasionan a la biodiversidad, los servicios ecosistémicos, la economía y salud; así como las medidas para su prevención y control.

Resumen: El análisis de riesgo WRA con la información detallada indica que *Melia azedarach*, *Paulownia tomentosa*, *Moringa oleifera*, *Spathodea campanulata*, *Melaleuca quinquinervia*, *Azadirachta indica*, *Ligustrum lucidum* y *Koelreuteria paniculata* deben ser rechazadas para su comercio e ingreso a México, debido a los elevados riesgos de invasión que tienen en el país. La modelación por afinidad climática muestra que hay una alta probabilidad de invasión en México por las 8 especies, no encontrándose localizadas las invasiones en la mayoría de los casos, sobre todo al considerar la modelación con registros del área de invasión.

Melia azedarach



Paulownia tomentosa



Moringa oleifera



Spathodea campanulata



Melaleuca quinquenervia



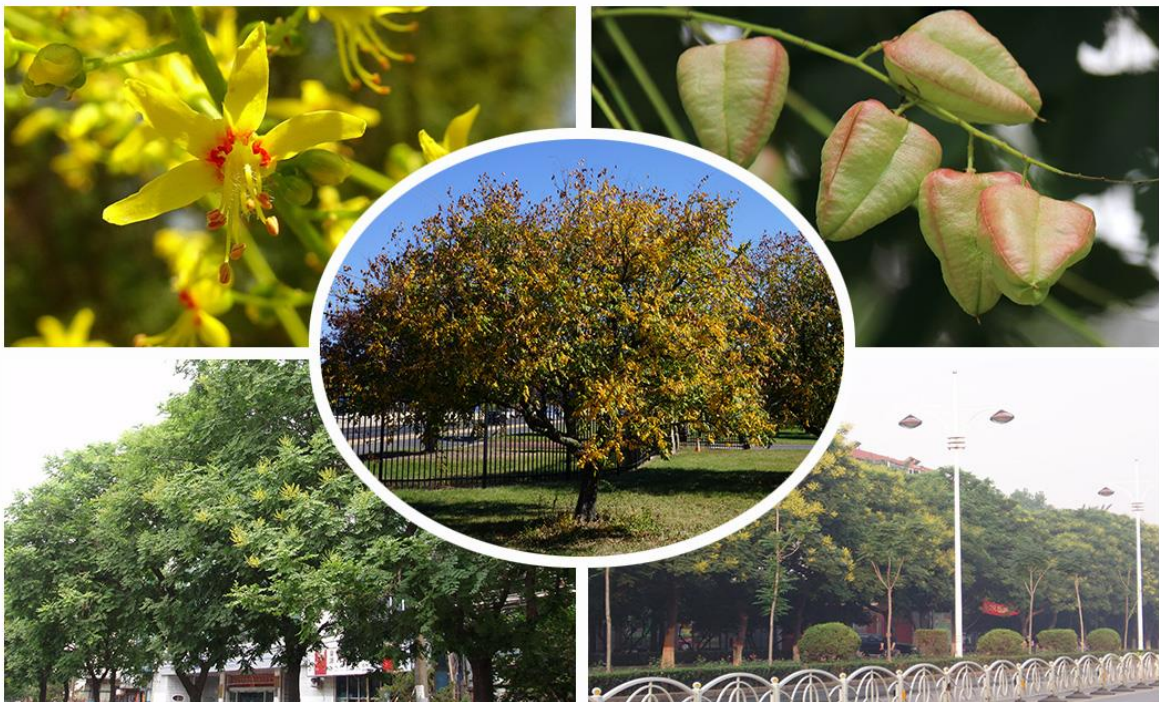
Azadirachta indica



Ligustrum lucidum



Koelreuteria paniculata



ÍNDICE

ÍNDICE	8
RESUMEN.....	23
Introducción.....	28
Conocimiento general de las especies	30
Breve planteamiento del problema.....	36
Ámbito del Análisis de riesgo, contexto de la invasión	40
Contexto de la invasión	40
Consideraciones sobre el control y mitigación	42
<i>Melia azedarach</i>	46
1. Introducción.....	46
1.1 Taxonomía.....	46
1.1.1 Sinónimos:.....	47
1.1.2 Nombres comunes	48
1.2 Descripción.....	48
1.3 Biología e historia natural.....	51
1.3.1 Biología	51
1.3.2 Ecología.....	55
1.3.3 Especies con las que <i>Melia azedarach</i> puede hibridar	60
1.4 Estatus.....	68
1.4.1 Distribución nativa	68
1.4.2 Distribución de invasión.....	69
1.4.3 Distribución en México	71
2. Rutas de introducción.....	72
2.1 Origen e historia de los individuos comercializados	72
2.2 Historia de la comercialización en México	73
2.3 Usos y comercialización.....	73
2.3.1 Análisis económico de la comercialización	75

2.3.2 Manejo y condiciones de cultivo	75
3. Potencial de establecimiento y colonización	77
3.1 Potencial de colonización	77
3.2 Potencial de dispersión	78
3.3 Factores que favorecen su establecimiento y dispersión	78
4. Evidencias de impactos	79
4.1 Impactos a la salud	79
4.2 Impactos ambientales y a la biodiversidad	80
4.3 Impactos a actividades productivas	81
4.4 Impactos económicos	81
5. Control y mitigación	81
6. Normatividad	83
6.1 Legislación Mexicana	84
6.2 Legislación Internacional	84
7. Resultados del análisis de riesgo de <i>Melia azedarach</i>	104
8. Resultado del Análisis de riesgo de <i>Melia azedarach</i>	116
9. Conclusión	116
<i>Paulownia tomentosa</i>	117
1. Introducción	117
1.1 Taxonomía	117
1.1.1 Sinónimos	118
1.1.2 Nombres comunes	118
1.2 Descripción	118
1.3 Biología e historia natural	119
1.3.1 Biología	119
1.3.2 Ecología	123
1.3.3 Especies con las que <i>Paulownia tomentosa</i> puede hibridar	126
1.4 Estatus	141
1.4.1 Distribución nativa	141
1.4.2 Distribución de invasión	141
1.4.3 Distribución en México	143
2. Rutas de introducción	144
2.1 Origen e historia de los individuos comercializados	144
2.2 Historia de la comercialización en México	145

2.3 Usos y comercialización.....	146
2.3.1 Análisis económico de la comercialización	149
2.3.2 Manejo y condiciones de cultivo	150
3. Potencial de establecimiento y colonización	152
3.1 Potencial de colonización	152
3.2 Potencial de dispersión	153
3.3 Factores que favorecen su establecimiento y dispersión	153
4. Evidencias de impactos	154
4.1 Impactos a la salud	154
4.2 Impactos ambientales y a la biodiversidad	154
4.3 Impactos a actividades productivas	155
4.4 Impactos económicos	155
5. Control y mitigación.....	155
6. Normatividad	168
6.1 Legislación Mexicana.....	169
6.2 Legislación Internacional	169
7. Resultados del análisis de riesgo de <i>Paulownia tomentosa</i>	181
8. Riesgo de invasión de <i>Paulownia tomentosa</i> en función de la similitud climática.....	191
9. Resultado del Análisis de riesgo de <i>Paulownia tomentosa</i>	193
10. Conclusión	193
<i>Moringa oleifera</i>	194
1. Introducción.....	194
1.1 Taxonomía.....	194
1.1.1 Sinónimos	195
1.1.2 Nombres comunes	195
1.2 Descripción.....	196
1.3 Biología e historia natural.....	197
1.3.1 Biología	197
1.3.2 Ecología.....	201
1.3.3 Especies con las que <i>Moringa oleifera</i> puede hibridar	205
1.4 Estatus.....	213
1.4.1 Distribución nativa	213
1.4.2 Distribución de invasión	214
1.4.3 Distribución en México	216

2. Rutas de introducción	217
2.1 Origen e historia de los individuos comercializados	217
2.2 Historia de la comercialización en México	219
2.3 Usos y comercialización	220
2.3.1 Análisis económico de la comercialización	223
2.3.2 Manejo y condiciones de cultivo	223
3. Potencial de establecimiento y colonización	230
3.1 Potencial de colonización	230
3.2 Potencial de dispersión	231
3.3 Factores que favorecen su establecimiento y dispersión	231
4. Evidencias de impactos	232
4.1 Impactos a la salud	232
4.2 Impactos ambientales y a la biodiversidad	234
4.3 Impactos a actividades productivas	236
4.4 Impactos económicos	236
5. Control y mitigación	236
6. Normatividad	239
6.1 Legislación Mexicana	239
6.2 Legislación Internacional	239
7. Resultados del análisis de riesgo de <i>Moringa oleifera</i>	244
8. Riesgo de invasión de <i>Moringa oleifera</i> en función de la similitud climática	255
9. Resultado del Análisis de riesgo de <i>Moringa oleifera</i>	257
10. Conclusión	257
<i>Spathodea campanulata</i>	258
1. Introducción	258
1.1 Taxonomía	258
1.1.1 Sinónimos	259
1.1.2 Nombres comunes	259
1.2 Descripción	259
1.3 Biología e historia natural	262
1.3.1 Biología	262
1.3.2 Ecología	265
1.3.3 Especies con las que <i>Spathodea campanulata</i> puede hibridar	272
1.4 Estatus	282

1.4.1 Distribución nativa	282
1.4.2 Distribución de invasión.....	282
1.4.3 Distribución en México	284
2. Rutas de introducción	285
2.1 Origen e historia de los individuos comercializados	286
2.2 Historia de la comercialización	287
2.3 Usos y comercialización.....	287
2.3.1 Análisis económico de la comercialización	290
2.3.2 Manejo y condiciones de cultivo.....	290
3. Potencial de establecimiento y colonización	291
3.1 Potencial de colonización.....	291
3.2 Potencial de dispersión.....	292
3.3 Factores que favorecen su establecimiento y dispersión	293
4. Evidencias de impactos	294
4.1 Impactos a la salud	294
4.2 Impactos ambientales y a la biodiversidad.....	295
4.3 Impactos a actividades productivas	297
4.4 Impactos económicos	298
5. Control y mitigación.....	298
6. Normatividad.....	313
6.1 Legislación Mexicana.....	314
6.2 Legislación Internacional	314
7. Resultados del análisis de riesgo de <i>Spathodea campanulata</i>	329
8. Riesgo de invasión de <i>Spathodea campanulata</i> en función de la similitud climática....	340
9. Resultado del Análisis de riesgo de <i>Spathodea campanulata</i>	342
10. Conclusión.....	342
<i>Melaleuca quinquenervia</i>	343
1. Introducción.....	343
1.1 Taxonomía.....	343
1.1.1 Sinónimos	344
1.1.2 Nombres comunes	344
1.2 Descripción.....	345
1.3 Biología e historia natural.....	346
1.3.1 Biología	346

1.3.2 Ecología.....	349
1.3.3 Especies con las que <i>Melaleuca quinquenervia</i> puede hibridar	353
1.4 Estatus.....	364
1.4.1 Distribución nativa	364
1.4.2 Distribución de invasión.....	365
1.4.3 Distribución en México	366
2. Rutas de introducción	367
2.1 Origen e historia de los individuos comercializados	368
2.2 Historia de la comercialización en México	369
2.3 Usos y comercialización.....	369
2.3.1 Análisis económico de la comercialización	370
2.3.2 Manejo y condiciones de cultivo.....	371
3. Potencial de establecimiento y colonización	372
3.1 Potencial de colonización.....	372
3.2 Potencial de dispersión.....	373
3.3 Factores que favorecen su establecimiento y dispersión	373
4. Evidencias de impactos	374
4.1 Impactos a la salud	374
4.2 Impactos ambientales y a la biodiversidad	375
4.3 Impactos a actividades productivas	377
4.4 Impactos económicos	378
5. Control y mitigación.....	378
6. Normatividad.....	382
6.1 Legislación Mexicana.....	383
6.2 Legislación Internacional	383
7. Resultados del análisis de riesgo de <i>Melaleuca quinquenervia</i>	400
8. Riesgo de invasión de <i>Melaleuca quinquenervia</i> en función de la similitud climática	411
9. Resultado del Análisis de riesgo de <i>Melaleuca quinquenervia</i>	413
10. Conclusión.....	413
<i>Azadirachta indica</i>	414
1. Introducción.....	414
1.1 Taxonomía.....	414
1.1.1 Sinónimos	415
1.1.2 Nombres comunes	415

1.2 Descripción.....	415
1.3 Biología e historia natural.....	417
1.3.1 Biología	417
1.3.2 Ecología.....	421
1.3.3 Especies con las que <i>Azadirachta indica</i> puede hibridar	427
1.4 Estatus.....	437
1.4.1 Distribución nativa	437
1.4.2 Distribución de invasión.....	438
1.4.3 Distribución en México	439
2. Rutas de introducción	440
2.1 Origen e historia de los individuos comercializados	441
2.2 Historia de la comercialización en México	443
2.3 Usos y comercialización.....	444
2.3.1 Análisis económico de la comercialización	450
2.3.2 Manejo y condiciones de cultivo.....	451
3. Potencial de establecimiento y colonización	453
3.1 Potencial de colonización	453
3.2 Potencial de dispersión.....	455
3.3 Factores que favorecen su establecimiento y dispersión	455
4. Evidencias de impactos	456
4.1 Impactos a la salud	456
4.2 Impactos ambientales y a la biodiversidad.....	457
4.3 Impactos a actividades productivas	460
4.4 Impactos económicos	460
5. Control y mitigación.....	461
6. Normatividad.....	465
6.1 Legislación Mexicana.....	466
6.2 Legislación Internacional	466
7. Resultados del análisis de riesgo de <i>Azadirachta indica</i>	480
8. Riesgo de invasión de <i>Azadirachta indica</i> en función de la similitud climática.....	494
9. Resultado del Análisis de riesgo de <i>Azadirachta indica</i>	496
10. Conclusión.....	496
<i>Ligustrum lucidum</i>	497
1. Introducción.....	497

1.1 Taxonomía.....	497
1.1.1 Sinónimos	498
1.1.2 Nombres comunes	498
1.2 Descripción.....	499
1.3 Biología e historia natural.....	499
1.3.1 Biología	500
1.3.2 Ecología.....	503
1.3.3 <i>Especies</i> con las que <i>Ligustrum lucidum</i> puede hibridar.....	507
1.4 Estatus.....	515
1.4.1 Distribución nativa	516
1.4.2 Distribución de invasión.....	516
1.4.3 Distribución en México	518
2. Rutas de introducción	519
2.1 Origen e historia de los individuos comercializados	519
2.2 Historia de la comercialización en México	520
2.3 Usos y comercialización.....	520
2.3.1 Análisis económico de la comercialización	523
2.3.2 Manejo y condiciones de cultivo	523
3. Potencial de establecimiento y colonización	524
3.1 Potencial de colonización	524
3.2 Potencial de dispersión	525
3.3 Factores que favorecen su establecimiento y dispersión	525
4. Evidencias de impactos	526
4.1 Impactos a la salud	526
4.2 Impactos ambientales y a la biodiversidad	526
4.3 Impactos a actividades productivas	527
4.4 Impactos económicos	527
5. Control y mitigación.....	528
6. Normatividad	532
6.1 Legislación Mexicana.....	532
6.2 Legislación Internacional	532
7. Resultados del análisis de riesgo de <i>Ligustrum lucidum</i>	545
8. Riesgo de invasión de <i>Ligustrum lucidum</i> en función de la similitud climática.....	554
9. Resultado del Análisis de riesgo de <i>Ligustrum lucidum</i>	556

10. Conclusión.....	556
<i>Koelreuteria paniculata</i>	557
1. Introducción.....	557
1.1 Taxonomía.....	557
1.1.1 Sinónimos.....	558
1.1.2 Nombres comunes.....	558
1.2 Descripción.....	558
1.3 Biología e historia natural.....	559
1.3.1 Biología.....	560
1.3.2 Ecología.....	561
1.3.3 Especies con las que <i>Koelreuteria paniculata</i> puede hibridar.....	565
1.4 Estatus.....	576
1.4.1 Distribución nativa.....	576
1.4.2 Distribución de invasión.....	577
1.4.3 Distribución en México.....	578
2. Rutas de introducción.....	579
2.1 Origen e historia de los individuos comercializados.....	580
2.2 Historia de la comercialización en México.....	581
2.3 Usos y comercialización.....	581
2.3.1 Análisis económico de la comercialización.....	581
2.3.2 Manejo y condiciones de cultivo.....	582
3. Potencial de establecimiento y colonización.....	584
3.1 Potencial de colonización.....	584
3.2 Potencial de dispersión.....	584
3.3 Factores que favorecen su establecimiento y dispersión.....	585
4. Evidencias de impactos.....	585
4.1 Impactos a la salud.....	585
4.2 Impactos ambientales y a la biodiversidad.....	586
4.3 Impactos a actividades productivas.....	587
4.4 Impactos económicos.....	587
5. Control y mitigación.....	588
6. Normatividad.....	589
6.1 Legislación Mexicana.....	590
6.2 Legislación Internacional.....	590

7. Resultados del análisis de riesgo de <i>Koelreuteria paniculata</i>	594
8. Riesgo de invasión de <i>Koelreuteria paniculata</i> en función de la similitud climática	602
9. Resultado del Análisis de riesgo de <i>Koelreuteria paniculata</i>	604
CONCLUSIONES GENERALES	605
Literatura citada.....	608
ANEXO 1. ANÁLISIS DE RIESGO, PROCEDIMIENTO	658
ANEXO 2. PROCEDIMIENTO PARA MODELAR EL RIESGO DE INVASIÓN EN MEXICO EN FUNCIÓN DE LA SIMILITUD CLIMÁTICA	660
APÉNDICE 1. FORMATO ANÁLISIS DE RIESGO WRA	671
APÉNDICE 2. SOBREPOSICIÓN DE REGISTROS POR ESPECIE DE ÁRBOL FORESTAL EN SU ÁREA NATIVA Y DE INVASIÓN CON EL MAPA DE CLIMAS DEL MUNDO	687
APÉNDICE 3. SEQUIAS PROLONGADAS EN MÉXICO POR ESTADO DEL PAÍS, INDICADOS PARA LOS REGISTROS DE PARA CADA ESPECIE DE ÁRBOL FORESTAL, DE ACUERDO AL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN). 2018	735

Lista de Figuras

Figura 1a. Filogenia de las Angiospermas. Se muestran las 8 especies del proyecto. Tomado de APG IV (2016).....	31
Figura 1b. Relaciones filogenéticas de las familias taxonómicas pertenecientes al Orden Brassicales. Se indica la posición de la Familia Moringaceae.....	32
Figura 1c. Relaciones filogenéticas de las familias taxonómicas pertenecientes al Orden Lamiales. Se indica la posición de las Familias Oleaceae, Bignoniaceae y Paulowniaceae.....	33
Figura 1d. Relaciones filogenéticas de las familias taxonómicas pertenecientes al Orden Sapindales. Se indica la posición de las Familias Sapindaceae y Meliaceae.....	34
Figura 1e. Relaciones filogenéticas de las familias taxonómicas pertenecientes al Orden Myrtales. Se indica la posición de la Familia Myrtaceae.....	35
Figura 2. Fases de la curva de invasión.....	38
Figura 3. Brotes florales, flores e inflorescencias de <i>Melia azedarach</i>	61
Figura 4. Frutos de <i>Melia azedarach</i>	62
Figura 5. Ramas y hojas.	63
Figura 6. Corteza y tronco de <i>Melia azedarach</i>	64
Figura 7. Parte de la fenología de <i>Melia azedarach</i>	66
Figura 8. Hábitat en que se ha registrado a <i>Melia azedarach</i>	67
Figura 9. Mapas mostrando la distribución nativa e invasora de <i>Melia azedarach</i>	70
Figura 10. Mapa mostrando la distribución de <i>Melia azedarach</i> en México.....	71
Figura 11. Usos que la gente hace de <i>Melia azedarach</i>	74
Figura 12. Modelos de Maxent para para el riesgo de invasión de <i>Melia azedarach</i> en México y Norte y Centroamérica.	115
Figura 13. Flores e inflorescencias <i>Paulownia tomentosa</i>	130
Figura 14. Frutos y hojas de <i>Paulownia tomentosa</i>	135
Figura 15. Tronco y corteza de <i>Paulownia tomentosa</i>	138
Figura 16. Porte de árbol de <i>P. tomentosa</i>	139

Figura 17. Hábitat de <i>Paulownia tomentosa</i> en sitios de invasión.....	140
Figura 18. Mapa mostrando la distribución nativa e invasora de <i>Paulownia tomentosa</i>	142
Figura 19. Mapa mostrando la distribución de <i>Paulownia tomentosa</i> en México.....	143
Figura 20. Usos de la madera de <i>Paulownia tomentosa</i>	148
Figura 21. Modelos de Maxent para para el riesgo de invasión de <i>Paulownia tomentosa</i> en México y Norte y Centroamérica.....	192
Figura 22. Flores e inflorescencias de <i>Moringa oleifera</i>	208
Figura 23. Vainas y semillas de <i>Moringa oleifera</i>	210
Figura 24. Detalles de las hojas y el tronco de <i>Moringa oleifera</i>	211
Figura 25. Algunas interacciones de insectos con <i>Moringa oleifera</i>	215
Figura 26. Mapa mostrando la distribución nativa e invasora de <i>Moringa oleifera</i>	215
Figura 27. Mapa mostrando la distribución de <i>Moringa oleifera</i> en México.....	216
Figura 28. Diferentes usos de partes de la planta de <i>Moringa oleifera</i>	229
Figura 29. Cultivo comercial de <i>Moringa oleifera</i>	238
Figura 30. Modelos de Maxent para para el riesgo de invasión de <i>Moringa oleifera</i> en México y Norte y Centroamérica.....	256
Figura 31. Flores de <i>Spathodea campanulata</i>	275
Figura 32. Detalles de frutos y semillas de <i>Spathodea campanulata</i>	276
Figura 33. Hojas y folíolos de <i>Spathodea campanulata</i>	277
Figura 34. Detalles de la corteza y tronco como carácter de identificación de <i>Spathodea campanulata</i>	278
Figura 35. Árboles de <i>Spathodea campanulata</i>	279
Figura 36. Algunos tipos de hábitat donde ocurre <i>Spathodea campanulata</i>	280
Figura 37. Usos por la fauna del árbol y flores de <i>Spathodea campanulata</i>	281
Figura 38. Mapa mostrando la distribución nativa e invasora de <i>Spathodea campanulata</i>	284

Figura 39. Mapa mostrando la distribución de <i>Spathodea campanulata</i> en México.....	285
Figura 40. Usos ornamentales de <i>Spathodea campanulata</i>	289
Figura 41. Modelos de Maxent para el riesgo de invasión de <i>Spathodea campanulata</i> en México y Norte y Centroamérica.....	341
Figura 42a. Brotes, flores e inflorescencias de <i>Melaleuca quinquenervia</i>	355
Figura 42b. Frutos de <i>Melaleuca quinquenervia</i>	356
Figura 43. Detalles de las hojas de <i>Melaleuca quinquenervia</i>	357
Figura 44. Detalles del tronco y corteza de <i>Melaleuca quinquenervia</i>	358
Figura 45. Árboles juvenil y adulto de <i>Melaleuca quinquenervia</i>	359
Figura 46. Hábitat en que ocurre <i>Melaleuca quinquenervia</i> , mostrando el proceso de invasión.....	360
Figura 47. Insectos y roya en <i>Melaleuca quinquenervia</i>	363
Figura 48. Mapas mostrando la distribución nativa e invasora de <i>Melaleuca quinquenervia</i>	366
Figura 49. Mapa mostrando la distribución de <i>Melaleuca quinquenervia</i> en México.....	367
Figura 50. Modelos de Maxent para para el riesgo de invasión de <i>Melaleuca quinquenervia</i> en México y Norte y Centroamérica.....	412
Figura 51. Flores e inflorescencias de <i>Azadirachta indica</i>	428
Figura 52. Frutos de <i>Azadirachta indica</i>	429
Figura 53. Detalles de hojas y folíolos de <i>Azadirachta indica</i>	430
Figura 54. Porte del árbol y detalles del tronco de <i>Azadirachta indica</i>	432
Figura 55. Plántulas y rebrotes de <i>Azadirachta indica</i>	434
Figura 56. Planta de neem en un campo de cultivo seco y abandonado.....	435
Figura 57. Interacciones de insectos y de planta enredadera con <i>Azadirachta indica</i>	436
Figura 58. Mapas mostrando la distribución nativa e invasora de <i>Azadirachta indica</i>	439
Figura 59. Mapa mostrando la distribución de <i>Azadirachta indica</i> en México.....	440
Figura 60. Diversos usos de <i>Azadirachta indica</i>	449

Figura 61. Modelos de Maxent para para el riesgo de invasión de <i>Azadirachta indica</i> en México y Norte y Centroamérica.....	495
Figura 62. Flores e inflorescencias de <i>Ligustrum lucidum</i>	510
Figura 63. Frutos y racimos de frutos de <i>Ligustrum lucidum</i>	512
Figura 64. Detalles de hojas de <i>Ligustrum lucidum</i>	513
Figura 65. Porte arbustivo y arbóreo de <i>Ligustrum lucidum</i>	514
Figura 66. Mapas mostrando la distribución nativa e invasora de <i>Ligustrum lucidum</i>	517
Figura 67. Mapa mostrando la distribución de <i>Ligustrum lucidum</i> en México.....	518
Figura 68. Usos ornamentales de <i>Ligustrum lucidum</i>	522
Figura 69. El anillado de árboles es un método de control, que consiste en la asfixia del árbol.....	531
Figura 70. Modelos de Maxent para para el riesgo de invasión de <i>Ligustrum lucidum</i> en México y Norte y Centroamérica.....	555
Figura 71. Flores e inflorescencias de <i>Koelreuteria paniculata</i>	568
Figura 72. Frutos de <i>Koelreuteria paniculata</i>	570
Figura 73. Detalles de las hojas de <i>Koelreuteria paniculata</i>	572
Figura 74. Detalles de la corteza y de rama de <i>Koelreuteria paniculata</i>	573
Figura 75. Plántulas y árboles de <i>Koelreuteria paniculata</i>	575
Figura 76. Mapas mostrando la distribución nativa e invasora de <i>Koelreuteria paniculata</i>	578
Figura 77. Mapa mostrando la distribución de <i>Koelreuteria paniculata</i> en México.....	579
Figura 78. Usos ornamentales y de sombra de árboles de <i>Koelreuteria paniculata</i>	583
Figura 79. Modelos de Maxent para para el riesgo de invasión de <i>Koelreuteria paniculata</i> en México y Norte y Centroamérica.....	603

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.

Agradecimientos. A todos los autores de las fotos que amablemente autorizaron su uso. A las organizaciones que autorizaron el uso de fotografías.

A la M. en C. Sayuri Muñoz Arroyo por el gran apoyo en la edición de figuras y tablas.

RESUMEN

Los árboles de *Melia azedarach*, *Paulownia tomentosa*, *Moringa oleifera*, *Spathodea campanulata*, *Melaleuca quinquinerva*, *Azadirachta indica*, *Ligustrum lucidum* y *Koelreuteria paniculata* tienen orígenes en la parte Indo-asiática, Australiana, China-Coreana-Japonesa y Africana. No hay especies con origen en América ni Europa. Estas especies de árboles alcanzan por lo general grandes alturas (hasta 30 m) y tienen un crecimiento rápido. La gente les da diferentes usos a cada especie, pero en general son apreciados por los productos comerciales que se pueden obtener. Son consideradas en gran medida plantas de ornato y para dar sombra, pero la madera igualmente se usa para la construcción de viviendas, muebles, artesanías, postería; también se han usado como cortinas rompe vientos y para control de erosión y restauración de suelos degradados. Un uso importante que tienen la mayoría de las especies se debe a sus propiedades medicinales por lo que se han utilizado para tratar distintas enfermedades; otro es por la extracción de compuestos que funcionan como biopesticidas, fertilizantes, para tinción; tienen utilidad en la industria cosmética (cremas, champú, lociones), e inclusive se usan para consumo de alimento por el humano y como forrajes. Algunas especies han sido utilizadas desde hace miles de años, como *Azadirachta indica* que data de 4,500 años su uso medicinal y de unos 3,000 años *Melia azedarach* y *Paulownia tomentosa* usadas como especies de ornato y maderables. Por estos usos, las especies se movieron intensamente de manera comercial sobre todo, entre países datando para algunas especies en más de 200 años. Los árboles se cultivaron de manera intensiva y en grandes extensiones, pero igual hay usos locales diversos por la gente. Se presenta la información de la revisión detallada de cada una de las especies 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, por lo que se presenta el análisis de riesgo y la modelación de probabilidad de riesgo de invasión en función de la similitud climática. Prácticamente todas las especies tienen reproducción sexual (semillas) y asexual (vegetativa a partir de esquejes, ramas, raíces, botones), producen una gran cantidad de

semillas y son dispersadas principalmente por el viento y el agua. Ha habido escapes a sistemas naturales, no manejados por el humano, en todas las especies, volviéndose invasoras y siendo catalogadas dos de ellas entre las 100 peores especies invasoras en el mundo (*Spathodea campanulata* y *Melaleuca quinquenervia*). Se ha encontrado que estas especies afectan la biodiversidad y el ambiente, en algunos casos con costos económicos elevados. En general estos costos han sido poco cuantificados, excepto para las dos especies consideradas entre las más dañinas en el mundo. No obstante, la problemática, la normatividad y legislación en prácticamente todos los países es reducida y acotada en sus alcances; solo una parte de estos países las consideran invasoras e implementan acciones de control y erradicación. Por ejemplo, dentro de EUA, todas las especies, excepto *Koelreuteria paniculata*, están consideradas como invasoras que deben controlarse. Se desconoce el grado de invasión en México, aunque todas las especies se han reportado en distintos estados del país. Algunas especies tienen pocos registros oficiales. Las 8 especies no son incluidas en la legislación en el país por lo que su categorización a la fecha no es vinculante con los recursos que las consideran invasoras. Estos árboles han invadido sobre todo ambientes tropicales y boscosos, aunque en algunos casos se presenta también en zonas áridas. Se adaptan bien a ambientes humanizados y degradados. Con la información generada y presentada en este reporte se pudo realizar correctamente un análisis de riesgo para cada una de las especies mencionadas.

Se usaron un total de 870 registros en México de las ocho especies de árboles forestales con potencial invasor para los modelos del análisis de riesgo (*Melia azedarach*, 487; *Paulownia tomentosa*, 8; *Moringa oleifera*, 92; *Spathodea campanulata*, 135; *Melaleuca quinquenervia*, 4; *Azadirachta indica*, 34; *Ligustrum lucidum*, 95; y *Koelreuteria paniculata*, 15), así como un total de 10,327 registros de las cinco especies en su rango nativo, y 19,900 registros en su rango de invasión; se tuvo un total de 30,227 registros de las cinco especies con los que se hicieron los modelos de riesgo de invasión. Con esto se tuvieron modelos robustos. Aunque se recomienda se incrementen los registros en México, de existir, de *Paulownia tomentosa*; *Melaleuca quinquenervia* y *Koelreuteria paniculata*.

Dentro de México, *Melia azedarach* se ha reportado en Aguascalientes, Baja California, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Zacatecas y Yucatán; *Paulownia tomentosa*, en Michoacán, Nayarit, Estado de México, Aguascalientes, Jalisco, Durango y Baja California Sur; *Moringa oleifera* en Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Colima, Guerrero, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa, Sonora, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán; *Spathodea campanulata*, en Campeche, Chiapas, Chihuahua, Ciudad de México, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz, Zacatecas y Yucatán; *Melaleuca quinquinerva* en Aguascalientes, Morelos y Jalisco; *Azadirachta indica* en Baja California Sur, Campeche, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Veracruz y Yucatán; *Ligustrum lucidum* en Aguascalientes, Chiapas, Ciudad de México, Coahuila, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí y Veracruz; y *Koelreuteria paniculata* en Chihuahua, Coahuila, Jalisco, Michoacán y Nuevo León. El uso de estas especies de árboles forestales en México ha sido básicamente como planta ornamental y de sombra, aunque algunas especies son usadas localmente por cuestiones medicinales.

La información recopilada fue suficiente y de buena calidad para realizar el análisis de riesgo WRA (Weed Risk Assessment) para cada una de las 8 especies. De acuerdo a los resultados del puntaje del análisis de riesgo se concluye que *Melia azedarach*, *Paulownia tomentosa*, *Moringa oleifera*, *Spathodea campanulata*, *Melaleuca quinquinerva*, *Azadirachta indica*, *Ligustrum lucidum* y *Koelreuteria paniculata* deben ser rechazadas para su comercio e ingreso a México, debido a los riesgos de volverse especies altamente invasoras, con los consecuentes efectos negativos en los ecosistemas. La modelación para obtener la probabilidad de invasión en México por afinidad climática muestra que hay un riesgo alto de invasión por las 8 especies.

M. azedarach presenta un elevado riesgo de invasión en todo México considerando la similitud climática que hay en el país con las áreas de su distribución nativa, pero sobre

todo con la de invasión. Solo queda prácticamente toda la península de Baja California con un bajo riesgo. No queda ni restringida ni limitada su zona de invasión para todas las especies, para algunos casos considerando la modelación con la distribución nativa o de invasión. *Paulownia tomentosa* denota un elevado riesgo de invasión sobre todo en la Sierra Madre Occidental y en la península de Baja California, en la sierra de Juárez y de San Pedro Mártir, así como en Sierra de la Laguna se predice. *M. oleifera* presenta un elevado riesgo de invasión en la zona más costera de la vertiente de Pacífico y hacia las partes bajas de la Sierra Madre Occidental, desde Nayarit al norte de Sinaloa; así como en la región Este, en Tamaulipas y San Luis Potosí y al norte de Veracruz, incluido el eje Neovolcánico y la península de Yucatán. No queda restringida ni limitada su zona de invasión. *S. campanulata* presenta un elevado riesgo de invasión considerando la similitud climática que hay en México, en particular para Oaxaca y Chiapas, muy poco en Veracruz, así como Tamaulipas, Veracruz y hasta la península de Yucatán. *M. quinquenervia* presenta un elevado riesgo de invasión en pocas y localizadas regiones de México al considerar la similitud climática que hay en México con las áreas de su distribución nativa; pero si se considera la distribución de invasión, el riesgo se eleva en algunas zonas, en la costa del Pacífico, pero sobre todo en la del Golfo de México, hacia Chiapas y una porción de la península de Yucatán y en la parte más sureña de Baja California. en el caso de considerar el clima de la región invadida. *A. indica* presenta un elevado riesgo de invasión considerando la similitud climática que hay en México con las áreas de su distribución nativa, sobre todo en el Norte y Centro de México. Si consideramos la presencia por región invadida actualmente, el riesgo es más bajo, pero se presenta otra vez como elevado para el norte de la península de Baja California y medio para parte de la región Norte y para la región costera Pacífica y del Golfo de México.. *L. lucidum* presenta un mayor riesgo de invasión en la mayor parte de la sierra Madre Occidental y ciertas zonas en la Oriental, bajando hasta Oaxaca, con algunas pequeñas zonas muy localizadas en la península de Baja California presentan un elevado riesgo de invasión. *K. paniculata* presenta un elevado riesgo de invasión en pocas y localizadas regiones de México, sobre todo en Sonora en la Sierra Madre Occidental, y una pequeña zona en Chihuahua, considerando la similitud climática que hay en México con las

áreas de su distribución nativa; si se considera la distribución de invasión, el riesgo se eleva de manera importante en gran parte del país, prácticamente todo el norte y centro de México, siguiendo sin riesgo la península de Yucatán, el sureste casi completo y gran parte de la península de Baja California.

La información del análisis de riesgo que presentamos aquí permitirá ayudar a prevenir el ingreso, de manera comercial o intencional, de árboles forestales de estas 8 especies que pueden volverse especies invasoras, así como que se generen estrategias para su manejo y erradicación donde ya se encontraran en el país.

Introducción

Las invasiones biológicas son una de las mayores amenazas a la biodiversidad a nivel mundial. Representan para los ecosistemas la incorporación exitosa de especies que modifican o generan nuevas interacciones entre los taxa nativos u originales del sistema, y a la vez son parte del proceso de homegeneización de los sistemas biológicos en el mundo. El análisis de los efectos y consecuencias que producen las especies invasoras son difíciles de discernir, pero deben abordarse porque se predice que este problema se volverá peor conforme el cambio global se incrementa (Mooney y Hobbs, 2000).

La globalización del comercio y transporte aceleran el riesgo de introducción de especies potencialmente invasoras, debido a que se les mueve deliberadamente con ciertos propósitos pero también de manera no intencional. Tanto el comercio como el transporte son los dos principales factores de la introducción de especies (Levine y D'Antonio, 2003; Lodge *et al.*, 2006). Los humanos han realizado introducciones de especies para diferentes usos desde hace miles de años, generando el problema de las invasiones biológicas, mismas que han terminado produciendo graves problemas ambientales, económicos e inclusive sociales, incluyendo especies que inicialmente se introdujeron para generar un beneficio a los humanos (Vitousek *et al.*, 1996, 1997; Pimentel *et al.*, 2000; Zavaleta *et al.*, 2001; Simberloff *et al.*, 2013). Se ha estimado que 85% de las especies de plantas leñosas invasoras fueron introducidas intencionalmente en EUA (Reichard y White, 2001).

Las introducciones pueden variar en tiempo para cada especie y región, pero se ha denotado que en tiempos recientes (como se ha comentado debido a la facilidad del transporte y a la globalización del comercio y movimientos), las invasiones se han incrementado. Proviendo las especies invasoras de un diverso grupo de linajes evolutivos (desde microscópicos como los patógenos, o como los gusanos platihelminos, hasta los vertebrados como los burros, cabras y camellos), los impactos y presiones sobre la fauna y flora nativa son distintos y pueden derivar en distintos efectos a diferentes niveles en los ecosistemas (Shine, 2015).

Las especies invasoras tienen efectos e impactos negativos donde son introducidas, desde los ecológicos y funcionales en los ecosistemas, hasta los impactos económicos y en la salud humana. Las especies invasoras tienen efectos negativos sobre la biodiversidad, afectando la presencia, la estructura de las comunidades y las interacciones (Mack *et al.*, 2000; Mooney y Hobbs, 2000; Pyšek y Richardson, 2010; Vilà y Ibañez, 2011). 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 y Mooney, 2009; Shine, 2015). Se ha estimado que los costos globales de las especies invasoras superan los \$1.4 trillones de U.S. dólares, lo que representaba al momento de la estimación, el 5% de la economía global con impactos en todos los sectores, incluyendo los referentes a salud humana y seguridad (Pimentel *et al.*, 2001, 2005). Se requiere definitivamente de políticas internacionales para controlar y reducir los impactos de las especies invasoras en un mundo globalizado (Keller y Perrings, 2011).

En México, se cuenta con pocos estudios que han determinado el potencial invasor de algunas de estas especies invasoras, incluyendo los análisis de riesgo necesarios para apoyar la toma de decisiones respecto a implementación de las acciones preventivas, de control y manejo. Es urgente generar más de estos estudios.

Especies de árboles forestales con potencial invasor en México

Desde hace tiempo algunas especies de árboles se han introducido a nuestro país con diferentes fines, incluyendo forestales, maderables, frutales, ornamentales, medicinales e incluso como barreras rompevientos o para control de la erosión. En el caso de plantas con uso forestal y de ornato, son los humanos quienes los dispersan en áreas amplias para cultivarlos o hacer comercio local. Posteriormente, algunos individuos se liberan o escapan hacia áreas y ecosistemas naturales con lo que posteriormente se puede dar el proceso de invasión. Su potencial invasor depende de diversas características biológicas y ecológicas, pero también de su relevancia económica y social. Este estudio se ha enfocado en

determinar el potencial invasor que tienen en México las especies de árboles forestales *Melia azedarach*, *Paulownia tomentosa*, *Moringa oleifera*, *Spathodea campanulata*, *Melaleuca quinquinerva*, *Azadirachta indica*, *Ligustrum lucidum* y *Koelreuteria paniculata*.

Con el fin de apoyar en la toma de decisiones, se presenta en este documento la información de la revisión detallada de estas especies de plantas exóticas a México.

Conocimiento general de las especies

Todas las especies analizadas pertenecen a la Clase Equisetopsida, subclase Magnoliidae. La filogenia más moderna de estas especies es la siguiente, siguiendo a APG IV (2016) (Figura 1a-e):

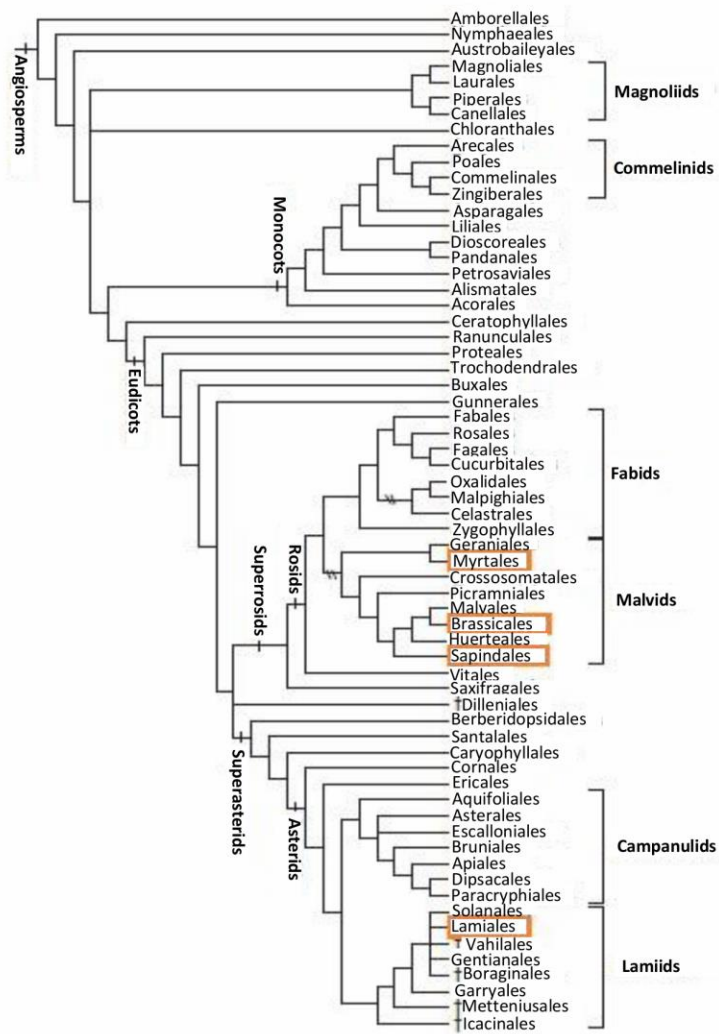


Figura 1a. Filogenia de las Angiospermas de acuerdo con la actualización de 2016. Se resaltan con amarillo los 4 órdenes a los que pertenecen las 8 especies del proyecto. Tomado de APG IV (2016).

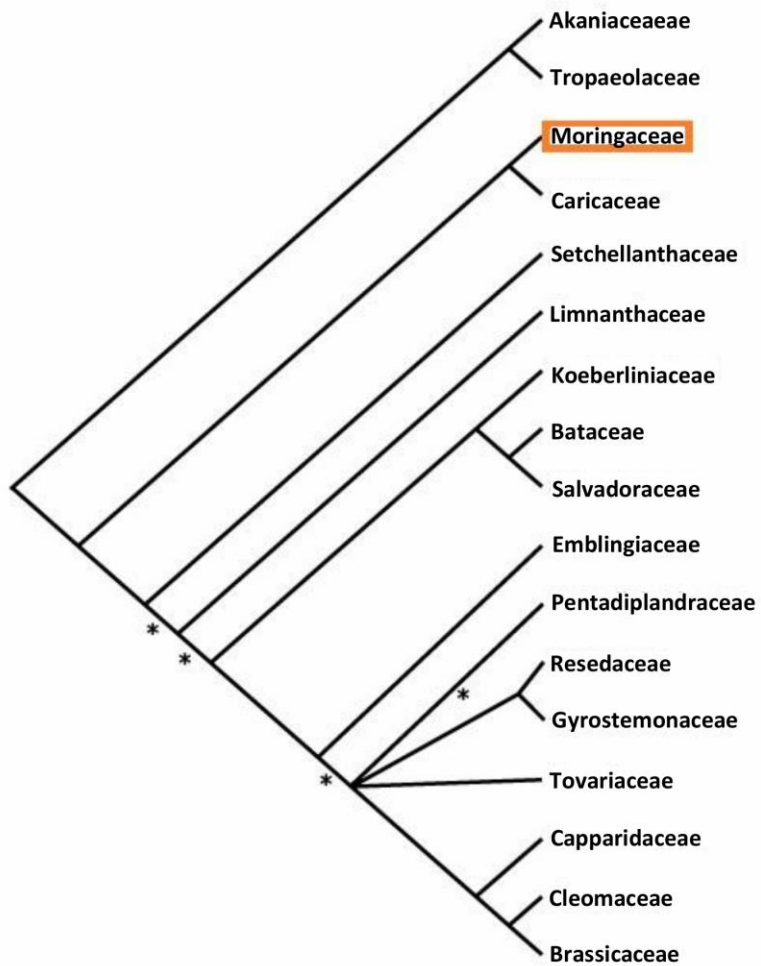


Figura 1b. Relaciones filogenéticas de las familias taxonómicas pertenecientes al Orden Brassicales. Se indica la posición de la Familia Moringaceae . El signo * indica ramas con 50-80% de soporte; el resto de ramas cuenta con >80% de soporte. Fuente: tomado de mobot.org 2019.



Figura 1c. Relaciones filogenéticas de las familias taxonómicas pertenecientes al Orden Lamiales. Se indica la posición de las Familias Oleaceae, Bignoniaceae y Paulowniaceae). Todas las ramas cuentan con > 80% de soporte. Fuente: tomado de mobot.org 2019.

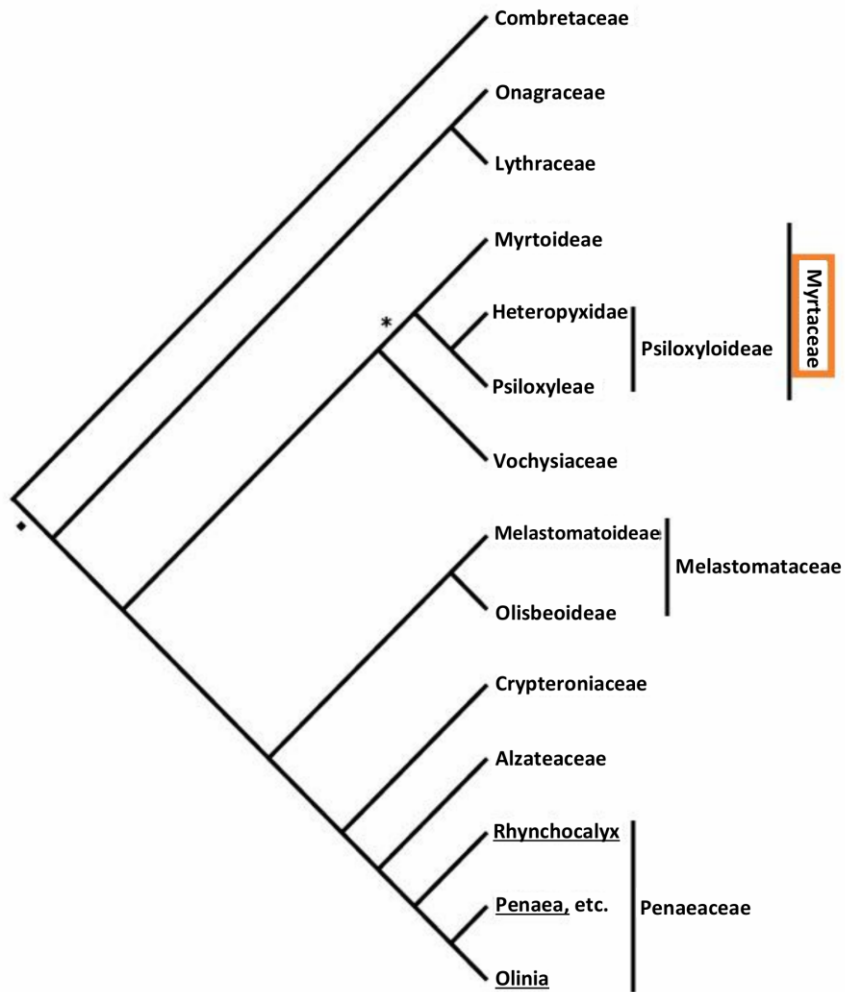


Figura 1d. Relaciones filogenéticas de las familias taxonómicas pertenecientes al Orden Sapindales. Se indica la posición de las Familias Sapindaceae y Meliaceae. El signo (•) indica ramas con 50-80% de soporte; el resto de ramas cuentan con > 80% de soporte. Fuente: tomado de mobot.org 2019.

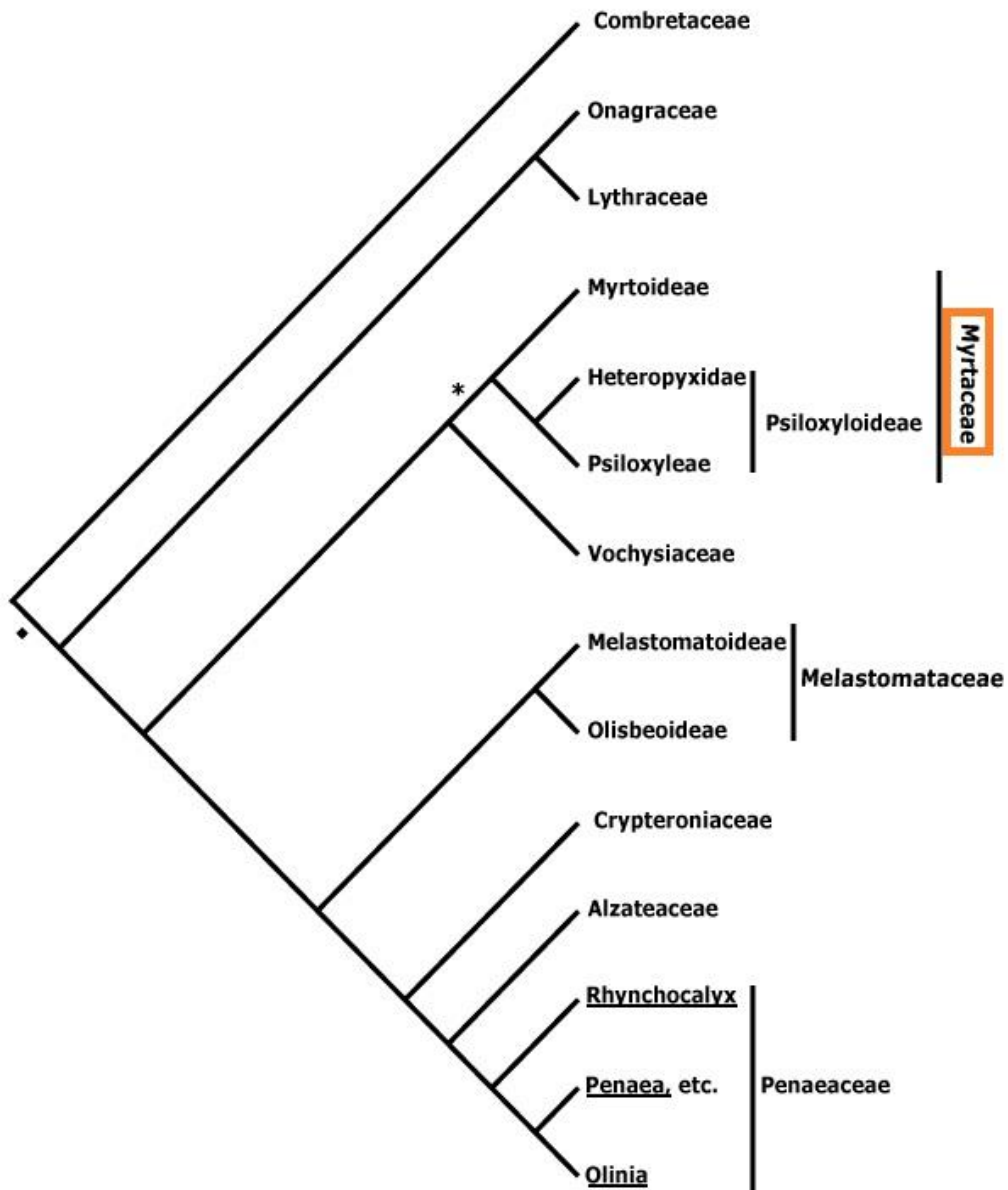


Figura 1e. Relaciones filogenéticas de las familias taxonómicas pertenecientes al Orden Myrtales. Se indica la posición de la Familia Myrtaceae. El signo (*) indica ramas con 50-80% de soporte; el signo (•) indica ramas con < 50% de soporte; el resto de ramas cuentan con > 80% de soporte. Fuente: tomado de mobot.org 2019.

Breve planteamiento del problema

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) y hay variados factores que las favorecen. Estas especies llevadas e introducidas a un sitio distinto fuera de su distribución natural, se vuelven invasoras si las condiciones del ambiente son adecuadas y si un número suficiente de individuos es liberado, con lo que se pueden reproducir y establecer en pequeñas poblaciones extendiendo su rango de distribución (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. Posteriormente, se vuelven naturalizadas e invasoras. No todas las especies introducidas se volverán naturalizadas ni todas las naturalizadas se volverán invasoras.

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.

Una vez introducidas, las especies pueden escapar hacia áreas naturales y dentro de ecosistemas donde no se encontraban anteriormente. Un número importante de estas especies han desarrollado un comportamiento invasor con el consiguiente incremento de la presión a la biodiversidad nativa y a los ecosistemas del país.

Se presenta el análisis de los árboles forestales con potencial invasor *Melia azedarach*, *Paulownia tomentosa*, *Moringa oleifera*, *Spathodea campanulata*, *Melaleuca quinquinerva*, *Azadirachta indica*, *Ligustrum lucidum* y *Koelreuteria paniculata*. Estos árboles deben ser controlados y erradicados porque en zonas infestadas, según un resumen breve de lo encontrado en la literatura, han modificado el régimen de incidencia de fuegos, consumen una elevada cantidad de agua, incrementan la salinidad del suelo volviéndolo poco apto para otras especies, tienen efectos alelopáticos, reducen la biodiversidad de los sitios, causan alteraciones en los flujos de corrientes de agua o arroyos, pueden ser hospederos

de plagas que afectan cultivos económicamente importantes, pueden tener efectos negativos severos en la salud de la gente y animales de crianza, entre otros (Wade *et al.*, 1980; CIRAD, 1988; Laroche, 1999; Center *et al.*, 2000; McGregor, 2000; Méndez *et al.*, 2002; Darwin Initiative, 2003; Coombs, 2004; TIPPC, 2004; Allan y Adkins, 2005; Dos Santos y Kiwango, 2010; Dihel, 2014; Csurhes, 2016; Richard y Brown, 2017). Asimismo, dos de estas especies, *Spathodea campanulata* y *Melaleuca quinquenervia*, se encuentran entre las 100 especies invasoras más dañinas del mundo (Lowe *et al.*, 2004) por lo que deben erradicarse e impedir su expansión en México.

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 y Meyerson, 2002). En diversos proyectos 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. En conclusión, 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 es mucho mejor que 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, se tenga un programa de prevención para la entrada o importación de especies que se pueden volver invasoras a un país. No obstante, si la prevención falla para detener la llegada de especies exóticas invasoras a un ecosistema, se debe tener un programa para lograr una detección temprana y una respuesta rápida para erradicar a esos individuos o población con el fin de que se minimicen los daños a un ecosistema (Wittenberg y Cock, 2001). También se debe tener un programa de restauración ecológica de requerirse.

Nótese en la siguiente figura los tiempos en que es conveniente y posible realizar la erradicación de la especie, los cuales son muy cortos (Fig. 2). Por ello, es muy importante la identificación temprana y una respuesta rápida eliminando a la planta. Y es crítico para ello tener los métodos adecuados, ubicadas los requerimientos legales y los recursos económicos para actuar de la manera más rápida posible.

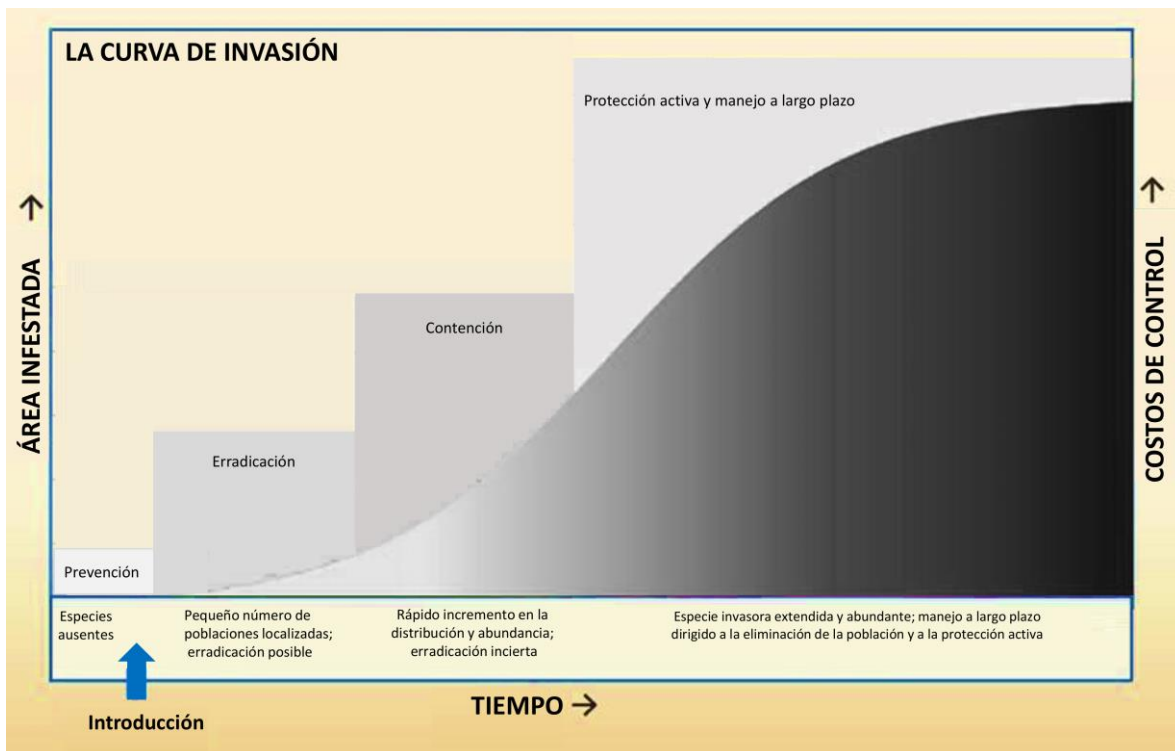


Figura 2. Fases de la curva de invasión Fuente: modificado de Ad Hoc Working Group on Invasive Species and Climate Change 2014.

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, temporalmente.

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 forestales exóticas a México, *Melia azedarach*, *Paulownia tomentosa*, *Moringa oleifera*, *Spathodea campanulata*, *Melaleuca quinquinerva*, *Azadirachta indica*, *Ligustrum lucidum* y *Koelreuteria paniculata*, 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 8 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. 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.

Ámbito del Análisis de riesgo, contexto de la invasión

Contexto de la invasión

Existe poco conocimiento sobre las especies de árboles con potencial invasor en México. Los árboles de *Melia azedarach*, *Paulownia tomentosa*, *Moringa oleífera*, *Spathodea campanulata*, *Melaleuca quinquinervia*, *Azadirachta indica*, *Ligustrum lucidum* y *Koelreuteria paniculata*, se usan en el país con fines similares; en general, son apreciados por la gente como plantas de ornato y por la madera para la construcción de viviendas y muebles. Los usos han promovido un comercio y movimiento fuerte, algunos todavía a la fecha.

Aunque se han registrado los efectos que tienen sobre la biodiversidad, con lo que se pueden afectar servicios ambientales que brindan al humano, algunas especies tienen un uso muy fuerte por la gente. Asimismo, es importante señalar que en la actualidad en algunos sitios de algunos países se han iniciado programas para el control y erradicación de algunas de las especies que se analizan en este reporte, con los consecuentes costos. Cualquier programa de control tendrá que considerar la solución de conflictos potenciales con la percepción de la gente así como los costos de realizarlo.

Con respecto al análisis de riesgo, éste se basa en el WRA (Weed Risk Assessment) que fue probado en Australia primero y ha sido utilizado y validado en otros países (Pheloung, 1995; Pheloung *et al.*, 1999); con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.*, 2010 (de acuerdo al Anexo 2 de la convocatoria). El análisis tiene el objetivo de determinar los riesgos de invasión de una especie, con el fin de recomendar se rechace o no su ingreso a un país. 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. Entre la información que se incluye para cada especie con el fin de que el análisis de riesgo sea más robusto, se encuentran aspectos básicos de la biología de la especie (p. ej. tipo de reproducción, producción, mortalidad, germinación) y de su ecología (formas de dispersión, colonización; potencial de

establecimiento), así como su origen y taxonomía; también su distribución tanto en la parte nativa como donde ha invadido; incluimos información sobre su situación en las legislaciones tanto de México como en el mundo. Se consideran las rutas de introducción, los usos y comercialización, los impactos ambientales y a la biodiversidad, a la salud, a las actividades productivas y los económicos. Finalmente, se presenta la información de lo que se conoce sobre su control y mitigación y las formas de manejo.

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. 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 árbol forestal, 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 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.

En 2010 se publica la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México, en donde se establecen los objetivos y acciones estratégicas que son necesarios para atender el tema en nuestro país (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010). En el mismo año se modifican la Ley General de Vida Silvestre y La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente para incluir el término “especie exótica invasora” y determinar las acciones legales que se deben de llevar a cabo en México en relación a este problema (LGVS, 2018; LGEEPA, 2018). Añadido a estas modificaciones el 6 de diciembre de 2016 se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2016) la lista oficial de especies invasoras para

México.

La CONABIO ha identificado la necesidad de desarrollar Análisis de riesgo detallados enfocados a aquellas especies que son de alto riesgo, pero que también representan un beneficio económico o comercial; de tal manera que estos análisis e información permita a las autoridades tomar las mejores decisiones de manejo.

Consideraciones sobre el control y mitigación

Se han desarrollado protocolos para el control, eliminación y erradicación de especies exóticas invasoras en algunos países. Estos protocolos son aplicables en términos generales, pero es necesario tener en cuenta las particularidades de cada una de las especies a tratar (como aspectos de su biología, del hábitat donde se pretende hacer el control). Dependiendo de la edad del árbol, de su estructura, ubicación, densidad y sus hábitos de crecimiento se podría determinar el control que fuera más eficiente. Para lograr la erradicación, o sea eliminarlas a largo plazo, se sugiere integrar o combinar al menos dos métodos de control (Gouldthorpe, 2008).

Al llevar a cabo un control de especies invasoras, consideradas malezas, se deben considerar ciertos aspectos como:

- 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.

Los seis pasos fundamentales que sugiere el manual para control compilado en Australia (Gouldthorpe, 2008) se presentan a continuación.

1. *Definir la maleza, las áreas problemáticas y las prioridades*
2. *Determinar las opciones de control*
3. *Desarrollar un plan financiero*
4. *Llevar a cabo el control de la especie objetivo*

5. *Monitorear el progreso*
6. *Hacer un seguimiento desde el inicio, anual*

Aunque el procedimiento no fue hecho para cada una de las especies tratadas en este informe, se recomienda seguir los seis pasos fundamentales que sugiere el manual para control de otro árbol invasor (*Tamarix*) compilado en Australia (Gouldthorpe, 2008).

Existen diferentes tipos de control que se han usado en la eliminación, se debe elegir el más efectivo y conveniente para la especie que se vaya a controlar; se pueden usar dos o más métodos. Los métodos de control son:

Control manual: se limita al control con herramientas de mano.

Control mecánico: para el control mecánico se puede usar maquinaria pesada, tractores y retroexcavadoras.

Control mecánico mediante la trituración agregando herbicida

Control mecánico mediante el corte de tallos y agregando herbicida

Control biológico: se busca el control biológico comercial más exitoso

Control químico: se determina la eficacia y la idoneidad de varios herbicidas y las técnicas de aplicación.

Control de quema: Los escombros cortados se apilan en los tocones y entonces se queman.

El monitoreo, la prevención, la detección temprana y la erradicación local es el enfoque más eficaz para el control de una especie invasora que es complicada de erradicar. 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 recomienda seguir los siguientes pasos para su control y erradicación en caso de necesitarse (Gouldthorpe, 2008). 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 8 especies que se analizan en este reporte. 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 la especie.

1. Definir la maleza, las áreas problemáticas y las prioridades: Se mapea el área infestada, utilizando toda cartografía y mapas actuales e históricos (de existir). Posteriormente, se identifica el tipo de vegetación donde ocurre la infestación y se categoriza, por ejemplo en: 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 la especie (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 la 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 la especie.

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 la especie objetivo 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. Preparar un cronograma para el control de *A. indica* 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 sitios 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.

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.

A continuación se presenta la información para cada una de las especies de interés en este reporte con el conocimiento de las 8 especies forestales con potencial invasor en México.

Melia azedarach

1. Introducción

Melia azedarach es originaria desde Japón y sur de China, a través de la India, (Australia Occidental y Territorio del Norte), e Indonesia, y abarcando Australia, Papúa Nueva Guinea y varias islas. Es una planta arbórea que mide en promedio entre 6 a 15 m, pero con algunas variedades de bosque lluvioso que alcanzan los 30 a 45 m de altura y hasta 1.80 m de diámetro del tronco. Tiene tolerancias climáticas relativamente amplias, puede crecer en diversas condiciones climáticas y de altitud, en zonas subtropicales, templadas y puede crecer en zonas áridas en condiciones extremas. Se ha naturalizado ampliamente en 139 países incluyendo islas después de ser transportada por comercio, sobre todo por usos ornamentales y de sombra, forestales, artesanales, y para producción de insecticidas naturales. Tiene fuertes capacidades invasivas, se considera un árbol invasor. Se ha introducido y establecido en México, donde se tienen registros en 28 estados. A *M. azedarach* se le considera una maleza invasora, y maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos. Es una planta que puede escapar de cultivos y que puede ser tóxica para animales y humanos; es una planta dañina que la gente debe controlar.

1.1 Taxonomía

***Melia azedarach* L.**

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Orden: Sapindales Juss. ex Bercht. & J. Presl

Familia: Meliaceae Juss.

Género: *Melia* L.

Especie: *Melia azedarach* L.

1.1.1 Sinónimos:

Azedara speciosa Raf.

Azedarach commelinii Medik.

Azedarach deleteria Medik.

Azedarach fraxinifolia K Moench

Azedarach odoratum Noronha

Azedarach sempervirens Kuntze

Azedarach sempervirens var. *glabrior* (C. DC.) Kuntze

Azedarach sempervirens f. *incisodentata* Kuntze

Azedarach sempervirens f. *longifoliola* Kuntze

Azedarach sempervirens f. *subdentata* Kuntze

Melia angustifolia Schumach. & Thonn.

Melia azedarach var. *glabrior* C. DC.

Melia azedarach var. *intermedia* (Makino) Makino

Melia azedarach var. *subtripinnata* Miq.

Melia azedarach var. *toosendan* (Siebold & Zucc.) Makino

Melia birmanica Kurz

Melia cochichinensis M. Roem.

Melia dubia Cav.

Melia japonica G. Don

Melia japonica var. *semperflorens* Makino

Melia orientalis M.Roem

Melia sambucina Blume

Melia toosendan Siebold & Zucc.

1.1.2 Nombres comunes

Español: Canela, canelo, canelón, paraíso, piocha (Calderón & Germán, 1993; Estrada *et al.*, 2017).

Inglés: Chinaberry tree (Nathan *et al.*, 2006).

1.2 Descripción

Melia azedarach es un árbol caducifolio en su rango nativo; en Bolivia donde se introdujo, se ha reportado parcialmente caducifolio (Nathan *et al.*, 2006; Fernández *et al.*, 2016). Crece hasta una altura de 6 a 12 m, con algunas variedades de bosque lluvioso que alcanzan los 30 a 45 m; en el valle Lau Alas, Indonesia (rango nativo) se han registrado árboles de 40 m de altura y de 60 a 180 cm de diámetro del tronco. En su rango de invasión, en EUA llega a medir en promedio 15 m de altura, pero en general miden en promedio 9 m de alto y 60 cm de diámetro. En Cuba alcanza 15 m de altura y hasta 1 m de diámetro. En Bolivia pueden alcanzar hasta 12 m de alto. En México los árboles miden hasta 18 m, con promedio de 10 m de alto y el tronco hasta de 40 cm de diámetro (Roig, 1945; Mabberley, 1984; Calderón y Germán, 1993; Hare, 1998; Abdulla, 2005a; Lehman *et al.*, 2009; Fernández *et al.*, 2016; Richard y Brown, 2017; CISEH, 2018; UF y IFAS, 2018). Las alturas máximas de los árboles tanto en rango nativo como de invasión dependen de las condiciones locales.

En su rango nativo la corteza es grisácea, lisa, lenticelada, ligeramente fisurada o escamada con la edad, de corteza interna amarillenta, albura blanquecina, blanda, duramen de color marrón oxidado, con extremidades dispersas, pero poco ramificadas, ramas vueltas hacia arriba en los extremos de las ramas caídas (Mabberley, 1984). En EUA, las ramas son gruesas

con corteza purpúrea, salpicadas de lenticelas de color pálido (poros o zonas esponjosas) (Richard y Brown, 2017). En Cuba, la corteza cambia a pardo-rojiza, resquebrajada en árboles viejos, con ramas extendidas (Roig, 1945). En Bolivia se ha descrito la corteza color castaño, un poco fibrosa, ramas extendidas y más o menos verdosas, que por su disposición semejan un quitasol o paraguas (Fernández *et al.*, 2016).

En su rango nativo, es de hoja ancha (Hasegawa *et al.*, 2010). Las hojas son de color verde oscuro y relativamente grandes, dispuestas de forma alterna, bipinnadas, de 15-80 cm de largo, con 3 a 7 pares de raquis laterales, cada uno con 3 a 7 foliolos, los foliolos son lanceolados, serrados o lobulados, de 2.5 a 7 cm de largo, y de 1 a 4 cm de ancho, peciolo de 8-30 cm y 6-8 mm de diámetro (Mabberley, 1984; Hare, 1998). En EUA, las hojas miden dentro del rango (30-60 cm de longitud), son alternas, bipinnadas, 2 a 3 veces compuestas (pinnado o imparipinado), de peciolo largo; los foliolos generalmente glabros, márgenes serrados, bases de la hoja a menudo oblicuas, miden entre 2.5 a 7.5 cms de largo (similares al nativo), verde oscuro en la parte superior, a menudo con pubescencia escasa a lo largo de las venas; verde más claro en la parte inferior, y se vuelven de color amarillo dorado en el otoño. Los foliolos son de olor penetrante cuando se trituran (Randall y Marinelli, 1996; Lehman *et al.*, 2009; Richard y Brown, 2017; CISEH, 2018; UF y IFAS, 2018). En Cuba, las hojas son lampiñas o casi lampiñas, también de 2 a 8 cm de largo, caducas; folíolos numerosos, peciolulados o estrechos en la base, de 3 a 7 cm de largo, agudamente aserrados y a veces lobados (Roig, 1945). En Bolivia, las hojas son opuestas, compuestas, con número impar de foliolos y con peciolo largo; los foliolos son ovales, acuminados, de color verde oscuro por el haz y más claro en el envés, con el margen aserrado; amarillean y caen a comienzos del mes de junio (Fernández *et al.*, 2016). En México, las hojas por lo general son bipinnadas, de 20 a 50 cm de largo (dentro del rango) incluyendo el peciolo y unos 15 a 25 cm de ancho, terminando en un solo foliolo, foliolos numerosos, cortamente peciolulados, ovados a lanceolados, de 3 a 8 cm de largo y 2 a 3 cm de ancho (dentro del rango), ápice agudo a largamente acuminado, base cuneada a subcordada, a veces asimétrica, borde crenado a aserrado, a veces lobado; panículas axilares, laxas, de 10 a 20 cm de largo, pedicelos finos, hasta de 1.5 mm de largo (Calderón y Germán, 1993).

Sus flores son perfumadas tanto en su rango nativo como de invasión. En su rango nativo, las flores son púrpuras, miden aproximadamente 2.5 cm de ancho y están compuestas de cinco a seis pétalos, brácteas de 3-10 mm de largo, filiforme, pubescente. Bracteolas similares, pero más pequeñas; pedicelos 2-3 mm de largo. Cáliz de 2 mm de diámetro; lóbulos de 2 mm de largo, ovado, estrellado y con pelos simples sin margen ciliado. Pétalos de 6-10 x 2 mm, estrechamente oblongos, blancos a lilas. Anteras de 1.5 mm de largo, apiculado ± peluda, insertada en lóbulos opuestos. Pistilo glabro (Mabberley, 1984; Hare, 1998). En EUA en primavera, las axilas de las hojas producen flores largas y fragantes de color lila o lavanda; en verano, tiene atractivas flores azules de 8 pulgadas, con 5 pétalos de 1 cm de largo aproximadamente, tallos de estambres unidos en tubo morado oscuro (Randall y Marinelli, 1996; Lehman *et al.*, 2009; Richard y Brown, 2017; CISEH, 2018; UF y IFAS, 2018). En Cuba las flores son numerosas vistosas, en grandes panículas axilares, pedunculadas, de 2 a 3 dm de largo; pedicelos delgados, de 4 a 10 mm de largo. Cáliz 5-6 partido, los lóbulos imbricados, agudos, como de 2 mm de largo. Pétalos en igual número que los lóbulos del cáliz, extendidos, purpúreos, oblongos, obtusos, como de 10 mm de largo. Tubo estaminal casi cilíndrico, dilatado y hendido en la parte alta. Portando 10 o 12 anteras erectas. Disco anular. Ovarios 3-6 locular; óvulos 2 en cada cavidad; estilo delgado; estigma 2-6 lobado o acabezuelado (Roig, 1945). En Bolivia las flores son pequeñas y de color púrpura que surgen en panículas terminales (Fernández *et al.*, 2016). En México, las flores tienen sépalos ovados a lanceolados, de unos 2 mm de largo, pubescentes; pétalos blanquecinos o rosados a color violeta, oblanceolados, de 8 a 10 mm de largo, a veces finamente pubescentes sobre su superficie exterior; estambres 10, tubo estaminal morado, de 6 a 8 mm de largo, 10 a 12-acostillado, terminando en otros tantos apéndices alargados, a su vez hendidos o fimbriados (Calderón y Germán, 1993).

En su rango nativo los frutos son una drupa con forma de ciruela, de aproximadamente de 2 a 4 cm de largo y 1.5 a 2 cm de diámetro, inicialmente verdes, lisos y redondos a ovoides, adquiriendo un color amarillo pálido y amarillo pardo cuando madura, endocarpio muy duro (Mabberley, 1984; Hare, 1998). En EUA, el fruto es una drupa redonda de amarillo a amarillo verdoso, finamente carnosa, sub-globosa, se forman y pueden persistir después de la caída

de las hojas en el otoño. Los frutos son mucilaginosos y pegajosos (Richard y Brown, 2017; CISEH, 2018; UF y IFAS, 2018). En Cuba, el fruto es una drupa amarilla, globosa, lisa, de 1.5 a 2 cm de diámetro; 1-5 ocular (Roig, 1945). En Bolivia, los frutos son tipo drupa globosa, de color amarillo pálido o verde claro, que se oscurece según avanza la madurez (Fernández *et al.*, 2016).

En su rango nativo la semilla es de 3.5 x 1.6 mm, oblongo, liso, marrón (Mabberley, 1984). En EUA la semilla es parecida al mármol, el fruto solo tiene una semilla (Richard y Brown, 2017; UF y IFAS, 2018).

1.3 Biología e historia natural

1.3.1 Biología

M. azedarach se puede reproducir tanto sexualmente (semillas) como asexualmente (esquejes, raíces). Su propagación es relativamente fácil tanto por semillas (que tienen una alta germinación) como por esquejes (Ayensu, 1983; Calderón y Germán, 1993; Alvarado *et al.*, 2013). Se ha observado que se reproduce vegetativamente al cortar el árbol, produciendo retoños que forman un denso grupo de vegetación (UF y IFAS, 2018). En EUA se reproduce principalmente en el sitio a partir de brotes de raíz, y en distancias más largas a través de semillas dispersadas por aves (TIPPC, 2004).

En su rango nativo, *M. azedarach* tiene un rápido crecimiento (Hasegawa *et al.*, 2010), al igual que en su rango invasivo pero donde es de vida corta (Calderón y Germán, 1993). Es un árbol de crecimiento muy rápido que alcanza los 5.5-7.3 m de altura en 4-5 años (TIPPC, 2004). Reproductivamente madura para producir flores teniendo menor altura, como la de un arbusto (2-3 m) (TIPPC, 2004). Es decir, inicia la reproducción a una edad temprana.

En la siguiente tabla se pueden ver los tiempos en que *M. azedarach* florece y produce frutos en su rango nativo y de invasión, donde existe información publicada. Asimismo, se

presenta la producción de semillas. Tiene una producción de semillas muy grande, es muy prolífico (Randall y Marinelli, 1996), pero su producción parece ser mayor en su rango de invasión.

<i>Melia azedarach</i>	Rango nativo	Rango de invasión
Biología	En el hemisferio norte florece de marzo a mayo. Algunos árboles forman flores durante todo el verano e incluso durante todo el año (Orwa <i>et al.</i> , 2009a).	<p>En su rango de invasión se le registra en flor y en fruto durante la mayor parte del año (Calderón y Germán, 1993). Puede florecer al inicio de la primavera en el mes de septiembre y los frutos persisten en el árbol la mayor parte del año (Fernández <i>et al.</i>, 2016).</p> <p>En Cuba, la floración y fructificación se mantienen durante casi todo el año, con excepción de cortos períodos (20-30 días) entre junio y septiembre (Fuentes <i>et al.</i>, 2001).</p> <p>En EUA, las flores aparecen en primavera, y frutos en verano, los cuales permanecen en el árbol después de la caída de las hojas (TIPPC, 2004).</p>
	Aunque no hay mucha información sobre el número de semillas producidas por árbol o por kilogramo para su rango nativo, se ha encontrado que en el hemisferio norte puede	En su rango invasivo se han contado de 1,400-2,500 frutos por kg. Cada fruto contiene de 1-5 semillas. En un kilo

	<p>producir entre 470-2,800 semillas/kg (Orwa et al., 2009a).</p>	<p>de frutos puede haber por tanto de 4,000-13,000 semillas (Ayensu, 1983).</p> <p>En Sudáfrica, árboles de tamaño medio producen 8,000 frutos por árbol (Voigt <i>et al.</i>, 2011). Lo anterior da un promedio de alrededor de 35,000-70,000 semillas por árbol. Se han contabilizado en Australia alrededor de 3,500 frutas/kg (secadas al aire) y 4,000–10,000 semillas/kg (Doran, 1997). Lo anterior da un total aproximado de 35,000 plántulas por árbol.</p> <p>En Centroamérica el número de frutos por kilogramo es de 1,400-2,500, y un kilogramo contiene de 4,000 a 13,000 semillas (CATIE, 1986).</p>
--	---	--

Los frutos maduran después de 60 días de iniciada la floración (Fuentes *et al.*, 2001). Tiene una prolífica producción de frutos que maduran y caen al suelo en un corto periodo de tiempo, las semillas germinan espontáneamente en diversos períodos del año (Hare, 1998; Fuentes *et al.*, 2001) (ver Figs. 3-8).

El árbol paraíso tiene una producción de semillas muy grande, es muy prolífico (Randall y Marinelli, 1996). En el hemisferio Norte se da una reducción en la producción de semillas con respecto a las zonas tropicales (Orwa *et al.*, 2009a).

La viabilidad de las semillas se mantiene mejor en almacenamiento en frío (Doran, 1997). Pueden permanecer latentes en el suelo durante varios meses o años (UF y IFAS, 2018). En su rango invasivo las semillas de *M. azedarach* retienen la viabilidad por un año o por varios años si se mantienen en un lugar fresco y cerrado (Ayensu, 1983). En el hemisferio Norte la viabilidad se mantiene durante 1-3 años en almacenamiento hermético a temperatura ambiente con 11-15% de contenido de humedad (Orwa *et al.*, 2009a). Es decir, forman un banco de semillas viable en el corto plazo, después de 1 año.

En su rango nativo la germinación promedio es de 65% (Ayensu, 1983). En Australia dentro de su rango nativo, cada fruto de *M. azedarach* var. *australasica* puede producir hasta cinco plántulas, lo que indica un elevado porcentaje de germinación si se considera que cada fruto puede contener hasta 5 semillas (Doran, 1997). En su rango de invasión, se ha encontrado un porcentaje de germinación más bajo. Por ejemplo, en Tlapacoyan, Veracruz, México se llevó a cabo un experimento para evaluar el porcentaje de germinación por inmersión en ácido H₂SO₄; la muestra testigo, que no se sometió a ningún tratamiento, tuvo el mayor porcentaje de germinación, de 46.5% en 30.4 días; en semillas sumergidas 30 minutos en ácido, germinó 45.1% en 27.33 días; en semillas sumergidas 60 minutos en ácido, germinó el 37.5% en 26.92 días; en semillas sumergidas 90 minutos en ácido, germinó el 42.9% en 25.32 días; y en semillas sumergidas 120 minutos en ácido, germinó el 42.6% en 23.06 días (Jarrillo *et al.*, 2013).

Los constituyentes químicos de las semillas de *M. azedarach* incluyen β -Sitosterol, vainillina, ácido benzoico, ácido vanílico, daucosterol, β -D-glucopiranososa, glucósido liminoide 6, 11-diacetoxi-7-oxo-14 beta-epoxymeliacin (1,5,-dieno-3-o-beta-D-glucopyranoside) y melianol, meliacina, meliacarpina, vainilla de meliartenin, hidroxil-3, metoxicinamaldehído y (+ -) pinoresinol. La corteza del tallo contiene limonoides como 7 α -Acetoxi-14 β , 15 β -epoxygedunan- 1 ene3- o β -D-glucopiranosido (Begam y Manimekalai, 2014).

En la corteza de paraíso existen los alcaloides azaradina y margosina. Los frutos poseen triterpenos como melianona, melianol y melantriol; contienen además compuestos amargos tales como bakayanina. Están presentes también algunas saponinas (Zeinsteger y Gurni, 2004).

Nanjing Jiukang Biological Development Co., Ltd. cultivó por primera vez el híbrido *Azadirachta indica* x *Melia azedarach*, mediante tecnología de hibridación somática. Este híbrido se ha plantado en Nanjing, China, y ha producido semillas viables. Este nuevo híbrido presenta altas concentraciones de sustancias insecticidas activas en las semillas y podría crecer en regiones con temperatura anual de 15°C (Cheng *et al.*, 2014).

1.3.2 Ecología

En su rango nativo, *M. azedarach* ocurre en bosques estacionales, que incluyen matorrales de bambú y bosques de *Tamarindus*; también se le puede encontrar en la sabana de eucalipto (Mabberley, 1984; Orwa *et al.*, 2009a). En parte de su rango invasivo, tiene el potencial de crecer en matorrales densos (CISEH, 2018) y en matorrales xerófilos; y ocasionalmente se le registra escapado y colonizando zonas de vegetación secundaria derivada del bosque tropical subcaducifolio (Calderón y Germán, 1993). En el Parque Nacional El Palmar, Argentina, aparece frecuentemente más en los estratos arbustivos, intermedio o herbáceo que en los estratos arbóreos (Batista *et al.*, 2014). En la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México se ha encontrado en matorral xerófilo y zonas cultivadas (Villavicencio *et al.*, 2015).

El árbol crece en una amplia gama de suelos, pero el mejor crecimiento se obtiene en margas arenosas, bien drenadas y profundas (Ayensu, 1983). Tolerancia la salinidad, un alto nivel de alcalinidad, pero no tolera el encharcamiento, en aquellas zonas donde el agua permanezca estancada por días (Valarezo *et al.*, 2008). En Australia rango nativo, *M. azedarach* var. *australasica* se encuentra comúnmente a lo largo de las orillas de los arroyos, en los valles y en las laderas más bajas de las líneas costeras. Los suelos son principalmente tierras rojas ácidas y neutras, tierras friables (krasnozems), y suelos limosos poco profundos (Doran *et al.*, 1997). En su rango de invasión, ocurre en distintos climas y tipos de suelo, pero donde hay agua disponible y en suelos bien drenados es mejor. Tiene un buen desempeño en suelos húmedos a lo largo de los ríos o en las zonas de riego en climas secos del Medio Oriente (Ayensu, 1983). En Arroyo Segovia, Argentina, es una

especie invasora en el curso de agua (Quintana *et al.*, 2005). En América Central, crece bien en un rango amplio de suelos, pero su mejor crecimiento se obtiene en suelos franco-arenosos profundos; en suelos bien drenados desarrolla un sistema radicular superficial y amplio, aunque en suelos de textura liviana tiene raíces profundas; se desarrolla bien en suelos pobres y degradados, ya que por la profundidad de sus raíces para la extracción de nutrientes y humedad no requiere que éstos se encuentren en la superficie (Valarezo *et al.*, 2008). Se adapta bien a suelos con presencia de piedras en la superficie (CATIE, 1986). En el hemisferio Norte crece en suelos franco-arenosos, profundos y fértiles (Orwa *et al.*, 2009a). En Transvaal, Sudáfrica, ha invadido los cursos de agua, el monte y el bosque siempreverde (Henderson y Musil, 1984).

En su rango de invasión ocupa las áreas perturbadas y se encuentra comúnmente a lo largo de caminos y bordes de bosques (CISEH, 2018). Se ha reportado que en Transvaal, Sudáfrica, *M. azedarach* se ha convertido en una maleza en la carretera (Henderson y Musil, 1984).

Es resistente a la sequía y tolera periodos de sequía de 6 a 9 meses (Valarezo *et al.*, 2008). Su tolerancia a variabilidad ambiental se denota, por ejemplo, en que los cultivares más resistentes a las heladas se pueden plantar al aire libre en áreas protegidas en las Islas Británicas (área de invasión) (Orwa *et al.*, 2009a).

Por otro lado, invade áreas abiertas o perturbadas, después de una quema o incendio. Se piensa que el paraíso puede ser susceptible de incendio, pero se debe hacer más investigación para validar esta afirmación (UF y IFAS, 2018).

En su rango nativo, el paraíso o canelo crece en las regiones cálidas en el suroeste de Japón y China, y en el sur de la península Coreana (Hasegawa *et al.*, 2010). Crece en una zona climática subtropical, es altamente adaptable y tolera una amplia gama de condiciones (Orwa *et al.*, 2009a). Su hábitat nativo está entre los 50 y 100 msnm. Es una especie de zonas cálidas, con ciertas preferencias a zonas semiáridas y semihúmedas. En la tabla siguiente se hace una comparación de las condiciones ambientales en rango nativo y de invasión.

<i>Melia azedarach</i>	Rango nativo	Rango de invasión
Ecología	Altitud: Se encuentra entre los 0 y 2,000 msnm (Ayensu, 1983; CATIE, 1986; Valarezo <i>et al.</i> , 2008).	<p>Crece entre 300-1,100 msnm (Calderón y Germán, 1993; Orwa <i>et al.</i>, 2009a).</p> <p>En México, se cultiva en zonas con altitudes hasta los 800 msnm (Valarezo <i>et al.</i>, 2008).</p> <p>En América Central crece en sitios entre 0 y 1,000 msnm (CATIE, 1986).</p>
	Las temperaturas óptimas ocurren entre los 23-27°C, pero soporta temperaturas entre 4° y 44°C; es sensible a las heladas (Ayensu, 1983; Valarezo <i>et al.</i> , 2008).	<p>En México, se cultiva en zonas con temperaturas de 24 a 26°C (Valarezo <i>et al.</i>, 2008).</p> <p>En Centroamérica crece en sitios con temperaturas mensuales medias no menores a 18°C (CATIE, 1986).</p> <p>En el hemisferio norte crece en zonas con temperatura media anual de 23-27°C (Orwa <i>et al.</i>, 2009a).</p> <p>En Argentina crece en zonas (El Parque Nacional El Palmar) con temperatura media anual de 19°C (Batista <i>et al.</i>, 2014).</p>

	<p>Crece en áreas con una precipitación anual de entre 130 a 1,000 mm (Ayensu, 1983; Valarezo <i>et al.</i>, 2008).</p>	<p>En el hemisferio Norte crece en zonas con precipitación media anual de 350-2,000 mm (Orwa <i>et al.</i>, 2009a).</p> <p>En México, se cultiva en zonas secas, subáridas y subhúmedas, con precipitaciones entre 400 y 1,200 mm (Valarezo <i>et al.</i>, 2008).</p> <p>En Centroamérica crece en áreas con 600 a 1,000 mm anuales de precipitación anual (CATIE, 1986).</p> <p>En el Parque Nacional El Palmar, Argentina, está con precipitación media anual de 1,346 mm (Batista <i>et al.</i>, 2014).</p>
--	---	--

Es importante mencionar que las plantas juveniles tienen la capacidad de aclimatarse a las condiciones de estrés hídrico sin disminuir su crecimiento, pues aumenta su capacidad antioxidante (Dias *et al.*, 2014).

En Centroamérica la especie crece en climas tropicales, subtropicales y templados; resiste bien la sequía; por ejemplo, en Guatemala y El Salvador crece en zonas con ocho meses de déficit hídrico (CATIE, 1986). El paraíso crece en Argentina, en distintos climas, como en clima templado-cálido, lluvioso (Batista *et al.*, 2014). En Argentina, a través de un modelo que fue visualizado en un mapa de aptitud, el clima húmedo o subhúmedo, clima subhúmedo-seco es apto para el cultivo de *M. azedarach*, mientras que el área no apta posee clima semiárido a árido (Falasca *et al.*, 2015).

En México, *M. azedarach* se cultiva en zonas secas, subáridas y subhúmedas, teniendo una producción de semillas sólo hasta los 500 msnm; arriba de esta altitud únicamente se le ha observado con crecimiento vegetativo (Valarezo *et al.*, 2008).

Las aves consumen los frutos y por tanto diseminan de forma efectiva las semillas de *M. azedarach* (CISEH, 2018; UF y IFAS, 2018). En su rango de invasión, en Sudáfrica, las aves *Tauraco corythaix*, *T. porphyreolophus*, *Pycnonotus barbatus*, *Andropadus importunus*, *Lybius torquatus*, *Colius striatus* y *Amblyospiza albifrons*, y el murciélago *Epomophorus wahlbergia*, dispersan la semilla de *M. azedarach* (Voigt *et al.*, 2011). En México, en Querétaro, la guacamaya verde (*Ara militaris*) consume frutos de *M. azedarach* todo el año, incluyendo cuando el fruto está seco, verde y maduro, además de ingerir las hojas (Gaucín, 2000; Torres *et al.*, 2017). Asimismo, se ha observado al loro corona blanca (*Pionus senilis*) alimentándose del paraíso en invierno en San Luis Potosí (Olivares *et al.*, 2017).

Se cree que el paraíso tiene propiedades alelopáticas con las que inhibe a otras especies colonizar en áreas cercanas (UF y IFAS, 2018). En su rango nativo se sabe que *M. azedarach* forma matorrales densos en bosques y pantanos, desplazando la vegetación nativa a medida que crece (UF y IFAS, 2018).

La araña ácaro roja, *Tetranychus pacificus* se ha registrado en la planta y le causa el amarilleo de las hojas; la mosca blanca de los cítricos, el hemíptero *Dialeurodes citri* que pica las hojas para extraer savia se desarrolla en gran número en esta especie (Pirone, 1978).

En las áreas que invade *M. azedarach* está prácticamente libre de enfermedades y de insectos, y prospera en áreas abiertas o alteradas (UF y IFAS, 2018). Sin embargo, en Jamaica se han registrado barrenadores en esta especie de planta (Ayensu, 1983).

M. azedarach es objeto de propagación de manchas foliares causadas por cinco especies de hongos (*Cercospora leucosticta*, *Cercospora meliae*, *Cercospora subsessilis*, *Phyllostica azedarachis*, y *Phyllostica meliae*). Otros hongos patógenos que afectan a la planta causándole el tizón y manchas son: *Pellicularia koleroga*, *Nectria coccinea*, *Phyllactinia*

corylea. Estas enfermedades rara vez son lo suficientemente graves como para justificar medidas de control (Pirone, 1978).

En su rango de invasión, los árboles son atacados por hongos que causan la podredumbre marrón (Orwa *et al.*, 2009a). En Brasil, *Cercospora meliae* provoca en *M. azedarach* lesiones foliares, irregulares y de coloración parda-oscuro, puntos ennegrecidos (Dias *et al.*, 2009).

1.3.3 Especies con las que *Melia azedarach* puede hibridar

Melia azedarach forma un híbrido con *Azadirachta indica* (Cheng *et al.*, 2014). Fue Nanjing Jiukang Biological Development Co., Ltd., quien cultivó por primera vez el híbrido *Azadirachta indica* x *Melia azedarach*, mediante tecnología de hibridación somática. Este híbrido se ha plantado en Nanjing, China, y ha producido semillas viables. El nuevo híbrido contiene altas concentraciones de sustancias insecticidas activas en las semillas y podría crecer en regiones con temperatura anual de 15°C (Cheng *et al.*, 2014).



a) Brotes florales de *Melia azedarach*. Autores: Ricardo Rodríguez Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.



b) Flor de *M. azedarach*. Autor: Ricardo Rodríguez Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.



c) Inflorescencia, panícula terminal. Autor: Wildlife Travel^{CC}.

Figura 3. Brotes florales, flores e inflorescencias de *Melia azedarach*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Frutos inmaduros. Autor: Margaret Donald^{CC}.



b) Racimos de frutos maduros. Autor: Anna Anichkova^{CC}.



c) Frutos globosos, se tornan amarillos al madurar. Autor: Scott Zona^{CC}.

Figura 4. Frutos de *Melia azedarach*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Rama con hojas compuestas. Autor: Forest & Kim Starr^{CC}.



b) Hoja compuesta de *M. azedarach*. Autor: Ricardo Rodríguez-Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.

Figura 5. Ramas y hojas de *Melia azedarach*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Corteza grisácea agrietada con musgo. Autor: Harum.koh^{CC}.



b) Corteza grisácea agrietada con musgo. Autor: Krzysztof Golik^{CC}.



c) Tronco de *M. azedarach*. Autor: JBN Viña del Mar^{CC}.

Figura 6. Corteza y tronco de *Melia azedarach*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Fructificación y floración es común en *A. indica* en la misma temporada. Autor: Anna Anichkova^{CC}.



b) Fructificación y floración es común en *A. indica* en la misma temporada. Autor: K. M^{CC}.



c) Árbol en completa floración. Autor: Mauro Halpern^{CC}.



d) Árbol en floración y fructificación. Autor: K. M^{CC}.

Figura 7. Parte de la fenología de *Melia azedarach*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) *M. azedarach* en completa fructificación, creciendo en zona abierta. Autor: Zeynel Cebeci^{CC}.



b) Invasión de *M. azedarach* en una zona abierta. Autor: Forest & Kim Starr^{CC}.

Figura 8. Hábitat en que se ha registrado a *Melia azedarach*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

1.4 Estatus

Melia azedarach es descrita como nativa de oriente, India, Australia, Indonesia, y varias islas del Indopacífico. Un autor incluía a *M. azedarach* como nativa de Japón (Duvall, 1802), otras fuentes la han considerado ya como introducida y naturalizada (USDA-ARS, 2018). Se ha mencionado que es nativa de Filipinas (Mabberley *et al.*, 1995), pero otros autores la incluyen como introducida (Merrill, 1923a; Neycee *et al.*, 2012; Badalamenti *et al.*, 2013). Se ha introducido y establecido en 139 países incluyendo islas, en México se tienen registros en 28 estados. Del total de países que la mencionan en documentos en su legislación, en 30 países se le clasifica como una especie exótica invasora. *M. azedarach* se incluye en el Compendio Global de Malezas (Randall, 2012), donde se indica que es una planta de interés para cultivo y para comercio forestal, que puede crecer en zonas áridas en condiciones extremas; se le considera una maleza ambiental, con efectos en ecosistemas nativos; es una maleza que puede escapar de los cultivos y que puede ser tóxica, por lo que es dañina y la gente debe controlarla. Se considera un árbol invasor (Richardson, 2011). Se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva introducida en Hawai, otras islas de la cuenca del Pacífico, Puerto Rico, Islas Vírgenes, Isla Navassa, más 17 estados (<https://plants.sc.egov.usda.gov/core/profile?symbol=MEAZ>).

1.4.1 Distribución nativa

Es una especie nativa de Japón, Sur de China, India, Australia (Australia Occidental y Territorio del Norte), Bután, Nepal, Sri Lanka, Indonesia, Papúa Nueva Guinea, Islas Salomón, Laos, Vietnam, Filipinas y Malasia (Duvall, 1802; Farquhar, 1822; Mabberley *et al.*, 1995; PIER, 2013; Badalamenti *et al.*, 2013; Salleh *et al.*, 2017; USDA-ARS, 2018) (Fig. 9).

1.4.2 Distribución de invasión

Se ha introducido en países con climas diversos, desde tropicales a áridos, en Afganistán, Albania, Anguila, Angola, Antigua y Barbuda, Antillas Francesas (Guadalupe, Martinica, San Bartolomé, San Martín), Arabia Saudita, Argelia, Argentina, Australia (Nueva Gales del Sur), Bahamas, Bahréin, Bangladés, Barbados, Belice, Bermudas, Birmania, Bolivia, Botsuana, Brasil, Brunéi, Burkina Faso, Bután, Cabo Verde, Camboya, Camerún, Caribe Neerlandés (San Eustaquio e Isla de Saba), Catar, Chad, Chile, China (Xizang, Sichuan), Chipre, Colombia, Congo, Corea del Norte, Corea del Sur, Costa de Marfil, Costa Rica, Croacia, Cuba, Dominica, Ecuador, Egipto, Eritrea, España (Islas Canarias), Estados Federados de Micronesia, Estados Unidos de América, Etiopía, Fiyi, Francia, Ghana, Grecia, Guam, Guatemala, Guayana Francesa, Guyana, Haití, Honduras, Irán, Iraq, Islas Caimán, Islas Cook, Islas Marianas del Norte, Islas Marshall, Islas Pitcairn, Islas Vírgenes, Israel, Italia, Jamaica, Jordania, Kazajistán, Kenia, Kirguistán, Kiribati, Kuwait, Lesoto, Líbano, Madagascar, Malawi, Mali, Malta, Marruecos, Mauricio, Mauritania, Montserrat, México, Mozambique, Namibia, Nauru, Nicaragua, Níger, Nigeria, Niue, Nueva Caledonia, Pakistán, Palaos, Palestina, Panamá, Paraguay, Perú, Polinesia Francesa, Portugal, Puerto Rico, Reino Unido, República Dominicana, República Democrática del Congo, Reunión, Samoa, San Cristóbal y Nieves (Isla de San Cristóbal), San Vicente y las Granadinas, Santa Lucía, Senegal, Seychelles, Singapur, Siria, Somalia, Suazilandia, Sudáfrica, Sudán, Surinam, Tailandia, Taiwán, Tanzania, Tonga, Trinidad y Tobago, Túnez, Turquía, Uganda, Uruguay, Venezuela, Yemen, Yibuti, Yugoslavia, Zambia, Zanzíbar, Zimbabue (Duvall, 1802; Farquhar, 1822; Schomburgk, 1848; Cordemoy, 1895; Millspaugh, 1900; Brill, 1909; Johnston, 1909; Fuentes, 1913; Lapie y Maige, 1914; Williams y Dahlgren, 1936; Standley y Record, 1936; Standley y Dahlgren, 1937; Yuncker y Dahlgren, 1938; Standley y Steyermark, 1946; Little y Wadsworth, 1964; Fosberg *et al.*, 1979; Osorio, 1979; Conkling, 1980; Osorio, 1982; Schwyzer, 1985; Smith, 1985; Nicolson *et al.*, 1991; Mabblerley *et al.*, 1995; Gargominy *et al.*, 1996; Salazar *et al.*, 2000; Space y Flynn, 2001; Brundu y Camarda, 2004; Kueffer y Lavergne, 2004; Space *et al.*, 2004; Setshogo, 2005; McCormack, 2007; Kueffer y Vos, 2004; Acevedo-Rodríguez y Strong, 2012; Neycee

et al., 2012; Badalamenti *et al.*, 2013; Hossain *et al.*, 2013; PIER, 2013; Sankara y Suresh, 2013; Seo *et al.*, 2013; Rahman *et al.*, 2014; Hernández *et al.*, 2016; Flora of Qatar, 2016a; CABI, 2018a; USDA-ARS, 2018) (Fig. 9).

En Norte América, en EUA ocurre en Hawaii, otras islas de la cuenca del Pacífico, Isla Navassa, así como en California, Arizona, Utah, Nuevo Mexico, Texas, Oklahoma, Missouri, Arkansas, Louisiana, Mississippi, Alabama, Tennessee, Georgia, Florida, Carolina del Norte, Carolina del Sur y Virginia (NRCS USDA, 2019a). Se le reporta como especie invasora en Puerto Rico (NRCS USDA, 2019a) (base de datos del proyecto) (Fig. 9).

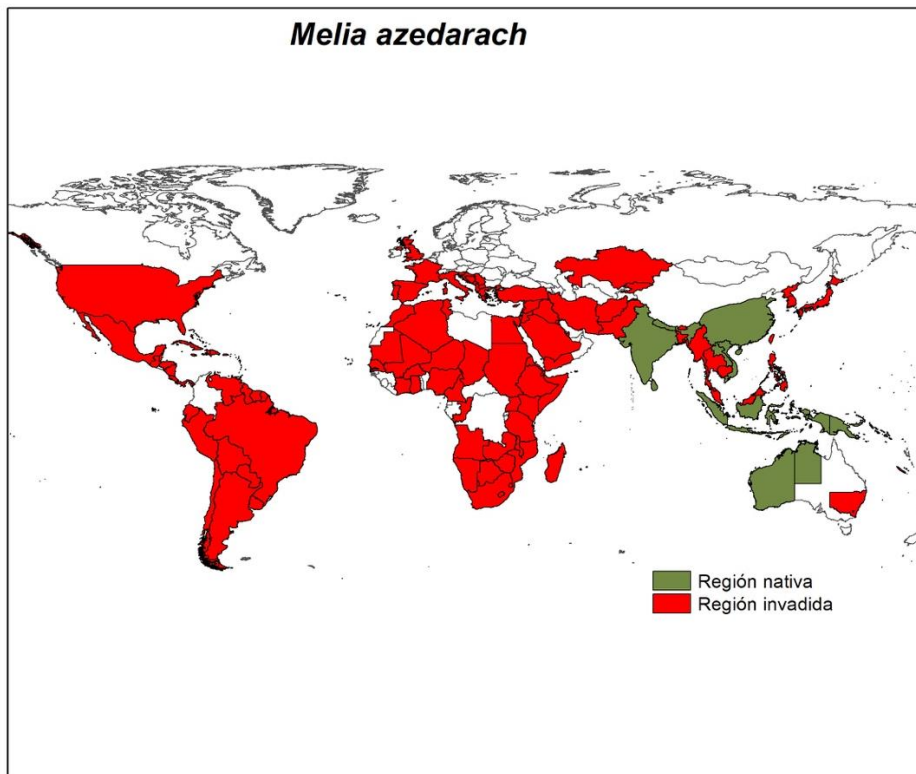


Figura 9. Mapa mostrando la distribución nativa de *Melia azedarach*, así como en los países donde se le ha introducido y es exótica, invasora. Fuente: elaboración con base en los registros indicados en los apartados de distribución nativa y de invasión.

1.4.3 Distribución en México

Se encuentra en México, en Aguascalientes, Baja California, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Zacatecas y Yucatán (base de datos del proyecto) (Fig. 10).

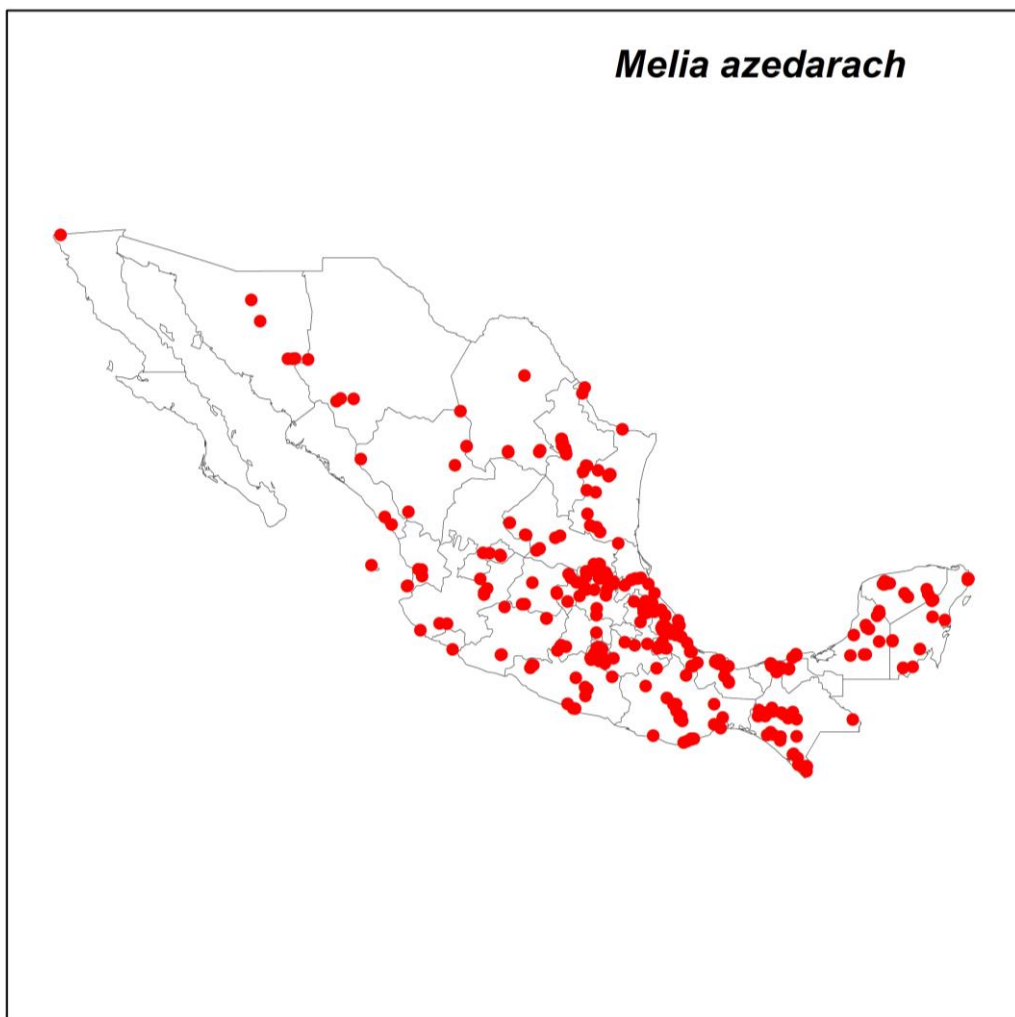


Figura 10. Mapa mostrando la distribución de *Melia azedarach* en México, por estados. Fuente: elaboración con base en los registros de la base de datos del proyecto).

2. Rutas de introducción

Las semillas de *M. azedarach* pueden ser dispersadas por animales, en particular por aves. Debido a que dentro de sus áreas de preferencia ocupan las riveras de los ríos, las cápsulas y las raíces y esquejes podrían ser transportados por el agua después de la lluvia. No obstante, es el humano y sus actividades el principal vector para la introducción y dispersión de *M. azedarach*, llevando las semillas y esquejes entre sitios, comercializándolos donde puede ocurrir un escape (ver Biología, Ecología).

Fue llevado a los Estados Unidos a finales de los años 1700 por un botánico francés (UF y IFAS, 2018). En 1830 fue introducido como ornamental en Carolina del Sur y Georgia, EUA (Waggy, 2009).

2.1 Origen e historia de los individuos comercializados

Los cultivares de *Melia azedarach* de India y China han sido introducidos a distintos países principalmente para cultivos (Mabberley, 1984). Esta especie, originaria del sur y del este de Asia, se encuentra cultivada y ha escapado del cultivo en muchos países del mundo.

En Nimrud, Iraq se encuentra la referencia más antigua de *Melia azedarach*. Se trata de una estela del rey asirio, Assurnasirpal II, del año 879 a.C., quien menciona que esta especie era uno de los 42 árboles en el jardín botánico de Babilonia. Se desconoce en qué año fue introducida desde China a Japón, pero la referencia más antigua de *M. azedarach* es de mediados del siglo VIII en la poesía japonesa. A la planta se le conocía como sendan, que quería decir Melia de China (Mabberley, 1984). Se cree que en Gran Bretaña fue cultivada por primera vez en el siglo XVI y que las plantas europeas fueron introducidas de Irán o de algún lugar del Medio Oriente (Mabberley, 1984). Las poblaciones de *M. azedarach* en Europa tienen entonces distintos orígenes. Fueron introducidas del Medio Oriente procedentes de India. En Holanda los individuos cultivados fueron traídos del sur de Sri Lanka y su origen era del noroeste de India. También se introdujeron a Europa cultivos de

Japón de *M. azadirachta*, donde era ampliamente cultivada. En un libro de 1830 sobre plantas cultivadas en Gran Bretaña, se menciona que *M. australis* Sweet (sinónimo de *M. azadirachta*) era cultivada en Inglaterra a partir de material procedente de Australia y también que semillas traídas de Guinea fueron cultivadas en Inglaterra (Mabberley, 1984). Se documentó que los cultivos de la especie en Java, Indonesia, son originarios de plantas de Japón. Las frutas de *M. azedarach* son muy usadas en la Península Malaya y son importadas de Sichuan, China (Mabberley, 1984).

La forma de introducción a México no es clara. Solo se sabe que *M. azedarach* fue introducida en el estado de Nuevo León con plantas provenientes de la India, como especie cultivada con fines ornamentales (Estrada *et al.*, 2017).

2.2 Historia de la comercialización en México

Se considera que en México, Centroamérica y las Antillas fue introducida desde la Península Ibérica poco después de la conquista (Calderón y Germán, 1993). En México ha sido usada como ornamental desde entonces (Calderón y Germán, 1993).

2.3 Usos y comercialización

Melia azedarach tiene una multiplicidad de usos, los cuales tienen repercusiones socioeconómicas positivas y negativas en las localidades o regiones, dependiendo de la escala del cultivo y de la invasión posterior al escape. Se le da un uso ornamental y de sombra, maderable y para leña, para producir insecticidas a partir de extractos biológicos, para producir artesanías. De esta manera, se ha usado en cultivos agrícolas, forestales y en aspectos farmacéuticos (Cavoski *et al.*, 2012). El paraíso es una planta de amplio uso en medicina popular ya que contiene muchos compuestos bioactivos (Bitencourt *et al.*, 2014). La semilla contiene hasta un 40% de aceite de secado el cual es usado para iluminación y barnizado (Begam y Manimekalai, 2014). En el Medio Oriente *M. azedarach* se usa para la producción de leña (Ayensu, 1983). Crece en sitios perturbados por lo que la consideran

para programas de reforestación y forestación así como de restauración de áreas degradadas (Dias *et al.*, 2014) (Fig. 11).



a) *M. azedarach* como ornamental y de sombra.
Autor: Scamperdale^{CC}.



b) *M. azedarach* en huerto familiar en Villa Morelos, Comondú, BCS. Autor: Ricardo Rodríguez-Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.



c) *M. azedarach* en huerto familiar en Villa Morelos, Comondú, BCS. Autores: Ricardo Rodríguez-Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.



d) *M. azedarach* como ornamental y de sombra en Villa Morelos, Comondú, BCS. Autores: Ricardo Rodríguez-Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.

Figura 11. Usos que la gente hace de *Melia azedarach*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

2.3.1 Análisis económico de la comercialización

Melia azedarach es un árbol con potencial económico (Sharry *et al.*, 2006) sobre todo por su importancia ornamental como árboles de calle y de sombra, por la extracción de compuestos que sirven como insecticida natural para el manejo de plagas, por su uso en el mercado de artesanías, por su potencialidad como especie maderable, como leña también, y para resguardo de ganado. En este sentido se debería realizar un análisis económico de las actividades asociadas al cultivo de este árbol y de sus usos, ya que no existe un análisis de este tipo. Solo se menciona que es un árbol de importancia económica.

La producción y comercio internacional de *Melia azedarach* en su mayoría está restringido al sector informal (Ahmed y Idris, 2016). En India, *Melia azedarach* tiene beneficios económicos para los granjeros, ya que es usada como madera preciosa y es uno de los árboles más usado por los granjeros. Cada árbol de 6-8 años de edad se vende en 600-800 rupias (9-12 US dls). En una plantación de una hectárea se plantan 400 árboles de la cual se obtiene 250 m³; las ganancias por hectárea van de 240,000 a 320,000 rupias (\$3,500-4700 US dls) (1 dólar= 68.10 rupias) (Kumar *et al.*, 2017).

No hay un análisis económico realizado en México para la especie. Pero en el país a través de la página web Mercadolibre.com se venden árboles de *Melia azedarach* en \$350.00 pesos M.N. (Mercadolibre.com, 2019a).

2.3.2 Manejo y condiciones de cultivo

Hay distintas técnicas de cultivo para esta especie de árbol, dependiendo del sitio y el objetivo del cultivo. Por ejemplo, en Nicaragua, *M. azedarach* es usado para obtener leña y como sombra de cafeto. Para el caso del cultivo de la semilla, se somete a un tratamiento pre-germinativo hasta que germina entre 20 a 25 días. Cuando las plántulas alcanzan de 8 a 10 cm se puede realizar el repique a bolsas de polietileno; las plántulas están listas para salir del vivero a los cinco meses en climas cálidos y al año en clima templado (MARENA y INAFOR, 2002).

Para la plantación en cultivo en callejones se recomienda plantar a 6 metros entre calles y 1.5 metros entre planta y planta. La plantación de esta especie como sombra de cafeto se debe hacer al mismo tiempo que se planta la sombra temporal y se propone un distanciamiento de 12 x 12 metros al cuadro. En los dos primeros años se debe manejar con poda de formación y mantener las plantas libres de malezas. Es importante asimismo proteger las plantaciones en contra de los animales que la puedan ramonear y dañar las plantas. La planta crece rápido durante los primeros años: 1.5 a 3 m por año. En algunos países como Uruguay, en donde se ha plantado para la producción de leña, las plantaciones han producido hasta 110 m³ ha y 176 m³ /ha, y se obtiene madera a los 15 años (MARENA y INAFOR, 2002). En España, *M. azedarach* crece bien en pleno sol o semisombra; no obstante, en sombra completa se ve afectada y pierde su porte. El árbol tolera la contaminación urbana. Se suele emplear como árbol de alineación y también como ejemplares solitarios, combinados con otras especies arbóreas (Guillot, 2009)

En Centroamérica, para la siembra los frutos frescos maduros no se requiere tratamiento pre-germinativo. Los frutos almacenados por más de un año necesitan un pre-tratamiento antes de la siembra. Generalmente los frutos se plantan directamente y pueden producir entre una a cinco plántulas con repique posterior a bolsas o para producción de pseudoestacas o plantones deshojados a raíz desnuda. Los frutos germinan en 20-50 días y es necesario esperar 15-18 semanas para obtener plantas aptas para plantación definitiva. La siembra directa es factible. Otra posibilidad es la producción de estacas enraizadas provenientes de ramas laterales. Existen algunas experiencias de siembra directa asociada con cultivos de subsistencia (maíz) limpios. Para la plantación el suelo debe estar libre de malezas y debe protegerse del pastoreo. La especie ha mostrado crecimiento rápido en la mayoría de los lugares donde se ha plantado. La especie se ha plantado ampliamente en Guatemala, El Salvador y en menor escala en los otros países de América Central (CATIE, 1986). De acuerdo el mapa de aptitud agroclimática de Argentina el clima húmedo o subhúmedo, clima subhúmedo-seco es apto para el cultivo de *M. azedarach* mientras que el área no apta posee clima semiárido a árido (Falasca *et al.*, 2015).

3. Potencial de establecimiento y colonización

3.1 Potencial de colonización

Las características que confieren a esta especie su potencial de colonización, que parece elevado, se pueden resumir de la siguiente manera. *Melia azedarach* se puede reproducir tanto sexual como asexualmente. Su propagación sexual es relativamente fácil por semillas, con una alta germinación; también la asexual por raíces y esquejes es eficiente (Ayensu, 1983; Calderón y Germán, 1993; Alvarado *et al.*, 2013). Se reproduce vegetativamente cuando se corta el árbol (UF y IFAS, 2018).

Pueden formar frutos durante la mayor parte del año (Calderón y Germán, 1993; Orwa *et al.*, 2009a). Tiene una elevada producción de semillas, con un promedio de alrededor de 35,000-70,000 semillas por árbol y de 35,000 plántulas por árbol por año (ver Ecología). Los frutos maduran y caen al suelo en un corto periodo de tiempo, y las semillas germinan en diversos períodos del año (Hare, 1998; Fuentes *et al.*, 2001). En su rango invasivo las semillas de *M. azedarach* retienen la viabilidad por un año, o por varios años con condiciones controladas (Ayensu, 1983; Orwa *et al.*, 2009a). Las semillas tienen una relativa alta tasa de germinación (Ayensu, 1983). Tiene versatilidad para establecerse en distintos hábitats siendo en varios sitios de su rango de invasión distintos a las condiciones ambientales de su rango nativo. Por ejemplo, ambientes xerófilos que ocupa e invade. Puede también colonizar sitios con vegetación secundaria y degradadas; tolera la salinidad y distintos tipos de suelo (ver Ecología). Es resistente a la sequía y puede crecer en áreas con una precipitación anual de 600-1,000 mm (NRC, 1983; ver Ecología). Soporta temperaturas entre 4° y 44°C; es sensible a las heladas. Las plantas juveniles tienen la capacidad de aclimatarse a las condiciones de estrés hídrico (Dias *et al.*, 2014).

Parece que el paraíso tiene propiedades alelopáticas con las que inhibe a otras especies, lo que le da mayor potencial para colonizar (UF y IFAS, 2018).

Lo atacan patógenos, hongos, bacterias, lo cual sería un impacto negativo para su colonización (ver Ecología).

3.2 Potencial de dispersión

M. azedarach produce semillas que son dispersadas por animales, y son las aves quienes diseminan de manera efectiva las semillas a largas distancias (Voigt *et al.*, 2011). Las ramas y raíces de la planta pueden también ser dispersadas por el agua, dado que crecen en sitios cercanos a agua o en sitios donde al llover corre el agua (Henderson y Musil, 1984; Doran *et al.*, 1997).

3.3 Factores que favorecen su establecimiento y dispersión

Entre los factores que favorecen el establecimiento de *Melia azedarach* se encuentra el poderse dispersar por semillas a través de animales y la propagación vegetativa. Sus semillas tienen una alta viabilidad y presenta una alta versatilidad ambiental, presentándose distintos ambientes, incluidos los xerófilos; tolera la salinidad. Puede establecerse en zonas naturales e invade áreas abiertas o perturbadas; se establece bien después de una quema o incendio (ver Ecología).

Entre los factores que favorecen su dispersión, el humano es el principal por el comercio, en que mueve grandes distancias a las plantas y semillas. La dispersión de las semillas por aves permite una dispersión amplia (ver Ecología). La propagación vegetativa le ha permitido dispersarse por agua y establecerse en distintos ambientes (ver Biología y Ecología).

4. Evidencias de impactos

4.1 Impactos a la salud

Se ha reportado envenenamiento tanto en el hombre como en los animales, luego de la ingestión de la planta o de sus frutos caídos. Entre los animales domésticos más frecuentemente envenenados se ha indicado a los cerdos (Méndez *et al.*, 2002). Los frutos son venenosos y tienen propiedades narcóticas (CATIE, 1986). En el fruto, las hojas y la corteza de *M. azedarach* existen componentes tóxicos como las neurotoxinas tetranortriterpénicas de la clase limonoide citotóxica, conocidas como melia toxinas A1, A2, B1 y B2,2,8 que se concentran en la fruta y actúan como enterotoxinas y neurotoxinas. Otros constituyentes potencialmente tóxicos incluyen azadarina (alcaloide), ácido tánico y ácido benzoico, o resinas como la azaridina, y la margosina (Ferreiro *et al.*, 2010). Los frutos son totalmente desagradables, pero los niños (que no discriminan sabores) se han envenenado por comerlos (Lyndon y Charles, 2011).

No se sabe qué limonoides son responsables de la toxicidad humana. En la literatura médica china, se dice que el envenenamiento en humanos por *M. azedarach* ocurre si se consumen de seis a nueve frutas, de 30 a 40 semillas, o 400 g de la corteza. El inicio de los síntomas generalmente ocurre dentro de 4 a 6 h de la ingesta, pero se ha documentado también en tan solo 0.5 h. El inicio de la intoxicación por *M. azedarach* fue variable, desde unas pocas horas hasta 3 semanas después del consumo de la hierba. La intoxicación por *M. azedarach* puede causar trastornos gastrointestinales, cardiovasculares, respiratorios o efectos neurológicos, y muerte en casos graves (Phua *et al.*, 2008).

En el fruto, las hojas y la corteza existen componentes tóxicos, como las neurotoxinas tetranortriterpénicas de la clase limonoide citotóxica, conocidas como melia toxinas A1, A2, B1 y B2,2,8 que se concentran en la fruta y actúan como enterotoxinas y neurotoxinas. Otros constituyentes potencialmente tóxicos incluyen el alcaloide azadarina, ácido tánico y ácido benzoico, o resinas como la azaridina, y la margosina (Ferreiro *et al.*, 2010).

Por otro lado, también hay algunas aplicaciones medicinales para *M. azedarach*, incluido un péptido aislado del tejido de la hoja que es eficaz contra el virus del herpes simple (UF y IFAS, 2018).

4.2 Impactos ambientales y a la biodiversidad

M. azedarach tiene la capacidad de crecer rápidamente y desplazar la vegetación nativa en esas áreas, puede formar un matorral denso con lo que provoca sombra a otras especies afectándolas (Richard y Brown, 2017; UF y IFAS, 2018). Se ha visto en algunas zonas que esta planta crece e invade a lo largo de los caminos, vías de paso y cercas, pero también en áreas naturales como bosques de llanuras inundadas, bosques de tierras altas y pantanos, como en Florida. En su rango de invasión, su hojarasca eleva el pH del suelo, haciéndolo más alcalino, alterando así las condiciones del suelo para las plantas nativas y la germinación de las semillas, dando una ventaja a aquellas especies que se encuentran bien en los suelos alcalinos, como a ella misma (TIPPC, 2004; UF y IFAS, 2018). Se considera que tiene propiedades alelopáticas, con lo que impide a otras especies colonizar el área cercana (UF y IFAS, 2018).

En general, *M. azedarach* reduce la diversidad de plantas nativas en cualquier área en la que crece (Richard y Brown, 2017; UF y IFAS, 2018). En hábitats abiertos y boscosos desde Carolina del Norte y al sur hasta Texas, se reportó que expandió su distribución a un ritmo muy veloz, superando a las especies herbáceas nativas de las tierras altas y a las plantas de hoja caducifolia (Randall y Marinelli, 1996) (ver Ecología).

Es una especie reconocida por producir compuestos altamente tóxicos para insectos en estados inmaduros (Alvarado *et al.*, 2013).

En el centro y norte de Nuevo León, México, *M. azedarach* ha invadido comunidades vegetales nativas, causando su deterioro (Estrada *et al.*, 2017).

4.3 Impactos a actividades productivas

No existe esta información.

4.4 Impactos económicos

No se cuenta con la información de los costos de remediación, control y erradicación del árbol paraíso.

5. Control y mitigación

Se han realizado varios intentos para controlar la propagación de *Melia azedarach*, utilizando tratamientos químicos, incendios prescritos y talas. Estos tratamientos no han controlado a la especie y más bien indujeron un brote prolífico que casi con certeza ha contribuido al aumento de la población de esta planta, no solo en términos de área ocupada sino también de densidad, transformando a unos pocos individuos en poblaciones densas (Tourn *et al.*, 1999).

El control mecánico para esta planta se puede usar en plántulas, extrayéndolas manualmente (Randall y Marinelli, 1996), pero en individuos más grandes se debe integrar con el control químico debido a que tiene propensión a rebrotar. El control químico parece ser el mejor método para controlar a *M. azedarach*. Los herbicidas deben aplicarse antes del inicio de la producción de frutos para evitar la producción de semillas. Puede ser necesario repetir aplicaciones para un control completo (UF y IFAS, 2018). Para ello, se puede usar una dilución de triclopir (Garlon 3A en una solución de 2 a 3% o Garlon 4 en una solución de 0.5 a 2%) en agua. Se debe asegurar que se incluya un surfactante no iónico al 0.25% (10 ml o 2 cucharaditas por galón de solución de pulverización). Se puede aplicar triclopir al 8% en corteza basal, así como en una banda de 10 a 20 cm cerca de la base del tronco o en muñón cortado, en una solución al 15%. Una solución de glifosato (Roundup)

del 2 al 3% también puede ser eficaz. Las aplicaciones foliares de glifosato o triclopir serán bastante efectivas en árboles de menos de 32 m de altura (UF y IFAS, 2018).

Como medida de control, en cuatro condados de Florida se ha prohibido su venta, posesión y cultivo (Randall y Marinelli, 1996).

En Argentina se han recomendado formas de control como:

Control físico: PN Iguazú (2006): Destronque y anillado. PN Chaco (2004): Quemadas controladas de fin de invierno, y corte para generar el rebrote y tratamiento con Glifosato al 0,5% en agua, a los 15 días del primer disturbio.

Control químico: Tratamiento de plántulas y renovales, leves cortes transversales en la zona basal del fuste; Pulverizaciones con mochila de espalda o rociador manual sobre follaje y fuste con "Toga".

http://www.inbiar.uns.edu.ar/?p=NjozcHQ8YTAzPGEgJVxfCFNUB1oEWftTUhN9Jio%2BL38pbXo9am03PG9pLkFFFEhHRBMSFhMBFI8EBIMfQRVODg9IHEVJSxJ%2FKW1tP2hmOix%2FeXA%3D#tabsheet_start

6. Normatividad

A continuación, se resumen las leyes, normas y regulaciones emitidas en los diferentes países con respecto a la exclusión, prohibición, restricción o autorizaciones para la introducción de *Melia azedarach*. En su caso se pone la liga a la información completa.

Las localidades para hacer la búsqueda se obtuvieron de CABI y GRIIS, PIER, Convention of Biological Diversity; también se consultaron otras fuentes, y de la base de datos del proyecto.

CABI. 2018. *Melia azedarach*. En: Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. <https://www.cabi.org/ISC/datasheet/33144>

GRIIS: Global register of introduced and invasive species.

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

Se presenta la normatividad nacional y posteriormente la internacional para la especie *Melia azedarach*.

Es considerada como una de las mayores plantas invasoras en Bioinvasion and Global Environmental Governance: The Transnational Policy Network on Invasive Alien Species Mexico's Actions on IAS.

<https://www.cbd.int/invasive/doc/legislation/Mexico.pdf>

En México existen actualmente algunos recursos bibliográficos donde se considera a *Melia azedarach* como especie invasora, especie de alto riesgo, pero sin ningún carácter legal, tal como:

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>

6.1 Legislación Mexicana

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

6.2 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 Australia, quarantine species of Australia, list pest of Australia, list weeds of Australia, list invasive plants in Australia, list of noxious weeds in Australia.

Países que la consideran Exótica Introducida o Invasiva

Anguila

Considerada como especie invasora en el Anguilla Invasive Species strategy (2008) draft, Department of Environment Anguilla.

La gestión, control y erradicación de las especies invasoras exóticas es extremadamente crítica, y durante décadas han planteado grandes desafíos para los gestores ambientales. Sin embargo, en un esfuerzo por gestionar y controlar eficazmente la introducción y posterior propagación de especies invasoras en Anguila, se deben implementar varias medidas de mitigación y otras técnicas. El protocolo establecido para el manejo de especies invasoras exóticas se describe a continuación: 1. Prevención, 2. Detección temprana y respuesta rápida, 3. Control y manejo, 4. Rehabilitación y restauración.

Para detalles ver el siguiente link:

<https://www.cabi.org/Uploads/isc/caribbean-legislation/anguilla-invasive-species-strategy-2008.pdf>

Antigua y Barbuda

Considerada como potencialmente invasora. Naturalised and invasive alien plant species in the Caribbean Netherlands: status, distribution, threats, priorities and recommendations

Report of a joint Imares/Carmabi/PRI project financed by the Dutch Ministry of Economic Affairs, Agriculture & Innovation.

<https://www.wur.nl/en/Publication-details.htm?publicationId=publication-way-343232303939>

Argentina

Considerada como invasora. Sistema Nacional de Información Sobre Especies Exóticas Invasoras, INBIAR. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

Considerada como invasora. Del Escritorio al Campo. Plantas exóticas, introducidas e invasoras en la Argentina. Fundación vida silvestre Argentina.

http://awsassets.wwfar.panda.org/downloads/rev_113_escritorio_al_campo_plantas_exoticas_introducidas_e_invasoras.pdf

Considerada como una de las mayores especies invasoras. Argentina's Actions on IAS. Bioinvasion and Global Environmental Governance: The Transnational Policy Network on Invasive Alien Species.

<https://www.cbd.int/invasive/doc/legislation/Argentina.pdf>

Australia

Considerada como hierba con categoría Nn 1A, 2a, 3, 4 y 5. The introduced flora of Australia and its weed status. CRC for Australian Weed Management. Department of Agriculture and Food, Western Australia.

Categorías:

Nn: esta planta es una especie nativa australiana que se ha naturalizado más allá de su rango nativo dentro de Australia.

1. Esta planta ha sido registrada como una maleza del entorno natural.
2. Esta planta ha sido registrada como que puede escapar del cultivo.
3. Esta planta ha sido registrada como una maleza de la agricultura.
4. Esta planta ha sido registrada como una maleza nociva (declarada). Esta es una categoría legal y puede tomar la forma de una prohibición de entrada, venta y movimiento para cumplir los requisitos para erradicar o controlar.
5. Esta planta ha sido registrada como una especie invasora. Este es el criterio más serio que puede aplicarse a una planta y se utiliza generalmente para malas hierbas ambientales y/o agrícolas de alto impacto que se propagan rápidamente y muchas veces crean monocultivos.

https://www.une.edu.au/_data/assets/pdf_file/0019/52372/2007.-The-introduced-flora-of-Australia-and-its-weed-status.pdf

Considerada como invasora. Noxious Weed List For Australian States And Territories Invasive Plants and Animals Committee.

<http://weeds.ala.org.au/docs/weednet6.pdf>

New South Wales

Considerada como hierba nociva con categoría 4: hierba localmente controlada. Noxious Weeds (Weed Control) Order 2014 under the Noxious Weeds Act 1993. New South Wales Government.

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

Bermuda

Considerada como invasora por el gobierno de Bermuda, Departamento de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

<https://environment.bm/invasive-species/>

<https://environment.bm/legislation-and-policy>

Bolivia

Considerada como invasora en Establecimiento en Bolivia de Bases de Datos sobre Especies Exóticas Invasoras, como parte de la Red Interamericana de Información en Biodiversidad, –IABIN. Informe Final Técnico y Financiero. Donaciones para la Digitalización de Datos Red Temática de Especies Invasoras.

[http://www.oas.org/dsd/IABIN/Component2/Bolivia/I3N-](http://www.oas.org/dsd/IABIN/Component2/Bolivia/I3N-UMayordeSanAndres/Template_Informe_Final[IE].pdf)

[UMayordeSanAndres/Template_Informe_Final\[IE\].pdf](http://www.oas.org/dsd/IABIN/Component2/Bolivia/I3N-UMayordeSanAndres/Template_Informe_Final[IE].pdf)

Bonaire

Considerada como potencialmente invasiva. Naturalised and invasive alien plant species in the Caribbean Netherlands: status, distribution, threats, priorities and recommendations Report of a joint Imares/Carmabi/PRI project financed by the Dutch Ministry of Economic Affairs, Agriculture & Innovation. Wageningen, Foundation DLO research institute Plant Research International.

[https://www.wur.nl/en/Publication-details.htm?publicationId=publication-way-](https://www.wur.nl/en/Publication-details.htm?publicationId=publication-way-343232303939)

[343232303939](https://www.wur.nl/en/Publication-details.htm?publicationId=publication-way-343232303939)

Botswana

Considerada como invasora. Botswana Fourth National Report to The Convention of Biological Diversity. Botswana Government.

https://library.wur.nl/ojs/index.php/Botswana_documents/article/view/15923

Considerada como naturalizada e invasora. The 98 alien forestry species found to be associated with naturalization or invasion. Haysom, K.A. and Murphy, S.T. 2003. The status of invasiveness of forest tree species outside their natural habitat: a global review and discussion paper. Forest Health and Biosecurity Working Paper FBS/3E. Forestry Department. FAO, Rome (unpublished).

<http://www.fao.org/3/J1583E/J1583E00.htm>

Brasil

Considerada como invasora con categoría 2. Esta categoría indica que: Los empresarios, propietarios y / o sucesores de propiedades con producción económica de especies exóticas invasoras enumeradas en los Anexos 1, 2 y 3, categoría 2 de esta Ordenanza implementarán medidas preventivas, de control y monitoreo para evitar la dispersión e invasión biológica. más allá de las zonas estrictamente destinadas al cultivo o la cría. Lista A - Espécies Exóticas Invasoras. Reconhece a Lista de Espécies Exóticas Invasoras do Estado do Rio Grande do Sul e demais classificações, estabelece normas de controle e dá outras providências. Portaria SEMA nº 79 DE 31/10/2013.

<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/bra139328.pdf>

Considerada como especie invasora por I3N Invasives Information Network. No hay legislación que regule a la especie.

<http://i3n.institutohorus.org.br/www/?p=Z2tiIXY%2BYzJibTBxfRoBS0xeD1oFVUdIRxFTNGdidDU3MQ%3D%3D>

Cuba

Considerada como potencialmente invasora en el documento: Lista nacional de plantas invasoras de Cuba-215, Programa Diversidad Biológica - CITMA/AMA.

No se encontró legislación gubernamental.

<http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/520/3/Lista%20nacional%20de%20especies%20de%20plantas%20invasoras%20y%20potencialmente%20invasoras%20en%20la%20Rep%C3%ABlica%20de%20Cuba%20-%202011.pdf>

Ecuador

Considerada como invasora en “Digitalización de Datos de Especies Invasoras del Ecuador a Nivel Nacional y Regional. Informe Final Técnico y Financiero, Donaciones para la Digitalización de Datos Red Temática de Especies Invasoras, IABIN. Ministerio del Ambiente – Ecuador.

<http://www.oas.org/dsd/IABIN/Component2/Ecuador/CDC/Informe%20Final.pdf>

España

Considerada como especie alóctona invasora. Atlas de las Plantas Alóctonas Invasoras en España. Ministerio de ambiente.

Sanz Elorza M., Dana Sánchez E.D. & Sobrino Vesperinas E., eds. 2004. Atlas de las Plantas Alóctonas Invasoras en España. Dirección General para la Biodiversidad. Madrid, 384 pp.

http://www.animalrecord.net/Atlas_Plantas_Aloctonas_Espana.pdf

Estados Unidos de Norte América (EUA)

Considerada como introducida invasora en algunos de los 48 de los estados. RCS Invasive Species Policy Invasive Species Executive Order 13112.

<https://plants.usda.gov/java/invasiveOne?pubID=FLEPPC>

<https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=LILU2>

<https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/planthealth/plant-pest-and-disease-programs>

https://plants.usda.gov/native_status_def.html

Alabama

Considerada como invasora con la categoría 2. Infestaciones dispersas y localizadas en Alabama. Alabama Invasive Plant Council's 2007. List of Alabama's Invasive Plants by Land-Use and Water-Use Sectors.

<https://www.se-eppc.org/alabama/2012-updatedALIPCinvasiveplantlist.pdf>

Carolina del Norte

Considerada como invasora en la Lista de Observación - Planta exótica: especies que han provocado problemas en estados adyacentes, pero no se han reportado como problemas significativos en Carolina del Norte o especies actualmente encontradas en áreas localizadas, pero que deben ser vigiladas por su posible expansión en rango.

<http://nc-ipc.weebly.com/melia-azedarach-chinaberry.html>

<http://nc-ipc.weebly.com/uploads/6/8/4/6/6846349/chinaberry.pdf>

https://www.se-eppc.org/northcarolina/NCDOT_Invasive_Exotic_Plants.pdf

Carolina del Sur

Considerada como especie invasora que causa daño severo. Especies invasoras de plantas exóticas que se sabe que representan una grave amenaza para la composición, estructura

o función de las áreas naturales del estado de Carolina del Sur. South Carolina Exotic Pest Plant Council Terrestrial Exotic Invasive Species List 2014.

https://www.se-eppc.org/southcarolina/SCEPPC_LIST2014finalOct.pdf

Florida

Considerada como invasora con la categoría II. Plantas exóticas invasivas que han aumentado en abundancia o en frecuencia, pero aún no han alterado las comunidades de plantas de Florida en la medida demostrada por la Categoría I. Estas especies pueden convertirse en la Categoría I si se demuestra el daño ecológico. Florida Exotic Pest Plant Council's 2017 List of Invasive Plant Species. FLEPPC. 2017. List of Invasive Plant Species. Florida Exotic Pest Plant Council. Internet: www.fleppc.org.

<http://bugwoodcloud.org/CDN/fleppc/plantlists/2017/2017FLEPPCLIST-TRIFOLD-FINALAPPROVEDBYKEN-SUBMITTEDTOALTA.pdf>

http://bugwoodcloud.org/CDN/fleppc/plantlists/2019/2019_Plant_List_ABSOLUTE_FINAL.pdf

Considerada como naturalizada e invasora. The 74 alien forestry species found to be associated with naturalization or invasion events in North America.. Haysom, K.A. and Murphy, S.T. 2003. The status of invasiveness of forest tree species outside their natural habitat: a global review and discussion paper. Forest Health and Biosecurity Working Paper FBS/3E. Forestry Department. FAO, Rome (unpublished).

<http://www.fao.org/3/J1583E/J1583E00.htm>

Georgia

Considerada como exótica con la categoría 1. Las plantas exóticas son un problema grave en las áreas naturales de Georgia al invadir extensamente las comunidades de plantas

nativas y desplazarlas. List of Non-native Invasive Plants in Georgia. Georgia Exotic Pest Plant Council.

<https://www.gaeppc.org/list/>

Maryland

Considerada como invasora con la categoría de especies de detección temprana. Maryland Eastern Region Statewide Eyes Training 2016.

https://dnr.maryland.gov/wildlife/Documents/Early_Detection_Species_for_EasternMD.pdf

Tennessee

Considerada como planta invasora con la categoría de daño significativo. Posee características invasivas; actualmente no se considera que se propague tan fácilmente en las comunidades de plantas nativas como una amenaza grave. 2018 TN-IPC Invasive Plant List.

<http://www.tnipc.org/invasive-plants/>

<http://www.tnipc.org/invasive-plants/plant-details/?id=57>

Virginia

Considerada como invasora con un grado de invasividad bajo. Virginia Invasive Plant Species List. Virginia Department of Conservation and Recreation

<https://www.dcr.virginia.gov/natural-heritage/document/nh-invasive-plant-list-2014.pdf>

<https://www.dcr.virginia.gov/natural-heritage/ip>

Hawai

Considerada como naturalizada e invasora en Chuuk, Hawaii. The 57 alien forestry species found to be associated with naturalization or invasion events in the Pacific region. Haysom, K.A. and Murphy, S.T. 2003. The status of invasiveness of forest tree species outside their natural habitat: a global review and discussion paper. Forest Health and Biosecurity Working Paper FBS/3E. Forestry Department. FAO, Rome (unpublished).

<http://www.fao.org/3/J1583E/J1583E00.htm>

Iraq

Considerada como especie exótica invasora. 5th National Report to the Convention on Biological Diversity Iraq. Minister of Environment of Iraq.

<https://www.cbd.int/doc/world/iq/iq-nr-05-en.pdf>

<https://www.cbd.int/doc/nr/nr-06/iq-nr-06-en.pdf>

Islas Canarias

Considerada como especie exótica invasora en la Lista de especies exóticas invasoras preocupantes para la región ultraperiférica de las islas Canarias. Real Decreto 216/2019, de 29 de marzo, por el que se aprueba la lista de especies exóticas invasoras preocupantes para la región ultraperiférica de las islas Canarias y por el que se modifica el Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras.

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2019/03/29/216/dof/spa/pdf>

Israel

Considerada como exótica no establecida. DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe) (2006). Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe.

Considerada como invasora. Alien Invasive Plants in Israel. Ministry of Agriculture and Rural Development, Bet Dagan. Jean-Marc Dufour-Dror (2012). Alien Invasive Plants in Israel.

Considerada como planta exótica naturalizada. Israel's Least Wanted Alien Ornamental Plant Species Ornamental Plants Potentially Invasive in Israel's Natural Ecosystems.

<http://www.europe-aliens.org/speciesFactsheet.do?speciesId=18222#>

https://www.researchgate.net/publication/262687834_Alien_Invasive_Plants_in_Israel_2012/download

http://www.sviva.gov.il/English/env_topics/biodiversity/Documents/InvasiveSpecies-July2013.pdf

Lesoto

Considerada como especie exótica invasora dañina con categoría 3.

Categoría 3 (Invasor declarado):

- No se permiten más plantaciones (excepto con un permiso especial).
- No se permite comercio de material propagativo.
- Las plantas existentes pueden permanecer, pero se debe evitar que se propaguen.
- Prohibido dentro de los 30 m de la línea de inundación de 1:50 años de los cursos de agua o humedales, a menos que se obtenga una autorización.

Macdonald, I.A.W., J.K. Reaser, C. Bright, L.E. Neville, G.W. Howard, S.J. Murphy & G. Preston (eds.). 2003. Invasive alien species in southern Africa: national reports & directory of resources. Global Invasive Species Programme, Cape Town, South Africa. Plant Protection Research Institute, Ministry of Environment, Forestry Commission Zimbabwe.

<http://www.the-eis.com/data/literature/Invasive%20alien%20species%20in%20southern%20Africa.pdf>

Malawi

Considerada como especie exótica invasora dañina con categoría 3.

Categoría 3 (Invasor declarado):

- No se permiten más plantaciones (excepto con un permiso especial).
- No se permite comercio de material propagativo.
- Las plantas existentes pueden permanecer, pero se debe evitar que se propaguen.
- Prohibido dentro de los 30 m de la línea de inundación de 1:50 años de los cursos de agua o humedales, a menos que se obtenga una autorización.

Macdonald, I.A.W., J.K. Reaser, C. Bright, L.E. Neville, G.W. Howard, S.J. Murphy & G. Preston (eds.). 2003. Invasive alien species in southern Africa: national reports & directory of resources. Global Invasive Species Programme, Cape Town, South Africa. Plant Protection Research Institute, Ministry of Environment, Forestry Commission Zimbabwe.

<http://www.the-eis.com/data/literature/Invasive%20alien%20species%20in%20southern%20Africa.pdf>

Micronesia

Considerada como especie invasora. Invasive plant species on Kosrae, Federated States of Micronesia. Space, J. C. and M. Falanruw. (1999). Observations on invasive plant species in Micronesia. Report prepared for the meeting of the Pacific Islands Committee, Council of Western State Foresters, Majuro, Republic of the Marshall Islands, February 22-26, 1999.

https://www.sprep.org/att/IRC/eCOPIES/INVASIVE%20SPECIES/FSM_kosrae.pdf

Considerada como especie invasora presente en Pohnpei. Invasive species present in Guam, Palau or Hawai'i but not present in Kosrae. Space, J. C., Waterhouse, B., Denslow, J. S., Nelson, D., & Waguk, E. E. (2000). Invasive plant species on Kosrae, Federated states of Micronesia. USDA Honolulu: Forest Service.

https://www.sprep.org/att/IRC/eCOPIES/INVASIVE%20SPECIES/FSM_kosrae.pdf

Considerada para ser monitoreada por su comportamiento invasivo y debe ser evaluada para cuarentena. Species that are mentioned or listed as invasive or weedy elsewhere and are common or weedy in Micronesia. Space, J. C., & Falanruw, M. (1999). Observations on invasive plant species in Micronesia (p. 32). US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Institute of Pacific Islands Forestry.

http://www.hear.org/AlienSpeciesInHawaii/articles/pier/pier_micronesia_report.pdf

Namibia

Considerada dentro de las diez especies de plantas exóticas invasoras más importantes de Namibia. National Review of Invasive Alien Species Namibia. Ministry of Environment and Tourism, Directorate of Environmental Affairs, September 2004. Namibia's Draft Fourth National Report to the United Nations. Convention on Biological Diversity (UNCBD) August 2010.

Compiled by the Namibian Ministry of Environment and Tourism

[http://www.the-
eis.com/data/literature/National%20review%20of%20invasive%20alien%20species_Nami
bia.pdf](http://www.the-
eis.com/data/literature/National%20review%20of%20invasive%20alien%20species_Nami
bia.pdf)

<https://www.cbd.int/doc/world/na/na-nr-04-en.pdf>

Considerada como especie exótica invasora dañina con categoría 3.

Categoría 3 (Invasor declarado):

- No se permiten más plantaciones (excepto con un permiso especial).
- No se permite comercio de material propagativo.
- Las plantas existentes pueden permanecer, pero se debe evitar que se propaguen.
- Prohibido dentro de los 30 m de la línea de inundación de 1:50 años de los cursos de agua o humedales, a menos que se obtenga una autorización.

Macdonald, I.A.W., J.K. Reaser, C. Bright, L.E. Neville, G.W. Howard, S.J. Murphy & G. Preston (eds.). 2003. Invasive alien species in southern Africa: national reports & directory of resources. Global Invasive Species Programme, Cape Town, South Africa. Plant Protection Research Institute, Ministry of Environment, Forestry Commission Zimbabwe.

<http://www.the-eis.com/data/literature/Invasive%20alien%20species%20in%20southern%20Africa.pdf>

Nueva Caledonia

Considerada como invasora. Groupe espèces envahissantes, décembre 2011. Plantes envahissantes pour les milieux naturels de Nouvelle-Calédonie. Agence pour la prévention et l'indemnisation des calamités agricoles ou naturelles Editeur, Nouméa.

Les Espèces Exotiques Envahissantes de Nouvelle-Calédonie. Héquet, V., Le Corre, M., Rigault, F., & Blanfort, V. (2009). Les espèces exotiques envahissantes de Nouvelle-Calédonie.

http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers17-03/010069227.pdf

http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-08/010052239.pdf

Palau

Considerada como una de las mayores especies exóticas invasoras en Palau. Bioinvasion and Global Environmental Governance: The Transnational Policy Network on Invasive Alien Species Palau's Actions on IAS.

<https://www.cbd.int/invasive/doc/legislation/Palau.pdf>

Considerada en tres listados como especie invasora. Listado de especies de plantas invasoras y potencialmente invasoras presentes en la República de Palau, listado de principales especies invasoras presentes en Palau con recomendaciones para su manejo y listado de especies críticas que deben estar sujetas a cuarentena entre islas.

Pacific Island Ecosystems at Risk (PIER) project website (<http://www.hear.org/pier/>). See Annex 1 for more detailed tables contained in the draft Report to the Republic of Palau on Invasive Plant Species of Environmental Concern (Space et al. 2003).

Invasive Alien Species in the Austral-Pacific Region National Reports & Directory of Resources Edited by Clare Shine, Jamie K. Reaser, and Alexis T. Gutierrez

<http://www.issg.org/pdf/publications/GISP/Resources/AP-1.pdf>

Rapa-Nui

Considerada como invasora. Rapport de Mission D'expertise A Rapa Nui Du 02 Au 11 Juin 2008: Plan D'action Strategique Pour Lutter Contre Les Plantes Introduites Envahissantes Sur Rapa Nui (Île De Pâques).

<https://docplayer.fr/15236908-Rapport-de-mission-d-expertise-a-rapa-nui-du-02-au-11-juin-2008.html>

República Dominicana

Considerada como invasora en: Estrategia Nacional de Especies Exóticas Invasoras Proyecto "Mitigando las amenazas de las especies exóticas invasoras en el Caribe Insular".

Global Environment Facility (GEF-PNUMA), CAB International. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de República Dominicana.

<http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/12/ESTRATEGIA-ESPECIES-EXOTICAS.pdf>

Santo Tome y Puerto Príncipe

Considerada como introducida. Inventário das Espécies introduzidas. National Report on The Status of Biodiversity In S. Tomé and Príncipe. Ministry for Natural Resources and the Environment Directorate General for Environment.

<https://www.cbd.int/doc/world/st/st-nr-03-en.pdf>

Seychelles

Considerada como planta potencialmente invasora. Cousin and Cousine islands.

Status and Management of Alien Invasive Species. Improving management of NGO and privately-owned Nature Reserves and high biodiversity islands in Seychelles. Para información de control y legislación en la liga de abajo.

<http://www.natureseychelles.org/knowledge-centre/scientific-papers-database/scientific-papers/42-status-of-invasive-species-on-cousine-and-cousin-islands-seychelles/file>

Suazilandia

Considerada como invasora y especie problema. Swaziland's Alien Plants Database. Eswatini National Trust Commission, Conserving Eswatini's Natural and Cultural Heritage. Action Plan for Implementing the Convention on Biological Diversity's Programme of Work on Protected Areas.

<http://www.sntc.org.sz/index.asp>

<http://www.sntc.org.sz/alienplants/speciesstatus.asp>

<https://www.google.com/url?client=internal-uds-cse&cx=002693159031035132009:etadhtewsy4&q=https://www.cbd.int/doc/world/sz/sz-nbsap-powpa-en.doc&sa=U&ved=2ahUKEwjCuZborcvjAhWhITQIHfsXDq0QFjAlegQICBAB&usg=AOvVaw2l1BTdE9yAihduo6LLprWI>

Considerada como especie exótica invasora dañina con categoría 3.

Categoría 3 (Invasor declarado):

- No se permiten más plantaciones (excepto con un permiso especial).

- No se permite comercio de material propagativo.
- Las plantas existentes pueden permanecer, pero se debe evitar que se propaguen.
- Prohibido dentro de los 30 m de la línea de inundación de 1:50 años de los cursos de agua o humedales, a menos que se obtenga una autorización.

Macdonald, I.A.W., J.K. Reaser, C. Bright, L.E. Neville, G.W. Howard, S.J. Murphy & G. Preston (eds.). 2003. Invasive alien species in southern Africa: national reports & directory of resources. Global Invasive Species Programme, Cape Town, South Africa. Plant Protection Research Institute, Ministry of Environment, Forestry Commission Zimbabwe.

<http://www.the-eis.com/data/literature/Invasive%20alien%20species%20in%20southern%20Africa.pdf>

Sudáfrica

Considerada como invasora. First Atlas of Maps for Invasive Alien Species Within The Kruger National Park as In 2001.

Considerada como invasora con la categoría 1b (prohibida). Department of Environmental Affairs. National Environmental Management: Biodiversity Act (10/2004): Alien and Invasive Species Lists, 2016.

Considerada como especie exótica invasora dañina con categoría 3.

Categoría 3 (Invasor declarado):

- No se permiten más plantaciones (excepto con un permiso especial).
- No se permite comercio de material propagativo.
- Las plantas existentes pueden permanecer, pero se debe evitar que se propaguen.
- Prohibido dentro de los 30 m de la línea de inundación de 1:50 años de los cursos de agua o humedales, a menos que se obtenga una autorización.

Macdonald, I.A.W., J.K. Reaser, C. Bright, L.E. Neville, G.W. Howard, S.J. Murphy & G. Preston (eds.). 2003. Invasive alien species in southern Africa: national reports & directory of resources. Global Invasive Species Programme, Cape Town, South Africa. Plant Protection Research Institute, Ministry of Environment, Forestry Commission Zimbabwe.

https://www.sanparks.org/docs/parks_kruger/conservation/scientific/ff/alien_biota/reports/internal-report-distribution.pdf

https://www.environment.gov.za/sites/default/files/gazetted_notices/nemba10of2004_alienandinvasive_specieslists2016_0.pdf

<http://www.the-eis.com/data/literature/Invasive%20alien%20species%20in%20southern%20Africa.pdf>

Considerada como naturalizada e invasora. The 98 alien forestry species found to be associated with naturalization or invasion. Haysom, K.A. and Murphy, S.T. 2003. The status of invasiveness of forest tree species outside their natural habitat: a global review and discussion paper. Forest Health and Biosecurity Working Paper FBS/3E. Forestry Department. FAO, Rome (unpublished).

<http://www.fao.org/3/J1583E/J1583E00.htm>

Tailandia

Considerada como especie invasora. Global invasive plants in Thailand and its status and a case study of *Hydrocotyle umbellata* L. Zungsontiporn, S. Weed Science Group, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok, Thailand.

http://en.ftc.org.tw/htmlarea_file/activities/20110826121346/paper-615244292.pdf

Uruguay

Considerada como invasora. InBUy Database of Invasive and Alien Species (IAS).

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>

Zambia

Considerada dentro de 20 especies invasoras de Zambia. Invasive alien plants and their management in Africa. Synthesis Report of the UNEP/GEF Removing Barriers to Invasive Plant Management in Africa (RBIPMA) Project, implemented in four African countries (Ethiopia, Ghana, Uganda and Zambia) between 2005 and 2010.

<https://www.cabi.org/Uploads/CABI/publishing/promotional-materials/african-invasives-book.pdf>

Zimbabwe

Considerada como invasora con un grado de invasividad 3, en el listado de Major Invasive Alien Woody Species in Zimbabwe, Their Purpose of Introduction, Ecosystem Invaded and Their Degree of Invasiveness. Zimbabwe's Fourth National Report to the Convention on Biological Diversity. Ministry of Environment & Natural Resources Management Republic of Zimbabwe.

<https://www.cbd.int/doc/world/zw/zw-nr-04-en.pdf>

Considerada como especie exótica invasora dañina con categoría 3.

Categoría 3 (Invasor declarado):

- No se permiten más plantaciones (excepto con un permiso especial).
- No se permite comercio de material propagativo.
- Las plantas existentes pueden permanecer, pero se debe evitar que se propaguen.
- Prohibido dentro de los 30 m de la línea de inundación de 1:50 años de los cursos de agua o humedales, a menos que se obtenga una autorización.

Macdonald, I.A.W., J.K. Reaser, C. Bright, L.E. Neville, G.W. Howard, S.J. Murphy & G. Preston (eds.). 2003. Invasive alien species in southern Africa: national reports & directory of resources. Global Invasive Species Programme, Cape Town, South Africa. Plant Protection Research Institute, Ministry of Environment, Forestry Commission Zimbabwe.

<http://www.the-eis.com/data/literature/Invasive%20alien%20species%20in%20southern%20Africa.pdf>

7. Resultados del análisis de riesgo de *Melia azedarach*

A continuación, se presenta la justificación y las referencias consideradas para cada pregunta dentro del análisis de riesgo WRA (Weed Risk Assessment; Pheloung, 1995; Pheloung *et al.*, 1999) con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.* (2010) para *Melia azedarach* (ver Apéndice 1):

Historia/Biogeografía

1. Domesticación/Cultivo

1.01. ¿Es una especie domesticada?

R= No (0). *M. azedarach* se ha transportado y cultivado con fines comerciales, ornamentales y de sombra, forestales, artesanales, farmacéuticos y para producción de insecticidas naturales (Mabberley, 1984; Cavoski *et al.*, 2012).

2. Clima y Distribución

2.01. Especie adecuada a climas en México

R= Sí (2). Alta, de acuerdo a los registros, *M. azedarach* puede ocurrir en una variedad de climas en México. De acuerdo a la modelación y al análisis de similitud climática realizados se puede ver una alta adecuación a los climas en casi todo México (Anexo 2, cuadros 1, 2). En México, con base a los registros en la base de datos del proyecto, se presenta en climas del tipo tropical monzónico, tropical seco o de sabana con invierno seco, tropical seco o de sabana con verano seco, subtropical sin estación seca, oceánico verano suave, semiárido cálido, semiárido frío, templado con invierno seco, subtropical con invierno seco, árido cálido. De acuerdo a las modelación que realizamos, el riesgo de invasión por similitud climática es alto en la mayor del país.

2.02. Calidad de la similitud climática

R= Alta (2). Basado en el alto número de registros de distribución nativa e introducida de *M. azedarach*, la planta presenta una alta coincidencia con climas similares de México (ver modelos de similitud climática, Fig. 1 dentro de Apéndice 2).

2.03. Especie adaptable a un rango ambiental muy amplio

R= Sí (1). *M. azedarach* ocurre en sitios con climas tropicales, subtropicales y templados-cálidos, con condiciones estacionales secas (CABI, 2018a). En México se cultiva en zonas secas, subáridas y subhúmedas (Valarezo *et al.*, 2008). Crece a distintas altitudes. Puede también colonizar sitios con vegetación secundaria y degradadas y se encuentra comúnmente a lo largo de caminos y bordes de bosques. Tolera la salinidad y distintos tipos de suelo (NRC, 1983; Alvarado *et al.*, 2013). *M. azedarach* puede crecer en áreas con una precipitación anual de 600-1,000 mm (NRC, 1983). En su rango de invasión es una especie de zonas cálidas, con preferencias a zonas semiáridas y semihúmedas, soporta temperaturas entre 4° y 44°C. Tolera de forma regular la contaminación urbana e industrial, las heladas suaves y los vientos fuertes (Alvarado *et al.*, 2013).

En México, *M. azedarach* crece en climas variados (ver 2.01). Además, analizando los registros que se obtuvieron 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 *M. azedarach* se le encuentra en climas del tipo árido cálido, semiárido cálido, tropical seco o de sabana con invierno seco, subtropical sin estación seca con verano cálido, oceánico verano suave, tropical monzónico, ecuatorial o tropical húmedo, subtropical con invierno seco, semiárido frío, templado con invierno seco. De acuerdo a los registros del área invadida, los climas van del tipo tropical monzónico, tropical seco o de sabana con invierno seco, subtropical sin estación seca con verano cálido, subtropical con invierno seco, oceánico mediterráneo, oceánico verano suave, semiárido cálido, semiárido frío, templado con invierno seco, árido cálido, ecuatorial o tropical húmedo, templado con invierno seco (Tabla 1, en Apéndice 2). Es decir, la especie tiene un alto grado de versatilidad ambiental

2.04. Nativo o naturalizada en hábitats con periodos extensivos de sequía

R= Sí (1). *M. azedarach* es resistente a la sequía, entre 6 a 9 meses (Ayensu, 1983; NRC, 1983; Valarezo *et al.*, 2008; Alvarado *et al.*, 2013). En Guatemala y El Salvador crece en zonas con ocho meses de déficit hídrico (CATIE, 1986). En México, de acuerdo a los registros de ocurrencia en la base de datos *M. azedarach* se presenta en zonas con periodos prolongados de sequías, como en Baja California, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Coahuila y Jalisco, entre otros (de acuerdo a datos del SMN; Apéndice 3).

2.05. Hay evidencia de introducciones repetidas fuera de su rango de distribución natural?

R= Sí. *M. azedarach* fue ampliamente cultivada en Irak hacia el año 879 a.C. (antes de nuestra era), habiendo sido introducida de China. En Gran Bretaña aparentemente fue cultivada por primera vez en el siglo XVI (Mabberley, 1984). Las poblaciones de *M. azedarach* en Europa tienen distintos orígenes, fueron introducidas del Medio Oriente procedentes de India. En Holanda los individuos cultivados fueron traídos del sur de Sri Lanka y su origen era del noroeste de India. También se introdujeron a Europa cultivos de Japón; las plantas cultivadas en Japón provenían de China. En 1830 *M. azadirachta* era cultivada en Inglaterra a partir de material procedente de Australia y semillas traídas de Guinea (Mabberley, 1984). Cultivos del árbol paraíso en Java, Indonesia, son originarios de Japón. Las frutas de *M. azedarach* son muy usadas en la Península Malaya y son importadas de Sichuan, China. La planta procedente de la India fue introducida en el estado de Nuevo León para usarse como ornamental (Estrada *et al.*, 2017).

3. Maleza en cualquier sitio

3.01. Naturalizado fuera de su rango nativo de distribución

R= Sí (2). *M. azedarach* se considera una maleza, naturalizada, invasora (Randall, 2012). Se ha naturalizado en zonas tropicales, subtropicales y templadas en África, América del Sur, Australia, Nueva Zelanda, Indonesia, Japón, el sur de EUA, Hawaii, Bermudas, entre otros (Riba *et al.*, 1996; Hare, 1998; Alvarado *et al.*, 2013; ver Estatus). Se le considera naturalizada en Nuevo León, México (García *et al.*, 2007) (ver además apartado Estatus y base de datos del proyecto).

3.02. Maleza de jardines o de espacios de uso público urbano

R= No (0). No hay evidencias claras. Puede escapar de cultivos (Randall, 2012), por lo que puede invadir zonas urbanas. Se le encuentra en áreas perturbadas tales como vías de paso en caminos y en cercas (Richard y Brown, 2017), así como invade áreas abiertas modificadas después de fuegos o del corte de jardines (UF y IFAS, 2018). Ha invadido así zonas del centro y norte del estado de Nuevo León, México, en partes bajas a distancias entre 200 a 750 m de asentamientos humanos (Estrada *et al.*, 2017). Pero no parece haber generado impactos en estos ambientes ni es sujeto de control.

3.03. Maleza agrícola, hortícola o forestal

R= Sí (4). *M. azedarach* es una maleza, escapada de cultivo, dañina, que la gente debe controlar (Randall, 2012). Se cultiva como árbol ornamental y forestal (Mabberley, 1984). Ocupa las áreas perturbadas y se encuentra de manera común a lo largo de caminos y bordes de bosques (Invasive, 2018).

3.04. Maleza ambiental (campo)

R= Sí (4). Se le considera una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos y que la gente debe controlar (Randall, 2012; NRCS USDA, 2019a). *M. azedarach* puede invadir zonas naturales, como bosques de llanuras inundadas, pantanos y bosques. En general, reduce la diversidad de plantas en cualquier área en la que crece (ver Impactos en la biodiversidad).

3.05. Relación filogenética cercana con especies de malezas

R= No (0). No existen reportes de estas relaciones.

Biología/Ecología

4. Rasgos indeseables

4.01. Produce espinas, o estructuras ganchudas

R= No (0). No presentan estas estructuras (ver apartado de Descripción de la especie).

4.02. Alelopática

R= Sí (1). Se considera que *M. azedarach* tiene propiedades alelopáticas, lo que impide a otras especies colonizar el área cercana (UF y IFAS, 2018).

4.03. Parásita

R= No (0). *M. azedarach* es una planta de crecimiento arbóreo (ver apartado de Descripción de la especie).

4.04. No adecuado para animales de pastoreo

R= Sí (1). Esta especie es tóxica para los animales de pastoreo (ver punto 4.05)

4.05. Tóxica a animales

R= Sí (1). Se ha reportado que la ingesta de frutos provoca envenenamiento en los animales, siendo los cerdos los animales domésticos más frecuentemente envenenados (Méndez *et al.*, 2002). Su contenido en alcaloides la hace útil como planta medicinal y como insecticida, pero también la hace peligrosa, pues algunas sustancias son sumamente tóxicas (sobre todo en los frutos) y pueden causar la muerte tanto a los animales como a la gente (Calderón y Germán, 1993).

4.06. Hospedero de plagas o patógenos reconocidos

R= Sí (1). Se sabe que es hospedero de la mosca blanca de los cítricos, el hemíptero *Dialeurodes citri* que pica las hojas para extraer savia (Pirone, 1978), que es una de las principales plagas de los cítricos atacando a más de 80 especies de plantas (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/18698>).

4.07. Causa alergias o es tóxico para los humanos

R= Sí (1). Se ha reportado envenenamiento tanto en el hombre como en los animales, luego de la ingesta de la planta *M. azedarach* o de sus frutos caídos (Méndez *et al.*, 2002; Ervina y Sukardiman, 2018). La corteza, las hojas, las flores y los frutos son venenosos para los humanos (Richardson y King, 2010). La intoxicación por *M. azedarach* puede causar trastornos gastrointestinales, cardiovasculares, respiratorios o efectos neurológicos, y muerte en casos graves (Phua *et al.*, 2008) (ver Impactos a la Salud).

4.08. Crea un riesgo de incendio en sistemas naturales

R= No (0). Es tolerante al fuego y no hay evidencias de que pueda crear riesgos de incendios (ver Ecología).

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

R= No (0). *M. azedarach* crece bien en pleno sol o semisombra, pero le afecta la sombra total (Guillot, 2009).

4.10. Crece en suelos de México

R= Sí (1). De acuerdo a los registros de la base de datos, se puede determinar que *M. azedarach* puede crecer en México en suelos tipo phaeozem, regosoles, leptosoles, fluvisoles, luvisoles, vertisoles, cambisoles, arenosoles, entre otros (Apéndice 4). De acuerdo a la literatura, el árbol de crece en una amplia gama de suelos, pero el mejor crecimiento se obtiene en margas arenosas, bien drenadas y profundas (Ayensu, 1983).

4.11. Hábito trepador

R= No (0). *M. azedarach* es un árbol (ver apartado de Descripción).

4.12. Crecimiento cerrado o denso

R= Sí (1). Se ha reportado a *M. azedarach* formando matorrales densos en bosques y pantanos, desplazando la vegetación nativa a medida que crece (UF y IFAS, 2018).

5. Tipo de planta

5.01. Acuática

R= No (0). Es un árbol terrestre. Ver apartado de Descripción.

5.02. Pastos (Poaceae)

R= No (0). Es un árbol terrestre. Ver apartado de Descripción.

5.03. Plantas fijadoras de Nitrógeno

R= No (0). Ver apartado de Descripción y Biología e Historia Natural.

5.04. Geófito

R= No (0). Ver apartado de Descripción.

6. Reproducción

6.01. Evidencia de bajo éxito reproductivo en su lugar de origen

R= No (0). No hay reporte de estas evidencias (ver apartado de Biología e Historia Natural).

6.02. Produce semillas viables

R= Sí (1). Se ha reportado que *M. azedarach* tiene un promedio de germinación del 65% en su rango nativo (Ayensu, 1983) (ver apartado de Biología e historia natural).

6.03. Hibrida de manera natural

R= No (-1). *Melia azedarach* forma un híbrido con *Azadirachta indica*. Se ha cultivado el híbrido *Azadirachta indica* x *Melia azedarach*, pero no se tienen registros de que se presenten en forma natural. Este híbrido se ha plantado en Nanjing, China, y ha producido semillas viables (Cheng *et al.*, 2014).

6.04. Autofecundación

R= No (-1). El sistema de floración de *M. azedarach* es monoico, y no se indica nada sobre si las plantas tienen autofecundación (CABI, 2018a).

6.05. Requiere de polinizadores especialistas

R= No (0). No se reportan especialistas.

6.06. Reproducción vegetativa

R= Sí (1). *M. azedarach* se puede reproducir asexualmente. Su propagación asexual se puede dar por raíces, ramas y por esquejes (Ayensu, 1983; Calderón y Germán, 1993; Alvarado *et al.*, 2013). Se reproduce vegetativamente cuando se corta el árbol, produciendo retoños que forman un denso grupo de vegetación. En EUA se reproduce principalmente en el sitio a partir de brotes de raíz (TIPPC, 2004) (ver Biología).

6.07. Tiempo generacional mínimo

R= (-1) *M. azedarach* puede comenzar a florecer a una edad temprana. Es un árbol de crecimiento muy rápido que alcanza más de 5.5 m de altura en 4-5 años y empieza a producir flores como arbusto de 2-3 m (TIPPC, 2004). Por lo anterior, se considera que la floración podría iniciar hacia los 3-4 año de vida.

7. Mecanismos de dispersión

7.01. Los propágulos probablemente puedan ser dispersados no intencionalmente

R= Se desconoce. No se ha reportado que esto ocurra (ver apartado Rutas de introducción).

7.02. Los propágulos se dispersan intencionalmente por el humano

R= Sí (1). Las semillas y esquejes de *M. azedarach* se transportan sobre todo por la gente, para cultivos, siendo la propagación intencional. Se ha cultivado con fines comerciales, forestales y ornamentales, por lo que esta es la principal ruta de introducción en los países, incluido México. Debido a que se le considera una planta ornamental, la propagación intencional de *A. indica* se incrementó y se vende en viveros (Estrada *et al.* 2017) (ver apartados de Rutas de introducción e Historia de la comercialización)

7.03. Los propágulos pueden ser dispersados como contaminantes de productos

R= No (-1). No existen reportes.

7.04. Propágulos adaptados a dispersarse por el viento

R= No (-1). Las semillas de *M. azedarach* no tienen características que les permitan ser dispersadas por el viento (ver Descripción).

7.05. Propágulos con capacidad de flotación exclusivamente en ambientes terrestres

R= Sí (1). Ramas y raíces de la planta pueden ser dispersadas por el agua, dado que crecen en sitios cercanos a cuerpos de agua o en sitios donde al llover se forman corrientes de agua (Henderson y Musil, 1984; Doran *et al.*, 1997).

7.06. Propágulos dispersados por aves

R= Sí (1). *M. azedarach* produce semillas que son dispersadas por animales, y son las aves quienes diseminan de manera efectiva las semillas a largas distancias (Voigt *et al.*, 2011; CISEH, 2018; UF y IFAS, 2018).

7.07. Propágulos dispersados por animales (de manera externa)

R= No (-1). No hay evidencias.

7.08. Propágulos dispersados por animales (de manera interna)

R= Sí (1). Las aves consumen las semillas y las transportan dentro del tracto digestivo, depositándolas posteriormente en otro sitio (Voigt *et al.* 2011).

8. Atributos de persistencia

8.01. Producción de semillas prolífica

R= Sí (1). Tiene una prolífica producción de frutos que maduran y caen al suelo en un corto periodo de tiempo. La producción de semillas por este árbol es grande, con un promedio de alrededor de 35,000-70,000 semillas por árbol y produciendo unas 35,000 plántulas por árbol por año (ver Biología; Ayensu, 1983, Randall y Marinelli, 1996; Jubinsky, 1996; Doran, 1997; Voigt *et al.*, 2011).

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

R= Sí (1). Las semillas *M. azedarach* de retienen la viabilidad por un año en su rango invasivo, o por varios años si se mantienen en un lugar fresco y cerrado (Ayensu, 1983; Doran *et al.*, 1997). En el hemisferio Norte la viabilidad se mantiene hasta 1-3 años (Orwa *et al.*, 2009a) (ver apartado de Biología e historia natural).

8.03. Es controlado por herbicidas

R= Sí (-1). El control químico parece ser el mejor método para controlar a *M. azedarach*. Las aplicaciones foliares de glifosato o triclopyr son bastante efectivas. Los estudios han demostrado que un tratamiento con triclopir al 8% en un muñón cortado es casi

completamente efectivo para eliminar al árbol (Jubinsky, 1996; Kline y Duquesnel, 1996; UF y IFAS, 2018).

8.04. Es tolerante o se beneficia de mutilación, corte, cultivo o fuego

R= Sí (1). Al reproducirse de manera vegetativa, si se dejan las raíces o las ramas, se beneficia del corte; posteriormente, puede escapar de los cultivos (Randall, 2012). Después de un fuego este árbol es capaz de colonizar y se desarrolla (ver Ecología).

8.05. Enemigos naturales efectivos en México

R= No (1). No hay evidencia para México.

Riesgo de invasión de *Melia azedarach* en función de la similitud climática:

Melia azedarach presenta un elevado riesgo de invasión en todo México considerando la similitud climática del país con las áreas de su distribución nativa, pero sobre todo con la de invasión. Solo queda prácticamente toda la península de Baja California con un bajo riesgo (Fig. 12a,b). No queda restringida ni limitada su zona de invasión en ninguno de los casos. Para Norteamérica el riesgo es alto en la zona sureste, más allá de la costa, abarcando Florida, Carolina del Norte y del Sur, subiendo poco al norte; en la parte central tiene un riesgo en Arizona, y en la zona del Pacífico, en California, Oregón y parte del estado de Washington; para Centroamérica el riesgo es muy alto (Fig. 12c).

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 2). Asimismo, se denota la variedad de climas que le son adecuados en México (Apéndice 2).

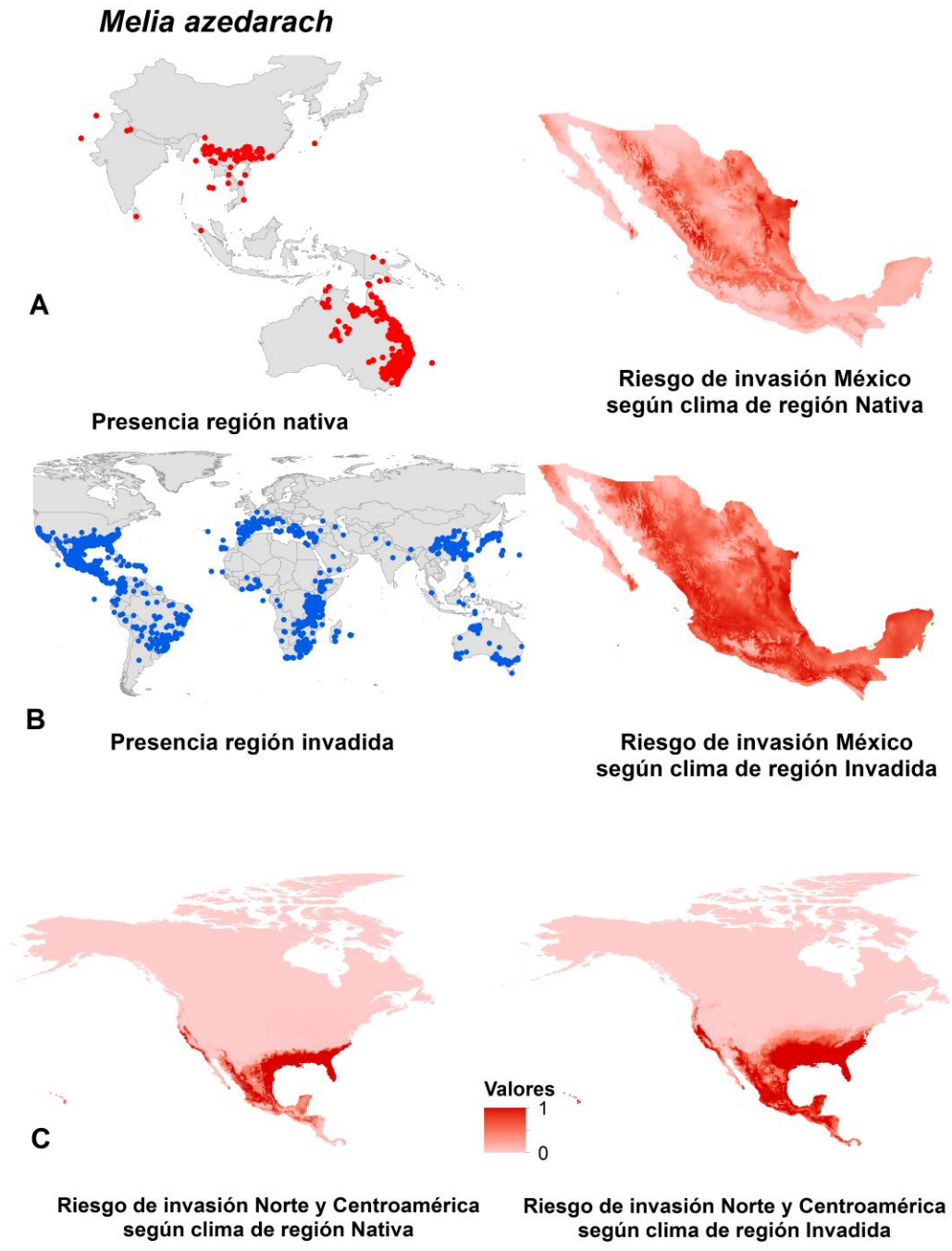


Figura 12. Modelos de Maxent para *Melia azedarach* calibrados en su región nativa (A) y de invasión (B) y proyectados a Norte y Centroamérica (C); notar el riesgo para México dentro de esta región. Los mapas de distribución geográfica potencial de la derecha indican las áreas con condiciones climáticas y topográficas adecuadas para el establecimiento de *Melia azedarach*. Los puntos rojos y azules representan la presencia de la especie en la región nativa e invadida respectivamente.

8. Resultado del Análisis de riesgo de *Melia azedarach*

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, con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.* (2010)) para *Melia azedarach* fue de **26**. Debido a que el puntaje es mayor que 6 (ver Anexo 1 sobre estos valores), el taxón debe ser **Rechazado**.

9. 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 *Melia azedarach* debe ser **rechazada** y considerada como una especie invasora (maleza) de alto riesgo, por lo que no debe de ser comercializada ni permitida 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. De acuerdo al riesgo de invasión obtenido por modelación en función de la similitud climática, se denota que todo México, excepto la península de Baja California, presenta un elevado riesgo de invasión.

Paulownia tomentosa

1. Introducción

Paulownia tomentosa es originaria de China. Es una planta arbórea que puede medir 30 m de altura, que tiene tolerancias climáticas amplias, puede crecer en diversas condiciones climáticas y de altitud, de zonas tropicales a zonas templadas moderadas, e inclusive áridas. Se ha naturalizado ampliamente en varios países después de ser transportada por comercio, es apreciada por distintos usos que se le dan, ornamentales, forestales, forrajeros, medicinales, e inclusive como cortina rompevientos y para dar sombra. Tiene fuertes capacidades invasivas. Se encuentra en 7 estados de México. Prácticamente no se ha estudiado en el país, a pesar de comercializarse. *Paulownia tomentosa* se incluye en el Compendio Global de Malezas y se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva presente en 22 estados. En este compendio se le considera como una planta forestal, que se cultiva; es una maleza naturalizada, invasora, con interés económico, que se escapa de cultivos; una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos y económicos, contaminante, dañina que la gente debe controlar, y es una amenaza al futuro.

1.1 Taxonomía

***Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.**

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Lamiales

Familia: Paulowniaceae

Género: *Paulownia* Siebold & Zucc.

Especie: *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.

1.1.1 Sinónimos

Bignonia tomentosa Thunb.

Paulownia grandiflora hort. ex Wettst.

Paulownia lilacina Sprague

Paulownia imperialis var. *lanata* Dode

Paulownia imperialis Siebold & Zucc.

Paulownia recurva Rehder

Paulownia tomentosa var. *japonica* Elwes

Paulownia tomentosa var. *lanata* (Dode) C. K. Schneid.

Paulownia tomentosa var. *Tomentosa*

Paulownia tomentosa var. *tsinlingensis* (Pai [Bai]) T. Gong

1.1.2 Nombres comunes

Español: Kiri, Paulonia (Aguilar-Ramírez *et al.*, 2001; Frutos, 2018).

Inglés: Royal-paulownia, empress-tree, princess-tree, paulownia (Bonner y Burton, 1974).

1.2 Descripción

Paulownia tomentosa es un árbol decíduo, que mide entre 21-32 m de altura, de copa amplia, umbeliforme, 1.2-2 m de diámetro. Es ramificado, tiende a tener varios pisos de ramas laterales cuando se cultiva al aire libre; en bosques, el tronco es recto. El color de la corteza es pardo a negro, cuando el árbol es joven el tronco muestra lenticelas notorias, glandular viscidas cuando son jóvenes; conforme el árbol se va desarrollando se forman grietas verticales. Las ramas son robustas, pero frágiles, las hojas miden 15-30 cm de largo y 10.2 cm de ancho, pero las hojas de los rebrotes juveniles llegan a medir 0.9 m de largo y

50-80 cm de ancho. Las hojas cordadas, crean una corona en forma de sombrilla. Las hojas jóvenes están cubiertas de pelos epidérmicos en ambos lados; la superficie abaxial densamente o esparcidamente pubescente, adaxialmente esparcidamente pubescente, ápice agudo. La inflorescencia es una panícula terminal, erecta, es un tirso piramidal o estrechamente cónico, de 15-30 cm de largo, con dos a cinco flores; las cimas de 3 a 4 floreadas; pedúnculos 1-2 cm, casi tan largos como los pedicelos. Cáliz algo campanulado, ca. 1.5 cm, la superficie exterior tomentosa; lóbulos hasta la mitad o más que la longitud del cáliz, ovado-oblongos. Flores perfectas tubulares de 5-6 cm de largo, campanulada a funeliforme, de color violeta a blanquecino; estriada ventralmente, superficie externa glandular, superficie interna glabra; limbo ca. 4.5 cm de diámetro. Estambres de hasta 2.5 cm. El ovario ovoide, glandular. Estilos más cortos que los estambres. Capsula ovoide, 3-4.5 cm, densamente glandular viscido; el pericarpo ca. 1 mm; los lóbulos del cáliz persistentes, de forma aplanada. El fruto es una cápsula ovalada de 2 partes, de 2.5 a 4 cm de largo y de 2.5 cm de diámetro, cuando madura es color café. Cada parte de la cápsula tiene 2 compartimentos que contienen numerosas semillas aladas muy pequeñas de 1.5-3 mm de largo, elipsoidales. El sistema radicular es extenso, no crea una raíz principal fuerte, las raíces superiores son delgadas, muy ramificadas y abundantes (Zhao-Hua *et al.*, 1986; Yadav *et al.*, 2013; Icka *et al.*, 2016).

1.3 Biología e historia natural

1.3.1 Biología

P. tomentosa se puede reproducir tanto sexualmente por semillas, como asexualmente a partir de raíces y ramas (Zhao-Hua *et al.*, 1986; Longbrake, 2001; Yadav *et al.*, 2013). En general, se sabe que el árbol produce inflorescencias antes de que aparezca el follaje, a principios de primavera (abril a mayo), mientras que los frutos maduran a finales del otoño (septiembre y octubre); los frutos se abren entonces y liberan las semillas (Longbrake, 2001). En su rango nativo, el sur de China, *Paulownia tomentosa* empieza a florecer a los

dos años después de plantarse; florece de marzo a mayo y fructifica entre agosto-septiembre (Zhao-Hua *et al.*, 1986). En cuanto a su zona de invasión, paulonia en EUA florece de abril a mayo y se reporta que empieza a producir semillas a partir de los 8 o 10 años de edad (Bonner, 1990). En Canadá florece a principios de primavera. Las flores permanecen dos días frescas, después la corola se marchita; en otoño las hojas caen y se abren los frutos, liberando sus semillas; en sitios más fríos los capullos florales aparecen en invierno (Hough, 1907). En México, en el Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, Michoacán, el inicio de floración se da en junio y julio, y continúa de agosto a octubre; pierde sus hojas de noviembre a enero, y entra en estado de latencia; el brote de nuevas yemas ocurre de enero a mayo (Aguilar-Ramírez *et al.*, 2001; Chávez-León, 2006).

En un comparativo entre poblaciones del rango nativo y de invasión, para las zonas en que existe información, se encuentra en general las épocas de floración y fructificación son similares. Los árboles tardan más tiempo en producir semillas en su rango de invasión que en el nativo.

<i>Paulownia tomentosa</i>	Rango nativo	Rango de invasión
Biología	<p>Produce inflorescencias a principios de primavera (abril a mayo), mientras que los frutos maduran a finales del otoño (septiembre y octubre) (Longbrake, 2001).</p> <p>En el sur de China, empieza a florecer a los dos años después de plantarse; florece de marzo a mayo y fructifica entre agosto-septiembre (Zhao-Hua <i>et al.</i>, 1986).</p>	<p>En EUA, florece de abril a mayo y se reporta que empieza a producir semillas a partir de los 8 o 10 años de edad (Bonner, 1990).</p> <p>En Canadá, florece a principios de primavera. En otoño las hojas caen y se abren los frutos, liberando sus semillas; en sitios más fríos los capullos florales aparecen en invierno (Hough, 1907).</p> <p>En México (Parque Nacional Barranca del</p>

		Cupatitzio, Michoacán), el inicio de floración se da en junio y julio, y continúa de agosto a octubre; pierde sus hojas de noviembre a enero. El brote de nuevas yemas ocurre de enero a mayo (Aguilar-Ramírez <i>et al.</i> , 2001; Chávez-León, 2006).
--	--	--

En cada fruto de *P. tomentosa* puede haber hasta 2,000 semillas; si en 1 gramo hay hasta 5,000 semillas, un kilogramo puede contener de 4 a 6 millones de semillas, por lo que un solo árbol puede producir anualmente unas 20 millones de semillas (Bonner, 1990; Zhao-Hua *et al.*, 1986; Yadav *et al.*, 2013).

Las ligeras, pequeñas y aladas semillas son diseminadas por el viento una vez que el fruto se abre (Zhao-Hua *et al.*, 1986).

La germinación de sus semillas requiere de mucha luz (Zhao-Hua *et al.*, 1986). Se han hecho estudios en condiciones controladas para dilucidar la fisiología y germinación de la semilla (Longbrake, 2001). Por ejemplo, en Arkansas se recolectaron semillas y se realizó un experimento con diferentes tratamientos para determinar bajo qué condiciones germinaban mejor, con o sin luz principalmente; el 50% de las semillas frescas, no tratadas, en presencia de luz germinaron; se denotó que las semillas empezaron a germinar a los 10 días, y a los 20 días la tasa incrementó. En el tratamiento en ausencia de luz, solo germinó el 20%, la germinación empezó a los 20 días; en el experimento de semillas estratificadas a 4°C por dos meses en presencia de luz, germinaron 98% de las semillas, empezando a germinar antes de los 5 días; a los 20 días ya habían germinado todas las semillas; este experimento pero en ausencia de luz produjo una germinación del 98% de las semillas a los 10 días, empezando a germinar antes de los cinco días; las semillas almacenadas en seco a 4°C por dos meses en presencia de luz, tuvieron 70% de germinación, empezando a germinar a los 10 días; en ausencia de luz, el 35% de las semillas germinaron, y la

germinación empezó a los 10 días; las semillas frescas tratadas con ácido giberélico con presencia de luz, produjeron una germinación del 92%, y antes de los cinco días empezaron a germinar; a los 20 días aumentó la tasa de germinación; en ausencia de luz, germinó 48% de las semillas, y la germinación empezó antes de los cinco días (Carpenter y Smith, 1981). En otro estudio se colectaron semillas frescas de paulonia también en Arkansas probando distintas temperaturas; el 90% de las semillas de germinaron en 19 días a temperaturas de 20°C a 30°C. Semillas que fueron probadas a 30°C con 8 horas de luz, provocó que 86% germinara en 9 días (Bonner y Burton, 1974).

Se estudió la viabilidad de las semillas almacenadas en seco a 4°C y semillas estratificadas a 4°C; en ambos tratamientos las semillas fueron viables hasta 3 años con un alta tasa de germinación que oscilaban de 85 a 98% (Carpenter y Smith, 1979).

En La Paz, Baja California Sur, bajo condiciones controladas, ya había germinado el 66.6% de las semillas de *P. tomentosa* a los cinco días, y a los 19 días el 83.3% (Llano-Sotelo, 2009).

En un experimento llevado a cabo en el bosque de la Estación Experimental de Vida Silvestre de Waterloo, Iowa, EUA, se encontró que la latencia y dormancia de la semilla varían de acuerdo al hábitat y a la posición en el perfil de suelo. Las semillas que se encuentran enterradas podrán germinar cuando ocurra alguna perturbación que las lleve a la superficie y obtengan luz; si se encuentran enterradas a 5 cm tienen más probabilidades de quedarse latentes; asimismo, las semillas enterradas tienen una menor mortandad. Las semillas que se liberan del fruto presentan dormancia forzada y germinan con temperaturas templadas, luz y agua; sin embargo, una pequeña parte de semillas permanece fisiológicamente inactiva (dormancia). Se concluyó que la semilla puede permanecer viable hasta por 15 años; por ende, este estudio demuestra que las semillas pueden crear un banco de semillas persistente y viable (Longbrake, 2001).

Paulonia se ha reproducido significativamente después de incendios forestales, por lo que se considera que es resistente al fuego (Langdon y Johnson, 1994).

En cuanto a la reproducción asexual, vegetativa, *P. tomentosa* es capaz de generar brotes a partir de raíces enterradas (Zhao-Hua *et al.*, 1986). Las plántulas pueden generar rebrotes

desde sus raíces a las 4 semanas de haber germinado, pueden rebrotar incluso con poca luz y en áreas con alta densidad de herbívoros (Longbrake, 2001). Lo anterior quiere decir que puede reproducirse por brotes de la raíz (CABI, 2018b; NRCS USDA, 2019b).

P. tomentosa es un árbol que tiene una alta tasa de crecimiento si se encuentra bajo condiciones favorables (Akyildiz y Sahin-Kol, 2010). En plántulas se ha registrado que crece hasta 2 metros en un año (Williams, 1993a). En su rango nativo, en China, en árboles de cinco años paulonia incrementa anualmente 1.9 m de altura, 3 cm de DAP (diámetro altura pecho) y 0.0716 m³ de volumen de madera. Se encontró que detiene su crecimiento en una temperatura promedio de 20°C (Zhao-Hua *et al.*, 1986). La ruta fotosintética de *P. tomentosa* es C₄ con un alto nivel de materia orgánica en sus hojas (Wood, 2008).

P. tomentosa es una especie diploide. Debido a su importancia económica y para mejorar su rendimiento se ha inducido a la producción de genotipos autotetraploides, derivados de plantas progenitoras diploides, utilizando colchicina; este genotipo tetraploide muestra mejor tolerancia al estrés abiótico, la sequía, el frío, ácido abscísico y al estrés oxidativo y salino, en comparación con los genotipos diploides (Fan *et al.*, 2014).

1.3.2 Ecología

Paulownia tomentosa en su rango nativo, China, crece en vegetación natural principalmente a lo largo de ríos y valles abiertos (Zhao-Hua *et al.*, 1986). En el este de China se le encuentra en bosques mesófilos caducifolios en menor medida. Crece asociado a especies de *Acer*, *Castanea*, *Cunninghamia*, *Fraxinus*, *Pinus*, *Quercus* y *Tilia* (Williams, 1993b). También en su rango nativo, en el sur de China, las especies de *Paulownia* son consideradas especies pioneras. No pueden regenerarse naturalmente en bosques cerrados, debido a la demanda de luz de sus semillas para germinar. Crece no obstante bien en áreas abandonadas, sitios talados o quemados.

Se le encuentra en clima tropical seco y húmedo, subtropical húmedo, con verano seco tropical e invierno seco subtropical. También en climas semi-áridos.

En cuanto a variables de altitud, temperatura y precipitación, lo reportado para zona de invasión no cambia de lo que ocurre en su rango nativo; sí parece variar en cuanto a que en su rango nativo ocurre en sitios donde hay descensos de temperatura hasta los -20°C; también en cuanto a que en su rango de invasión puede colonizar suelos más ácidos:

<i>Paulownia tomentosa</i>	Rango nativo	Rango de invasión
Ecología	Se le puede encontrar hasta los 3,000 msnm, pero más comúnmente entre 1,500 a 1,800 msnm (sur de China; Llano-Sotelo, 2009; Cazanga <i>et al.</i> , 2010; CABI, 2018b).	En México, (Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, Michoacán), se encuentra a 1,700 msnm (Prado, 1981; Chávez-León, 2006).
	En el sur de China, crece en sitios con temperaturas que oscilan entre 17 a -11°C, con temperatura máxima de 40°C y mínima de -20°C (Llano-Sotelo, 2009). La temperatura promedio de los sitios donde ocurre es de 15 a 34°C (Cazanga <i>et al.</i> , 2010; CABI, 2018b). Los adultos resisten heladas, pero las semillas y las plántulas no (Zhao-Hua <i>et al.</i> , 1986).	En México, se encuentra en sitios con temperatura media anual de 16.3°C (Prado, 1981; Chávez-León, 2006).
	La precipitación donde ocurre oscila entre 500 a 2,000 mm (Cazanga <i>et al.</i> , 2010; CABI, 2018b). En China puede crecer también bien en áreas con precipitación anual inferior a 500 mm, soportando de 3 a 9 meses de sequía. Es resistente al estrés hídrico (Llano-Sotelo, 2009).	Se encuentra en sitios de México, con precipitación media anual de 1,335 mm (Prado, 1981; Chávez-León, 2006).
	Crece en suelos con pH de 5 a 8.5, no crece bien en suelos salinos (Zhao-Hua <i>et al.</i> , 1986).	Puede invadir suelos con un pH ácido, de hasta 4 (Longbrake, 2001). En México, se le encuentra en sitios con suelos con pH de 6 a 7

		(Prado, 1981; Chávez-León, 2006).
--	--	-----------------------------------

En distintos experimentos se ha observado que *P. tomentosa* crece mejor en temperaturas que oscilan entre 24 a 29°C, y mientras más alta sea la temperatura será mejor el crecimiento (Zhao-Hua *et al.*, 1986). Esta planta crece bien en suelos arenosos y con buen drenaje, aunque tolera suelos rocosos y suelos relativamente infértiles (Beckjord y McIntosh, 1983; Zhao-Hua *et al.*, 1986).

En EUA, *P. tomentosa* es una especie pionera, no tolera la sombra y es susceptible a procesos competitivos (Bonner, 1990). Sin embargo, en la guía de los gremios de especies en el bosque central de madera dura, paulonia no se comporta como las especies del gremio de pioneros, sino que podría ser un caso atípico y pertenecer al gremio de oportunistas (Longbrake, 2001).

En Austria (exótica), *P. tomentosa* es una especie pionera, crece principalmente en áreas perturbadas urbanas, con mayor frecuencia en las grietas entre los adoquines, vegetación ruderal xerofítica y hábitats ferroviarios. En hábitats naturales se encuentra en menor medida, en bosques abiertos, en áreas de reforestación tempranas, y a lo largo de ríos o zonas de riberas. Algunas poblaciones forman rodales puros (Essl, 2007). Las plantas más comunes asociadas a *P. tomentosa* en este país son *Taraxacum officinale*, *Alianthus altissima*, *Poa annua*, *Polygonum aviculare*, *Conyza canadensis*, *Plantago major* y *Salix caprea* (Essl, 2007).

P. tomentosa es fuertemente afectada por el agua estancada, inclusive hasta llegar a morir si esta condición prevalece por 3 o 4 días; es sensible a la profundidad del nivel freático subterráneo, el cual debe estar máximo a 1.5 m hacia abajo. Puede ser sensible al frío; los brotes son más resistentes al frío que las plantas jóvenes de un año de edad debido a que detienen su crecimiento antes y aumenta la lignificación de la madera. Las plántulas poco lignificadas o plantas juveniles débiles, son susceptibles a las heladas durante el invierno; en las partes dañadas, la pudrición cutánea empieza a aparecer, lo cual es causado por

hongos xilófagos que tienen efectos sobre el crecimiento del árbol y la calidad de la madera (Zhao-Hua *et al.*, 1986).

En árboles jóvenes de paulonia un 70% de sombra puede provocarles la muerte. En un bosque mixto de seis años de *P. tomentosa* y *Populus nigra* con separación de 3 x 2 m, hubo una mortalidad del 20% de *P. tomentosa* aparentemente por procesos competitivos. Los árboles jóvenes, incluso los árboles bien establecidos, se ven afectados por los fuertes vientos (Zhao-Hua *et al.*, 1986).

En los Apalaches del Sur, EUA (exótico), *P. tomentosa* invade las áreas perturbadas por incendios, crea una densa cubierta vegetal y con sus grandes hojas no permiten el paso de la luz al suelo, perjudicando a la vegetación de los niveles más bajos (Lovenshimer, 2016).

P. tomentosa tiene palatabilidad para los vertebrados (Longbrake, 2001). No obstante, se desconoce si dispersan sus semillas. En estudios sobre la ecología de la semilla en el bosque de la Estación Experimental de Vida Silvestre Waterloo, Ohio, EUA, se encontró que existía muy poca depredación o daños causados por herbívoros a las semillas de *P. tomentosa*. Se observó que en algunas bolsas de semillas faltaban todas o la mayoría de las semillas, pero no encontraron rastros del granívoro, por lo que deducen que tal vez fuera un granívoro pequeño, tal vez un invertebrado (Longbrake, 2001).

En EUA, *Paulownia tomentosa* es hospedero de *Trialeurodes vaporariorum*, conocida como la mosca blanca (Russell, 1948). En EUA, el hongo más común en los árboles de *P. tomentosa* es *Phyllosticta paulowniae*, que produce pequeñas manchas marrones en las hojas. Se han encontrado también dos mohos, *Phyllactinia guttata* y *Uncinula clintonii* (Bonner, 1990). (ver Figs. 13-17).

1.3.3 Especies con las que *Paulownia tomentosa* puede hibridar

Se pueden formar híbridos de *Paulownia tomentosa* con *Paulownia fortunei* (Li *et al.*, 2014; Fan *et al.*, 2016; Deng *et al.*, 2017) y de *Paulownia elongata* x (*Paulownia elongata* x *Paulownia tomentosa*) (Chunchukov y Yancheva, 2015). Estos son híbridos inducidos.

El cruzamiento entre *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei*, es un híbrido autotetraploide sintetizado, llamado yuza 1; este híbrido tiene mayor resistencia que un árbol diploide, mayor rendimiento, resistencia a la sequía y crece prominentemente en suelos infértiles (Li *et al.*, 2014; Fan *et al.*, 2016; Deng *et al.*, 2017). En China, plantaciones de híbridos de *P. tomentosa* x *P. fortunei* de cinco años de edad tuvieron un DAP de 32 cm. Se desconocen los efectos de estos híbridos en el ambiente.



A) Flores perfectas tubulares de *Paulownia tomentosa*. Autor, a) David David Illig^{CC}; b) Tim Waters^{CC}; c) Barbara Baldocchi^{CC}.



B) Brotes florales *P. tomentosa*. Autor: Peter Kirkland – www.plantfile.com^{PA}.

a)



b)



c)



C) Racimos de inflorescencia de *P. tomentosa*. Autor: a) y b) Tim Waters^{CC}; c) Tatters^{CC}.

a



b



c



D) Inflorescencia de panícula terminal erecta. Autor: a) Eric Hunt^{CC}; b) Nicholas Turland^{CC}; c) Tatters^{CC}.

Figura 13. Flores e inflorescencias *Paulownia tomentosa*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

a)



b)



c)



A) Racimos de frutos maduros y secos. Autor: a) y c) Mauricio Mercadante^{CC}; b) Hermann Falkner^{CC}.



B) Fruto inmaduro de *P. tomentosa*. Autor: Peter Kirkland – www.plantfile.com.

a)



b)



c)



C) Brotes y hojas juveniles. Autor, a) y b) Ting Che^{CC}; c) Olive Titus^{DP}.

a)



b)



c)



D) Hojas de plantas juveniles y hojas maduras en imagen inferior. Autor: a: Steve Guttman^{CC}; b: Joel Abroad^{CC}; c: Harum Koh^{CC}.



E) Hoja de *P. tomentosa* junto a hoja de *Quercus palustris*. Autor: David Illing^{CC}.



F) Hojas de *P. tomentosa*; checar su tamaño en comparación con los perros de raza pequeña. Autor: Steve Guttman^{CC}.

Figura 14. Frutos y hojas de *Paulownia tomentosa*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

a



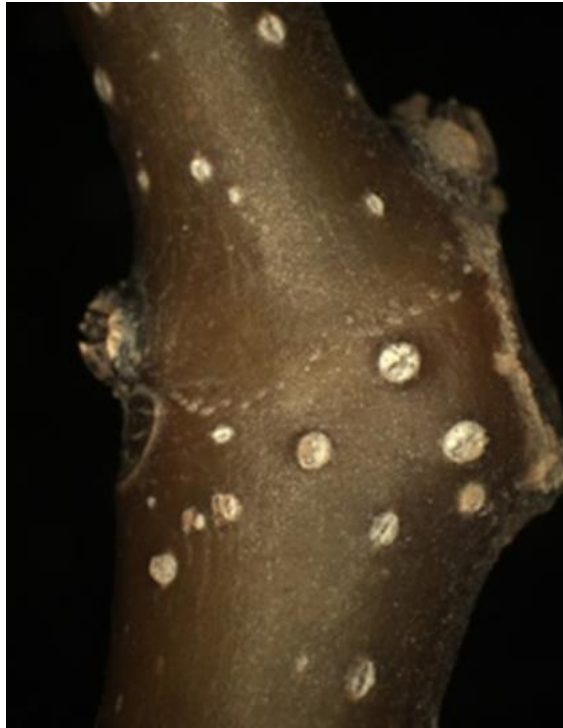
b



c



A) Tronco y corteza de un árbol maduro. Autor: a) Olive Titus^{DP};
b) Barry Hammel^{CC}; c) Steve Severinghaus^{CC}.



B) Lenticelas del tallo, característica de árboles jóvenes de *P. tomentosa*. Autor: Bruce Kirchoff^{CC}.



C) Médula maderea de un tallo joven de *P. tomentosa*. Autor: Bruce Kirchoff^{CC}.

Figura 15. Tronco y corteza de *Paulownia tomentosa*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



Figura 16. Porte de árbol de *P. tomentosa*. Autor: Tim Waters*



a) *P. tomentosa* creciendo en zonas frías. Autor: Auton^{CC}.



b) Árbol creciendo sobre la pared de una construcción. Autor: DC Green Infrastructure^{CC}.



c) *P. tomentosa* creciendo en zona de construcción abandonada. Autor: Donald Lee Pardue^{CC}.



d) Plántula de *P. tomentosa* como parte de la vegetación ruderal. Autor: Laura Blanchard^{CC}.

Figura 17. Hábitat de *Paulownia tomentosa* en sitios de invasión. Ver las características de los ambientes de crecimiento, humanizados. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

1.4 Estatus

Paulownia tomentosa ha sido cultivada en China desde hace 3,000 años. Es una especie a la que se han dado múltiples usos tanto dentro de China como en el exterior. Del total de países que la mencionan en documentos en su legislación, en 13 países se le clasifica como una especie exótica invasora, entre ellos EUA. *Paulownia tomentosa* se incluye en el Compendio Global de Malezas (Randall, 2012) y se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva e invasora presente en 22 estados (NRCS USDA 2019a: <https://plants.sc.egov.usda.gov/core/profile?symbol=PATO2>). Se le considera un árbol invasor (Richardson, 2011) y una planta forestal, cultivada, que escapa de cultivos, que se naturaliza; se torna en una maleza con interés económico, es una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos y una maleza agrícola con efectos económicos; es también considerada una maleza contaminante, dañina que la gente debe controlar, y es una amenaza al futuro (Randall, 2012; NRCS USDA, 2019b). En México se tienen registros en 7 estados. La familia Paulowniaceae y el género *Paulownia* son nativos de Asia. No existen especies congéneres nativas de México.

1.4.1 Distribución nativa

China (Essl, 2007) (Fig. 18).

1.4.2 Distribución de invasión

Alemania, Argentina, Australia, Austria, Bélgica, Brasil, Corea del Sur, Corea del Norte, Croacia, Eslovenia, España, EUA, Francia, Gran Bretaña, Guyana, Hungría, India, Italia, Japón, Nueva Zelanda, Pakistán, Paraguay, República Checa, Rumania, Suiza, Taiwán, Turquía y México (Aguilar-Ramírez *et al.*, 2001; Essl, 2007; Akyildiz y Sahin-Kol, 2010; Sankara y Suresh, 2013; CABI, 2018b; DAISIE, 2019a) (Fig. 18).

1.4.3 Distribución en México

En México, se le reporta en Michoacán, Nayarit, Estado de México, Aguascalientes, Jalisco, Durango y Baja California Sur (Base de datos del proyecto). Aunque se le ha considerado para la ciudad de México, no se encontraron registros para esta ciudad en las bases de datos consultadas (Fig. 19).

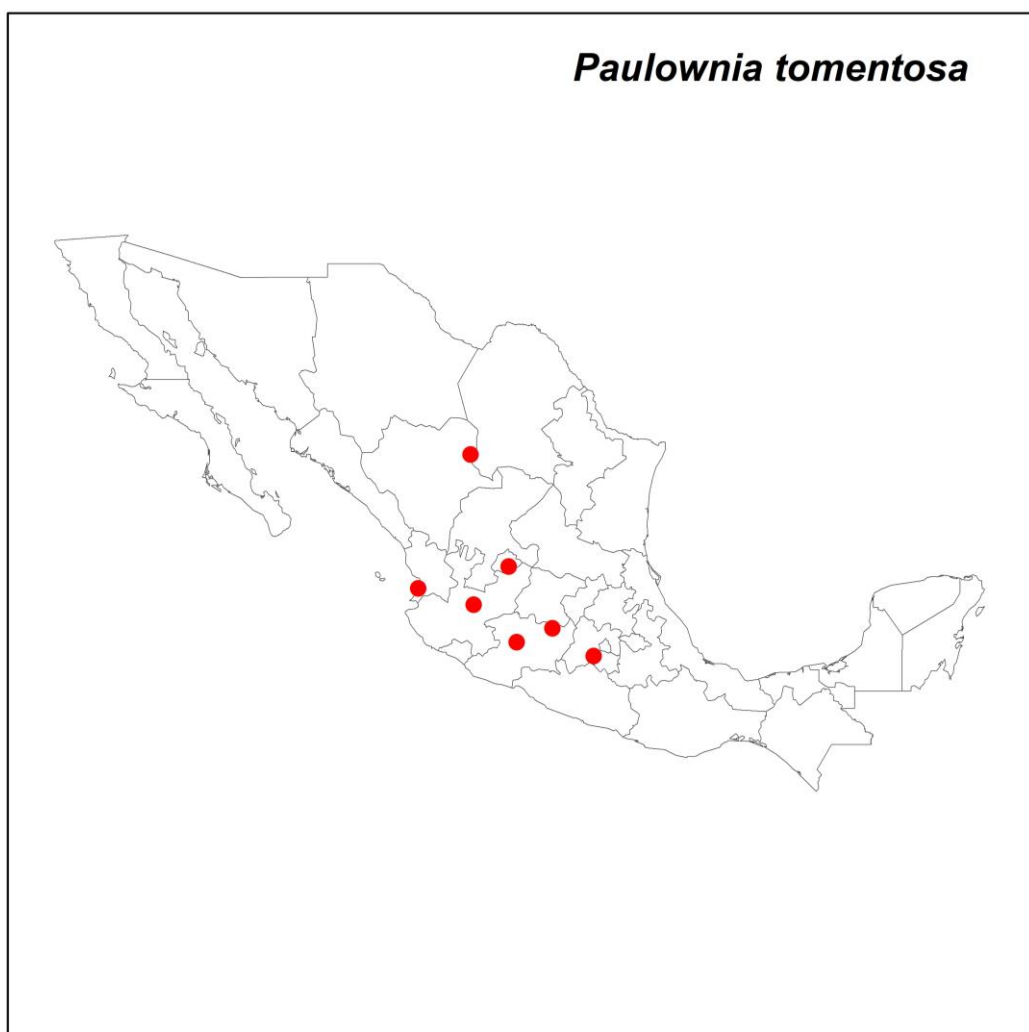


Figura 19. Mapa mostrando la distribución de *Paulownia tomentosa* en México, por estados. Fuente: registros de la base de datos del proyecto.

2. Rutas de introducción

Las semillas de *Paulownia tomentosa* al ser aladas y pequeñas pueden ser dispersadas por el viento. también pueden dispersarse por agua. Tanto las semillas y las raíces con sus brotes pueden ser arrastradas por el agua. Las plantas de paulonia son palatable para los vertebrados (Longbrake, 2001), por lo que las semillas podrían ser dispersadas de manera interna por los mismos; no hay registros.

Al parecer la actividad humana es el principal vector para la introducción y dispersión de *P. tomentosa*, transportando semillas para su cultivo y comercialización, lo cual puede ocasionar posteriores escapes (CABI, 2018b).

2.1 Origen e historia de los individuos comercializados

En el centro de Europa, *Paulownia tomentosa* fue introducida como ornamental en 1834. El primer registro en Alemania fue aproximadamente en 1925, y el primero en Austria, en la ciudad de Viena, fue a mediados de la década de 1960 (Essl, 2007). A EUA, este árbol fue introducido en 1844 como especie ornamental, procedente del este de Asia (Williams, 1993a). Se empezó a cultivar en 1970, porque hasta entonces las compañías aserraderas se dieron cuenta del fuerte mercado de *Paulownia* (Clatterbuck y Hodges, 2004). En Turquía, paulonia fue introducida por un programa llamado “Introducción y adaptación de *Paulownia spp.* en Turquía”, con semillas importadas de 6 comunidades de China (Ulu *et al.*, 2002). Inició su introducción en los parques de la parte central y sur de Europa como ornamental; después de 1989 tenía grandes plantaciones para explotación forestal en Italia y se usó como cortina rompevientos en el mediterráneo. Desde los años 50’s se empezó a introducir en Brasil, Paraguay, Argentina y Australia donde se usa para producción forestal de madera (CABI, 2018b).

P. tomentosa fue introducida en EUA en 1844, como especie ornamental, procedente del este de Asia (Williams, 1993a). Se empezó a cultivar en este país en 1970, porque las

compañías aserraderas conocieron el fuerte mercado de *Paulownia* (Clatterbuck y Hodges, 2004). En Canadá, *P. tomentosa* fue introducida como ornamental desde China y Japón (Hough, 1907).

Para México, se desconoce el origen de las plantas de *P. tomentosa* comercializadas.

2.2 Historia de la comercialización en México

No se encontraron documentos de la forma en que *Paulownia tomentosa* ingresó a México. Pero al parecer tuvo fines ornamentales y de reforestación. Se ha encontrado en fuentes de internet (por lo que la información debe tomarse con precaución) que en 2014 se inició el programa de reforestación con mil árboles de *P. tomentosa* en los jardines del Sistema Municipal de Parques Temáticos de Tijuana (SIMPATT), de las cuales 600 se plantarían en el Parque Morelos, 300 en el Parque de la Amistad y 100 en las diferentes delegaciones del municipio (EN CONTACTO, 2014). En Monterrey, Nuevo León se ha promocionado y distribuido *Paulownia tomentosa* desde 2016, a través de una red social con el perfil de “Árbol Kiri en Monterrey” (Frutos, 2018); en esta red social, el promotor del perfil menciona que introdujo desde 2014 el híbrido Shan Tong, que resulta del cruzamiento de *P. tomentosa* x *P. fortunei*; indica que desde entonces lo ha reproducido vegetativamente; de los árboles que ha vendido, se han plantado exitosamente en la Casa Santa María de los Ángeles, Cadereyta Jiménez, Nuevo León, en septiembre de 2017; en Quinta JOS, La Barranca, Cadereyta Jiménez, Nuevo León, el 6 de junio de 2016; en Montemorelos, Nuevo León; en Cerradas de Cumbres Sector Verona, Monterrey, Nuevo León; en Saltillo, Coahuila; en marzo de 2017, personal del municipio Charcas de San Luis Potosí adquirió plántulas del híbrido Shan Tong para la reforestación del municipio.

En Aguascalientes, Aguascalientes, en la Alameda, se ha plantado *P. tomentosa* como ornamental (Cerde-Lemus y González-Adame, 2008). En La Paz, Baja California Sur, se sembraron 3 especies de *Paulownia*, entre ellas *P. tomentosa*, para una investigación de estrés hídrico, sembrando los árboles bajo condiciones controladas en invernadero y campo (Llano-Sotelo, 2009). En Zapopan, Jalisco, el Vivero Forestal Encanto produce árboles de *P.*

tomentosa para la venta con envíos a diferentes partes de México (Vivero Forestal Encanto, 2019). En el país, se le da entonces básicamente un uso ornamental y para reforestación. En la ciudad de México, se había recomendado plantar *Paulownia tomentosa* en viabilidades primarias y zonas industriales, porque consideraron que es una especie resistente a la contaminación (Dirección de Reforestación Urbana, s/f). Pero no se sabe si esta recomendación prosperó.

En Mazatán, Chiapas, se localiza el vivero “Naturaleza Viva-Paulownias de México”. Este vivero tiene centros de distribución en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; Tapachula, Chiapas; Ciudad de México, Estado de México; Ensenada, Baja California y Tabasco (Naturaleza Viva, 2018). De acuerdo a un video publicado en sus redes sociales, ellos distribuyen el híbrido Shan Tong (*P. tomentosa* x *P. fortunei*); este híbrido fue ofrecido al gobernador de Chiapas, el cual se interesó por la planta para plantaciones en el estado y pidió que se le presentara la información sobre la especie (Escobar-Maldonado, 2019).

En Ciudad Lerdo, Durango, se reproducen plantas en el Vivero Municipal para la reforestación en las colonias de Lerdo (González, 2018). Y en Bahía Banderas, Nayarit, se llevó a cabo el “Proyecto kiri” para hacer invernaderos con plantas de *P. tomentosa*, para donarlas a los ciudadanos que quieran obtener una planta de kiri con el objetivo de “contribuir a frenar al cambio climático” (Ruiz, 2017).

2.3 Usos y comercialización

Aunque se desconoce a detalle la historia de su comercio, se sabe que el género *Paulownia* ha sido cultivado en China desde hace 3,000 años (Icka *et al.* 2016). Ello da idea de su importancia y de su utilidad, siendo una especie aceptada a la que se han dado múltiples usos tanto dentro de China como en el exterior.

P. tomentosa presenta múltiples beneficios, ya que es usada para regenerar suelos dañados por la minería y en proyectos de reforestación (Beckjord *et al.*, 1985). También para control de erosión y la estabilización de suelos, y como cortinas rompevientos (CABI, 2018b).

Además de estos usos, desde los usos iniciales en China ha tenido importancia como árbol maderable y ornamental, pero su uso en la medicina tradicional fue remarcable. Actualmente, se le considera útil para distintas actividades productivas, desde su uso maderable forestal, para hacer artesanías, instrumentos musicales de cuerda; para la construcción de casas, en la elaboración de muebles, como pulpa para papel, y como forraje para cerdos, ovejas y conejos; también para la producción de miel y de perfumes y cremas. Las características de la madera del género *Paulownia* la hacen muy popular en el mercado mundial, puesto que es de madera fuerte, uniforme y liviana, resistente a la pudrición, tiene estabilidad dimensional y un punto de ignición muy alto. Los japoneses la buscan mucho para carillas y artefactos tradicionales (Beckjord y McIntosh, 1983; Akyildiz y Sahin-Kol, 2010). *Paulownia tomentosa* es la especie más conocida de las plantas de este género y se planta en el norte de China, en su área nativa de distribución, por su madera de alta calidad. La madera es usada con múltiples propósitos, tales como para producir instrumentos musicales de cuerda como el koto tradicional de Japón (Figura 20a), para la construcción de casas, como pulpa para papel, en la elaboración de muebles, de artesanías como maceteros (Figura 20b); no es adecuada para usos donde se requiera fuerza mecánica. También se usa como forraje para cerdos, ovejas y conejos (Zhao-Hua *et al.*, 1986; Akyildiz y Sahin-Kol, 2010). Ha sido usado en la medicina tradicional china para el tratamiento de bronquitis, gripa, asma y control de la presión sanguínea, así como traqueitis crónica (Boydak, 2000).

Se ha introducido como ornamental a Europa y EUA. La abundante floración de *Paulownia* permite la producción de miel, y recientemente las flores han sido usadas para la producción de perfumes y cremas (Icka *et al.*, 2016).

Tiene un éxito limitado como cultivo de madera en Brasil, Paraguay, Argentina y Australia (Cossalter y Pye-Smith, 2003). *P. tomentosa* es usada para regenerar suelos dañados por la minería y en proyectos de reforestación (Beckjord *et al.*, 1985). También para control de erosión y la estabilización de suelos, y como cortinas rompevientos (CABI, 2018b).



a) El Koto es un instrumento musical de cuerdas tradicional japonés, realizado con madera de *P. tomentosa*. Autor: Scott Schryvers^{CC}.



b) Macetero con forma de pequeños demonios hecho de paulownia.
Autor: Mitch Huang^{CC}.

Figura 20. Usos de la madera de *Paulownia tomentosa*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

2.3.1 Análisis económico de la comercialización

En EUA se realizó un análisis financiero en el año 1992 para establecer plantaciones de 3 especies de *Paulownia*, entre ellas *P. tomentosa*. Para la preparación del terreno, el costo en promedio fue estimado en \$100.00 US dls por hectárea; los costos podían variar dependiendo el tratamiento utilizado, desde \$50.00 US dls a \$300.00 US dls por hectárea si se usaba maquinaria agrícola. El costo de cada plántula fue de aproximadamente \$1.00 US dls, el costo de plantación podría variar de acuerdo a la densidad de plántulas por hectárea; el costo para plantar las plántulas fue de \$87.50 US dls por hectárea. Debido a que el control de maleza se debe llevar por lo menos después de 3 años de establecer la plantación, el costo promedio de segar la maleza fue de \$87.50 US dls por hectárea, cada año; los costos de productos y aplicaciones de herbicida varió de \$45.00 US a 112.50 US dls a por hectárea por año. El costo de irrigación no se calculó, era difícil estimarlo ya que los riegos podían variar dependiendo de si había o no sequía; las plantas de semilleros se riegan una sola vez en la primera temporada de sequía, y en caso de sequía severa se riegan semanalmente. El costo del método de cópice aproximado fue de \$62.50 US dls por hectárea. El costo de la poda podía variar por la densidad de la plantación, el costo fue de 0.40 a 0.60 US centavos de dólar por árbol por año; en total, se gastaron \$437.50 US dls por hectárea por año. Los costos de control de plagas podían variar, dependiendo del método de aplicación y la plaga a combatir; los costos fueron de \$62.50, \$187.50 a \$500.00 US dls por hectárea (Clatterbuck y Hodges, 2004). Se estimó que la producción en la rotación de 35 años de la plantación fue de 4,600 m de tablas por 1 hectárea; si cada 1 m de tabla costaba entre \$6.7 y \$10.00 US dls, por lo que las ganancias serían de \$30,000.00 a \$45,000.00 US dls por hectárea (Clatterbuck y Hodges, 2004).

La madera de *Paulownia* se usa principalmente para la elaboración de muebles y los costos de la madera procesada se han estimado que pueden ser de \$800.00 a \$1,200.00 US dls por m³ al mayoreo (Gutiérrez-Liñán y Ocaña-Delgado, 2009).

No se encontraron otros análisis económicos, pero dados los amplios y diversos usos que tiene *P. tomentosa* se puede inferir que los beneficios son mayores a los costos de producción y en casos como su uso en medicina local, rural, no hay prácticamente costos

para la gente.

Para México, no hay un análisis económico propiamente sobre los costos por comercialización, pérdida económica o alteración que se pudiera generar por *P. tomentosa*. Sin embargo, se encontró que el Vivero Forestal Encanto, en Zapopan, Jalisco, vende 100 semillas de *P. tomentosa* al precio de \$350.00 pesos; 20 plantas en \$650.00 pesos y 50 plantas en \$1,050.00 pesos, los cuales pueden ser enviados a todo México sin costo de envío (Vivero Forestal Encanto, 2019). En la página web de comercio Mercadolibre.com, se anuncia la venta de semillas de *Paulownia tomentosa* de distintos usuarios vendedores, Veracruz, Chihuahua, Tlaxcala y Puebla, con envíos a todo México; los precios y la cantidad de semillas vendidas varían de acuerdo al usuario, desde 10 semillas por \$28.00-159.00 pesos M.N., hasta 1,000 semillas por \$199.00-\$250.00 pesos. En esta misma página comercial anuncian la venta de plantas de diferentes tamaños y acodos, las plantas varían en precio y cantidad, desde 1 por \$289.00 pesos hasta 45 por \$8,100.00 pesos; también varía el precio y la cantidad de acodos, venden 1 por \$480.00 pesos y 12 por \$1,100.00 pesos M.N. (Mercadolibre.com, 2019b). En las páginas sociales, como facebook, también se promociona *Paulownia* variedad Shan Tong (híbrido *P. tomentosa* x *P. fortunei*) en el perfil @ArbolKiriEnMonterrey; cada planta cuesta \$450.00 pesos M.N.; se han vendido plantas en Nuevo León, Coahuila y San Luis Potosí (Arbol Kiri En Monterrey, 2019). La página web paulowniasmexico.com, se anuncia la venta de arbolitos de *Paulownia* variedad Shan Tong (el híbrido mencionado), solo en la Ciudad de México, Puebla, Oaxaca y Guadalajara. Venden 2 paulownias por \$500.00 pesos, 5 por \$1,000.00 pesos, 10 por \$1,800.00 pesos y 20 por \$3,500.00 pesos M.N. (paulowniasmexico.com, 2019).

2.3.2 Manejo y condiciones de cultivo

En Albania, área de invasión, hay un registro de la plantación de 300 plántulas de *Paulownia tomentosa* procedentes de Francia, para la producción de árboles ornamentales; la plantación se realizó en una superficie de 200 m², con un marco de siembra de 1 x 1 m; el terreno se encuentra a 850 msnm (Icka *et al.*, 2016). *P. tomentosa* requiere de 2,000 litros de agua por cada árbol para alcanzar una producción de 4.3 toneladas/Ha. Este árbol puede

crecer en diversas condiciones climáticas y de altitud, de zonas tropicales a zonas templadas moderadas, de zonas con precipitación entre 500 a 1000 mm y del nivel del mar a más de 2,400 msnm. Las condiciones adecuadas para el cultivo de *P. tomentosa* se encuentran entre los 200 y 1,300 msnm y una temperatura anual promedio de 15-23°C, y lluvias anuales de 1400-2800 msnm (Navroodi, 2013; Icka *et al.*, 2016).

En Canadá, se ha cultivado como una especie ornamental, incluso en sitios más fríos y al norte, como en Montreal; en estos sitios se le ha cortado a nivel de suelo cada año, lo que ayuda que sus hojas midan de 30 o 60 cm, y permitiendo que los árboles alcancen alturas de 30 a 36 m de altura (Hough, 1907).

En EUA, para establecer plantaciones de *P. tomentosa*, se seleccionan sitios con suelos bien drenados, pero con capacidad de retención de agua; que tengan una profundidad de al menos 60 cm y un pH aproximado de 6. La preparación del terreno se hace limpiando o eliminando la vegetación, y posteriormente arando el suelo. La siembra de plántulas, debe de ser densa porque la competencia limitará el crecimiento rápido y mejorará la calidad de la madera del tronco; el marco de siembra puede ser de 40 x 40 cm o 25 x 25 cm. Durante el primer año de la plantación se debe controlar la maleza, ya que *P. tomentosa* es sensible a la competencia y a la sombra; para el control se pueden usar herbicidas. Lo anterior, se debe realizar varias veces al año. Las plantaciones jóvenes se riegan solo en periodos de sequía. Para obtener tallos rectos y fuertes, se debe llevar a cabo el método de cópice, que consiste en cortar árboles jóvenes al nivel del suelo; lo anterior permite que vuelva a brotar desde el collar de la raíz. Hay que realizar este procedimiento al primer o tercer año de siembra. La poda se puede realizar tres años después del método cópice y antes de que el tallo se vuelva leñoso, con lo que se promueve el crecimiento y se mejora la calidad del tallo. Se observó que las plantaciones no fueron dañadas severamente ni por insectos ni por enfermedades (Clatterbuck y Hodges, 2004).

3. Potencial de establecimiento y colonización

3.1 Potencial de colonización

Paulownia tomentosa se puede reproducir tanto sexualmente por semillas, como asexualmente a partir de raíces y ramas. Tiene por ello un elevado potencial de colonizar nuevas áreas. Otras características que le dan un alto potencial para colonizar son que tiene una gran producción de semillas, millones de semillas anualmente (ver Biología y Ecología); puede alcanzar 90% de germinación de las semillas, y éstas pueden tener una viabilidad por 3 años (Bonner y Burton, 1974; Carpenter y Smith, 1979). A través de la reproducción vegetativa, *P. tomentosa* es capaz de generar brotes a partir de raíces enterradas, con lo que pueden colonizar zonas aledañas; las plántulas pueden rebrotar incluso con poca luz (Zhao-Hua *et al.* 1986; Longbrake, 2001). *P. tomentosa* se considera una especie pionera. Tiene una amplia versatilidad ambiental, puede crecer en vegetación natural principalmente a lo largo de ríos y valles, pero se le encuentra en bosques mesófilos caducifolios y también invade sitios perturbados. Va de climas tropicales secos y húmedos a los semi-áridos; puede llegar a desarrollarse a los 3,000 msnm, y en sitios con precipitaciones entre 500 a 2,000 mm, y temperaturas de 15 a 34°C; coloniza rápidamente después de un fuego (ver Ecología). Su potencial es bajo en sitios fríos y cerrados, es sensible a la sombra (ver Ecología). *Paulonia* coloniza áreas perturbadas y despejadas, tales como bordes de caminos, áreas minadas, terrenos sanitarios, suelos agrícolas abandonados y suelos aluviales profundos, húmedos pero bien drenados a lo largo de las orillas de fuentes de agua (Beckjord y McIntosh, 1983). También se puede establecer en áreas con fuerte presión de pastoreo, por su alta capacidad de rebrote y su alta tasa de crecimiento (Longbrake, 2001). Se ha comprobado también que una vez que las poblaciones maduras de *P. tomentosa* se establecen, pueden expandirse en sitios sin perturbación (Lovenshimer, 2016).

3.2 Potencial de dispersión

Las semillas de *P. tomentosa* pueden diseminarse por el viento. La dispersión puede alcanzar medio kilómetro de distancia de su progenitor en zona nativa (Zhao-Hua *et al.*, 1986); se ha estimado que la semilla se puede dispersar hasta 10 km en zona de invasión (Lovenshimer, 2016). Desde el punto de vista vegetativo, las raíces enterradas pueden generar individuos nuevos a partir de raíces enterradas, ya que genera nuevos brotes. Estas raíces pueden también dispersarse por el agua, en corrientes que se formen después de la lluvia. Los frutos son palatables para los vertebrados (Longbrake, 2001), por lo que podrían ser dispersadas por los mismos (ver Ecología). No obstante, no se ha estudiado si dispersan sus semillas. En estudios sobre la ecología de la semilla en el bosque de la Estación Experimental de Vida Silvestre Waterloo, Ohio, EUA, se encontró que existía muy poca depredación o daños causados por herbívoros a las semillas de *P. tomentosa*. Se observó que en algunas bolsas de semillas faltaban todas o la mayoría de las semillas, pero no encontraron rastros del granívoro, por lo que deducen que tal vez fuera un granívoro pequeño, tal vez un invertebrado (Longbrake, 2001). En estos movimientos, se pueden dispersar las semillas.

3.3 Factores que favorecen su establecimiento y dispersión

Entre los factores que favorecen el establecimiento de *Paulownia tomentosa* se encuentran su alta germinación y hasta 3 años en que las semillas son viables (ver Biología y Ecología). Otro de los puntos es la resistencia de las plántulas a la sequía severa, de 3 a 9 meses. Tiene una elevada versatilidad ambiental, adaptándose a regiones perturbadas. Crece bajo una variedad de climas y presenta variabilidad ambiental importante en sus zonas de invasión sobre todo. Tiene tolerancia a factores como incendios, sequía, suelos ácidos, así como por su regeneración después de un incendio, le permiten expandirse a lo largo de su rango de distribución (ver Ecología).

Entre los factores que favorecen su dispersión, el humano es el principal para zonas donde se ha introducido puesto que se comercia con fines de ornato y forestal, principalmente. Asimismo, establecerse cerca de sitios donde corra el agua para el transporte de los propágulos (ver Ecología).

4. Evidencias de impactos

4.1 Impactos a la salud

La paulownia tiene algunos usos benéficos, como medicina tradicional para el tratamiento de la bronquitis, gripa, asma y control de la presión sanguínea, así como traqueitis crónica (Boydak, 2000), pero no se conocen impactos negativos a la salud.

4.2 Impactos ambientales y a la biodiversidad

El impacto en los hábitats que invade *Paulownia tomentosa* ha sido poco documentado (Longbrake, 2001; Lovenshimer, 2016). Se ha registrado que el hábitat de acantilados es rápidamente invadido por *P. tomentosa* por lo que es una amenaza para especies muy específicas de hábitat, que no toleran la sombra, que crecen bien en estos ambientes tan particulares. Hay dos especies de plantas en peligro de extinción, *Liatris helleri* y *Hudsonia montana* que se encuentran amenazadas por la invasión de *P. tomentosa* en un Parque Nacional y un Área Silvestre Garganta de Linville, EUA (Langdon y Johnson, 1994; Kuppinger, 2008). De acuerdo a un estudio realizado en los Apalaches del sur, EUA las invasiones maduras e inmaduras de *P. tomentosa* y el régimen de incendios pueden alterar la composición y estructura de la comunidad de plantas nativas, teniendo impactos negativos. En esta región de los Apalaches del sur la planta invade las áreas perturbadas por incendios, crea una densa cubierta vegetal y con sus grandes hojas no permiten el paso de la luz al suelo, perjudicando a la vegetación de los niveles más bajos y contribuyendo a la

desaparición de especies nativas (Lovenshimer, 2016). Se ha encontrado que el índice de diversidad disminuye significativamente en áreas con invasiones (maduras e inmaduras) donde hubo incendios antiguos y recientes. Las gramíneas y las briófitas fueron impactadas negativamente en áreas con invasiones maduras donde se presentaron incendios antiguos, desplazándolas y dando sombra a las plantas nativas. *P. tomentosa* ocupó distintos niveles de la comunidad vegetal, como el primer nivel, intermedio e inferior, desplazando a la vegetación que ocupa esos nichos (Lovenshimer, 2016).

4.3 Impactos a actividades productivas

Solo se tiene documentado un potencial efecto a los cultivos agrícolas. En EUA, *Paulownia tomentosa* es hospedero de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (ver Ecología), la cual se ha vuelto una plaga importante para las verduras y cultivos de ornato. Debido a que puede entrar en contacto con los cultivos, se vuelve una afectación en que interviene el hospedero. Este fue inicialmente un problema en China en 1970s, y recientemente lo ha sido para el sur de Europa (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/54660>).

4.4 Impactos económicos

No se cuenta con información sobre los impactos económicos que genera la especie, sobre los costos de remediación, control y erradicación de la paulonia. No se cuenta con información de los costos de pérdidas económicas causadas por la invasión de zonas que pueden disminuir su productividad por desplazamiento de especies nativas.

5. Control y mitigación

El fuego no debe usarse para el control de *Paulownia tomentosa* debido a que coloniza rápidamente después de la quema (Williams, 1993b; Evans *et al.*, 2006). Tampoco la

eliminación mecánica o manual es apropiada para controlar poblaciones grandes o maduras de esta especie, debido a su capacidad vigorosa de rebrote (Longbrake, 2001; Lovenshimer, 2016). Asimismo, la erradicación de la especie puede complicarse u obstaculizarse por su facilidad de propagarse en áreas de difícil acceso, como acantilados verticales y zonas rocosas (Lovenshimer, 2016).

El mejor método para el control y erradicación de poblaciones maduras o grandes de *P. tomentosa* es el químico, en el que se aplican herbicidas a través del tratamiento de corte o inyectando el tallo. Para poblaciones inmaduras o plántulas, son apropiados dos métodos: 1. extracción manual, arrancando completamente las plántulas; y 2. aplicación foliar de herbicida, en que se aplica 3% de triclopir 3A mezclado con el 1% del surfactante Agri-dex (Lovenshimer, 2016).

Hay distintos herbicidas que sirven para el control de *P. tomentosa* (Tabla 1). Después del tratamiento se recomienda limpiar todo el equipo de trabajo que se usó para el control debido a que las semillas podrían estar esparcidas en el equipo, contaminándolo. Se debe llevar un monitoreo de seguimiento en las áreas tratadas y en posibles áreas nuevas de infestación (Evans *et al.*, 2006).

Con relación a los métodos para controlar y erradicar, para el caso de los herbicidas, 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 (Evans *et al.*, 2006).

Tabla 1. Herbicidas y forma de aplicarlos en *Paulownia tomentosa* según recomiendan en el manual para el manejo de vegetación y técnicas de control de plantas invasoras (Evans *et al.*, 2006):

Herbicida	Edad o tamaño del árbol	Modo de aplicación				Temporada de aplicación
		Tallo	Hojas	Tocón	Corteza	
Arsenal AC	Árboles adultos o grandes	Realizar cortes espaciados en el tallo e inyectar el herbicida en dilución	No	Aplicar el herbicida en la partes superiores del tocón inmediatamente después del corte	No	Se puede aplicar en cualquier momento, excepto marzo y abril
	Rebrotos y plántulas	No	Mojar las hojas con una solución de Arsenal AC al 1% (4 onza del herbicida por 3 galones de agua) con algún surfactante	No	No	Aplicar de julio a octubre
Glifosato	Árboles adultos o grandes	Realizar cortes espaciados en el tallo e inyectar el herbicida en dilución	No	Aplicar el herbicida en la partes superiores del tocón inmediatamente después del corte	No	Se puede aplicar en cualquier momento, excepto marzo y abril
	Rebrotos y plántulas	No	Mojar las hojas con una solución de glifosato al 2% (8 onza del herbicida por 3 galones de agua) con algún surfactante	No	No	Aplicar de julio a octubre
Garlon 3	Rebrotos y plántulas	No	Mojar las hojas con una solución de Garlon 3 al 2% (8 onza del herbicida por 3 galones de agua) con algún surfactante	No	No	Aplicar de julio a octubre
Garlon 4	Árboles jóvenes o plantones	No	No	No	Aplicar como un aerosol basal en la corteza con una solución Garlon 4 al 20% (2.5 cuartos de un galón de herbicida por 3 galones) en aceite, ya sea aceite vegetal o aceite para cultivos con un penetrante	No se especifica
	Rebrotos y plántulas	No	Mojar las hojas con una solución de Garlon 4 al 2% (8 onza del herbicida por 3 galones de agua) con algún surfactante	No	No	Aplicar de julio a octubre

En algunos estados se recomiendan formas de control para la especie, como en Pensilvania, tales como:

- Manual y mecánico: Las plántulas pueden ser arrancadas con la mano, especialmente cuando el suelo está húmedo. Se debe asegurar de eliminar todas las raíces para prevenir rebrotes. No se sugiere cortar, ya que pueden crecer retoños cerca de la raíz. El corte solo debe ser usado en conjunción con un tratamiento herbicida o como tratamiento de emergencia para Evitar la producción de semillas.
- Químico: Las plántulas y los árboles pequeños pueden ser controlados aplicando una solución al dos por ciento de glifosato o triclopir y agua más un 0,5 por ciento de surfactante no iónico para minuciosamente mojar las hojas.

Los árboles más grandes pueden ser eliminados cortando el árbol y aplicando inmediatamente una solución de glifosato o triclopir y agua al 50% al 20% del tocón. Se aplica también 25% de triclopir con 75 % de aceite hortícola en la parte basal. También funciona, siempre y cuando el suelo no este congelado.

http://www.docs.dcnr.pa.gov/cs/groups/public/documents/document/dcnr_010279.pdf

http://www.docs.dcnr.pa.gov/cs/groups/public/documents/document/dcnr_20026634.pdf

6. Normatividad

A continuación, se resumen las leyes, normas y regulaciones emitidas en los diferentes países con respecto a la exclusión, prohibición, restricción o autorizaciones para la introducción, de *Paulownia tomentosa*. Las localidades para hacer la búsqueda se obtuvieron de CABI y GRIIS, además de nuestra base de datos de este reporte.

CABI. 2018. *Paulownia tomentosa* [original text by Nick Pasiecznik, Consultant, France]. In: Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International.

<https://www.cabi.org/ISC/datasheet/39100>

GRIIS: Global register of introduced and invasive species.

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

Servicio Forestal de los Estados Unidos, Ecosistemas de las Islas del Pacífico en Riesgo (PIER).

Recurso en línea en <http://www.hear.org/pier/> accedido [1-05-2019].

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

6.1 Legislación Mexicana

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

6.2 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.

Países Donde es Considerada introducida, exótica o invasora

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://www.inbiar.uns.edu.ar/?p=NTkwcYnrNmdgbzJzdRIJQxEDUgdRARMcSB5cOzo%2FKWhobg%3D%3D>

Australia

Considerada como hierba con categoría: maleza 1A, 2A, 4 y 5A. The introduced flora of Australia and its weed status. CRC for Australian Weed Management. Department of Agriculture and Food, Western Australia.

Categorías:

- 1: Esta planta ha sido registrada como una maleza del entorno natural.
- 2: Esta planta ha sido registrada como escape de cultivo.
- 4: Esta planta ha sido registrada como una maleza nociva (declarada). Esta es una categoría legal y puede tomar la forma de una prohibición de entrada, venta y movimiento para cumplir los requisitos para erradicar o controlar.
- 5: Esta planta ha sido registrada como una especie invasora. Este es el criterio más serio que puede aplicarse a una planta y se utiliza generalmente para malas hierbas ambientales y/o agrícolas de alto impacto que se propagan rápidamente y muchas veces crean monocultivos.

https://www.une.edu.au/_data/assets/pdf_file/0019/52372/2007.-The-introduced-flora-of-Australia-and-its-weed-status.pdf

Colombia

Considerada como prohibida por Procuraduría General de la Nación de Colombia. El Tribunal Administrativo de Boyacá decretó medidas cautelares para proteger los derechos

colectivos al goce de un medio ambiente sano, el equilibrio ecológico y el manejo racional de los recursos naturales de los habitantes del departamento de Boyacá, ante la siembra y comercialización de la especie *Paulownia tomentosa*. El Ministerio Público señaló que la planta originaria de China se encuentra clasificada como una especie invasora que puede causar graves daños a los ecosistemas, porque reduce y amenaza la biodiversidad y especies nativas.

https://www.procuraduria.gov.co/portal/Procuraduria-suspension_comercializacion-Paulownia.news

<https://vuf.minagricultura.gov.co/Documents/1.%20Normatividad%20CIF/2.%20Especies%20Forestales%20Comerciales/0.%20Resoluci%C3%B3n%20497%20de%201997,%20Requisitos%20para%20Incorporaci%C3%B3n%20de%20Nuevas%20Especies%20Forestales.pdf>

<https://www.ramajudicial.gov.co/documents/2216525/18698917/00020180042700.PDF/ca4fec9a-43f1-4d36-8601-1502719a1058?version=1.0>

Considerada como una especie invasora de alto riesgo en evaluación del riesgo de invasión de *Paulownia tomentosa*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.

<http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/34225>

Estados Unidos de Norteamérica (EUA)

Considerada como introducida invasora en algunos de los 48 estados del país. RCS Invasive Species Policy Invasive Species Executive Order 13112.

<https://plants.usda.gov/java/noxComposite>

<https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/planthealth/plant-pest-and-disease-programs>

https://plants.usda.gov/native_status_def.html

Considerada como maleza invasiva con categoría de daño severo (posee características invasivas; se propaga fácilmente en comunidades de plantas nativas y desplaza la vegetación nativa). NRCS Invasive Species Policy Invasive Species Executive Order 13112.

<https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=PATO2>

<https://plants.usda.gov/java/invasiveOne>

<http://tnipc.org/invasive-plants/>

Alabama

Considerada con la categoría 2: La planta se encuentra dentro de uno o más usos culturales y una o dos regiones invasivas. Ocurre como individuos dispersos o infestaciones densas ampliamente dispersas. List of Alabama's Invasive Plants by Land-Use and Water-Use Sectors 2007. Alabama Invasive Plant Council

<https://www.se-eppc.org/alabama/2007plantlist.pdf>

Carolina del Sur

Considerada con la categoría de daño severo. South Carolina Exotic Pest Plant Council Terrestrial Exotic Invasive Species List 2014.

https://www.se-eppc.org/southcarolina/SCEPPC_LIST2014finalOct.pdf

Carolina del Norte

Considerada especie invasora sin categoría por North Carolina Invasive Plant Council.

<http://nc-ipc.weebly.com/paulownia-tomentosa-princess-tree.html>

<http://nc-ipc.weebly.com/nc-invasive-plants.html>

http://nc-ipc.weebly.com/uploads/6/8/4/6/6846349/princess_tree.pdf

Connecticut

Considerada con la categoría Y: prohibida su importación, movimiento, venta, compra, trasplante, cultivo y distribución bajo CT Gen. Stat. §22a-381d. Connecticut Invasive Plants List 2018. Connecticut Invasive Plants Council.

<https://cipwg.uconn.edu/wp-content/uploads/sites/244/2018/12/CT-Invasive-Plant-List-2018Scientific-Name.pdf>

Georgia

Considerada dentro de la Categoría 1: plantas exóticas que representan un grave problema en las áreas naturales de Georgia al invadir de forma extensa las comunidades de plantas nativas y desplazar a las especies nativas. Georgia Exotic Pest Plant Council.

<https://www.gaeppc.org/list/>

Indiana

Considerada en la categoría de Caution: La designación de “Caution” indica que la evaluación no se pudo completar debido a la falta de información sobre los impactos de esta especie en Indiana, pero que existe un potencial de invasión e impacto. Indiana Invasive Species Council

<https://www.entm.purdue.edu/iisc/invasiveplants.php>

Kentucky

Considerada con la categoría 1, Amenaza severa: Especies de plantas exóticas que poseen características de especies invasoras y se propagan fácilmente en las comunidades de plantas nativas y desplazan la vegetación nativa; Incluye especies que son o podrían extenderse en Kentucky. Exotic Invasive Plants of Kentucky. Southeast Exotic Pest Plant Council.

https://www.se-eppc.org/ky/KYEPPC_2013list.pdf

Main

Considerada con categoría 3: Especies de plantas altamente susceptibles de ser invasoras, aunque actualmente son desconocidas por el estado. También considerada en el listado: 33 Invasive Plants Prohibited from Sale or Import in Maine. What you need to Know. Maine Department of Agriculture, Conservation and Forestry.

https://www.maine.gov/dacf/php/horticulture/documents/InvasivePlantListHandout_000.pdf

https://www.maine.gov/dacf/mnap/features/invasive_plants/invsheets.htm

https://www.maine.gov/dacf/mnap/features/invasive_plants/invasives_list_maine.pdf

Maryland

Considerada con categoría 2: Ampliamente reconocido por biólogos y gestores de recursos naturales que degrada los recursos naturales y / o impacta negativamente las especies nativas. Maryland Invasive Species Council.

<http://mdinvasives.org/species-of-concern/terrestrial-plants/>

https://mda.maryland.gov/plants-pests/Documents/List_target_spp_for_assessment_12Sept2017-1.pdf

Oregon

Considerada con la categoría S: sospecha y en observación. Se sospecha problema potencial, pero no está bien documentado en esta área. Esta designación se puede combinar con la categoría H (Alto impacto en la vegetación autóctona local; Con frecuencia se forman grandes monocultivos cercanos; modifica gravemente los hábitats naturales). Especies SH, se sabe que son altas las amenazas, pero no están documentadas en Oregon,

están en la lista de medio y alto impacto. Exotic Gardening and Landscaping Plants Invasive in the Southern Willamette Valley, Oregon 2008 Edition Invasive Exotic Plants List 2008.

http://emerald.npsoregon.org/PDFs/Invas_Orn.pdf

Pensilvania

Considerada como planta invasora. DCNR Invasive Plants. Pennsylvania, Department of Conservation and Natural Resources.

Tennessee

Considerada con la categoría 1. Planta invasora que puede causar un daño severo. Posee características invasivas; Se propaga fácilmente en comunidades de plantas nativas y desplaza a la vegetación nativa. Tennessee Invasive Plant Council.

<http://tnipc.org/invasive-plants/>

Texas

Considerada como planta introducida invasora. Texasinvasives.org.

https://www.texasinvasives.org/plant_database/detail.php?symbol=PATO2

Virginia

Considerada con la categoría 2: Las especies moderadamente invasivas pueden tener una influencia menor en los procesos del ecosistema, alterar la comunidad de plantas, composición, y afectan a la estructura de la comunidad en al menos una capa. Pueden llegar a ser dominantes en la capa de sotobosque sin amenazar a todas las especies encontradas en la comunidad. Estas especies suelen requerir un pequeño disturbio para establecerse.

<http://www.wvdnr.gov/wildlife/Handout%20Invasive%20Plants%20of%20WV%202009.pdf>

<https://arlingtonva.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/sites/13/2013/11/invasive-1.pdf>

Wisconsin

Considerada con la categoría NR 40.04 Categoría prohibida. (1) Invasiva- Prohibida. Department of Natural Resources. Invasive Species Identification, Classification and Control. Wisconsin Administrative Code.

http://docs.legis.wisconsin.gov/code/admin_code/nr/001/40.pdf

<https://dnr.wi.gov/topic/Invasives/speciesNR40list.asp?filterBy=Category&filterVal=Plants&addFilter=Classification>

<https://dnr.wi.gov/topic/Invasives/fact/PrincessTree.html>

España

Considerada como especie alóctona en Atlas de las Plantas Alóctonas Invasoras en España, Ministerio de Medio Ambiente.

<http://www.europe-aliens.org/speciesFactsheet.do?speciesId=18222#>

http://www.animalrecord.net/Atlas_Plantas_Aloctonas_Espana.pdf

<http://alien.jrc.ec.europa.eu/SpeciesMapper>

Para información sobre la regulación:

<https://www.boe.es/doue/2018/174/L00005-00011.pdf>

<https://www.miteco.gob.es/eu/biodiversidad/legislacion/leg-comunitaria-reglamentos-exoticas.aspx>

Francia

Considerada como planta introducida no establecida. Muséum national d'Histoire Naturelle [Ed]. 2003-2019. Inventaire National du Patrimoine Naturel, Site web: <https://inpn.mnhn.fr>. Le 23 mai 2019.

<http://www.europe-aliens.org/speciesFactsheet.do?speciesId=18222#>

https://inpn.mnhn.fr/espece/listerouge/FR/Flore_vasculaire_metropole_2018

Georgia

Considerada como no nativa e invasora. National Biodiversity Strategy and Action Plan of Georgia 2014–2020. National Biodiversity Strategy and Action Plan (NBSAP). Convention on Biological Diversity. Government of Georgia.

<https://www.cbd.int/doc/world/ge/ge-nbsap-v2-en.pdf>

Irlanda

Considerada como ocasional y no ha sido evaluada su invasividad. (The National Biodiversity Data Centre is an Initiative of the Heritage Council and is operated under a service level agreement by Compass Informatics. The data centre is funded by the Department of Culture, Heritage and the Gaeltacht, and the Heritage Council).

<https://species.biodiversityireland.ie/profile.php?taxonId=30636&>

Islas del Atlántico Norte

Considerada como especie invasora de riesgo bajo. NOBANIS. (2015). Invasive Alien Species: Pathway Analysis and Horizon Scanning for Countries in Northern Europe. Nordisk Ministerråd.

<https://www.nobanis.org/globalassets/nobanis-projects/invasive-alien-species---pathway-analysis-and-horizon-scanning-for-countries-in-northern-europe.pdf>

Japón

Considerada como especie exótica. Alien Species List (compiled by Ministry of Environment.). Invasive Species Research Team, Environmental Risk Research Center, National Institute for Environmental Studies, Japan.

<http://www.env.go.jp/nature/report/h14-01/mat01b.pdf>

https://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/resources/listen_ref.html#ref1

Portugal

Considerada como planta exótica invasora reciente. EPPO Global Database.

Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats (2013) Implementation of recommendations on invasive alien species. National reports and contributions. Bern Convention group of experts on invasive alien species, Alghero, Sardinia, Italy (20-22 June 2013), pp 48-65. Ministry of Environment - Portugal (1999). Decreto-Lei nº. 565/99. Procuraduría General Distrital de Lisboa.

<https://gd.eppo.int/reporting/article-2595>

http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=2796&tabela=leis&so_miolo

≡

Región Báltica

Considerada como especie invasora de riesgo bajo. NOBANIS. (2015). Invasive Alien Species: Pathway Analysis and Horizon Scanning for Countries in Northern Europe. Nordisk Ministerråd.

<https://www.nobanis.org/globalassets/nobanis-projects/invasive-alien-species---pathway-analysis-and-horizon-scanning-for-countries-in-northern-europe.pdf>

Región Nórdica

Considerada como especie invasora de riesgo medio. Considerada como especie invasora de riesgo bajo. NOBANIS. (2015). Invasive Alien Species: Pathway Analysis and Horizon Scanning for Countries in Northern Europe. Nordisk Ministerråd.

<https://www.nobanis.org/globalassets/nobanis-projects/invasive-alien-species---pathway-analysis-and-horizon-scanning-for-countries-in-northern-europe.pdf>

República Checa

Considerada como exótica y causal. Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns.

Considerada dentro de la lista de vigilancia de especies de plantas y animales exóticas. Pergl J, Sádlo J, Petrusek A, Laštůvka Z, Musil J, Perglová I, Šanda R, Šefrová H, Šíma J, Vohralík V, Pyšek P (2016) Black, Grey and Watch Lists of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy. *NeoBiota* 28: 1-37.

<http://www.europe-aliens.org/speciesFactsheet.do?speciesId=18222#>

<https://web.natur.cuni.cz/ekologie/jarosik/cze/pdf/D101.pdf>

<https://neobiota.pensoft.net/article/4824/list/9/>

República Dominicana

Considerada como posible invasora. Listado de Especies Exóticas Invasoras en República Dominicana. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Viceministerio de Áreas Protegidas y Biodiversidad. Estrategia Nacional de Especies Exóticas Invasoras. Proyecto “Mitigando las amenazas de las especies exóticas invasoras en el Caribe Insular”.

Global Environment Facility (GEF-PNUMA), CAB International.

<http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/Estrategia-Nacional.pdf>

Sudáfrica

Considerada como invasora con categoría 1ª prohibida en los términos de la sección 71a (1); exentado en los términos del artículo 71 (3); requiere un permiso en los términos de la sección 71 (1). National environmental management: biodiversity act, 2004 (act no. 10 of 2004). Alien and invasive species lists, 2016.

<https://cer.org.za/virtual-library/legislation/national/biodiversity-and-conservation/national-environmental-management-biodiversity-act-2004>

Suiza

Considerada dentro de la lista de plantas exóticas invasoras con distribución limitada. EPPO Global Database. Centro Nacional de Datos e Información sobre Flora de Suiza.

Swiss Federal Council. Ordinance on the Handling of Organisms in the Environment (Release Ordinance, RO) of 10 September 2008 (Status as at 1st June 2012). 814.911.

http://www.admin.ch/ch/e/rs/814_911/index.html

<http://www.europe-aliens.org/speciesFactsheet.do?speciesId=18222#>

https://www.infoflora.ch/fr/assets/content/documents/neophytes/inva_paul_tom_f.pdf

<https://www.infoflora.ch/fr/neophytes/listes-et-fiches.html>

7. Resultados del análisis de riesgo de *Paulownia tomentosa*

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) con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.*, (2010) para *Paulownia tomentosa* (ver Apéndice 1):

Historia/Biogeografía

1. Domesticación/Cultivo

1.01. ¿Es una especie domesticada?

R= No (0). *P. tomentosa* ha sido ampliamente transportada por comercio, ya que es apreciada por usos forestales, ornamentales, forrajeros, medicinales, e inclusive como cortina rompevientos y para dar sombra (ver Usos y comercialización, Análisis económico) (Zhao-Hua *et al.*, 1986; Boydak, 2000; Akyildiz y Sahin-Kol, 2010; Icka *et al.*, 2016). Puede escapar de cultivos y es una especie considerada como fuertemente invasora (Randall, 2012).

2. Clima y Distribución

2.01. Especie adecuada a climas en México

R= Sí (2). Alta, de acuerdo a los registros, aunque pocos, hay una variedad de climas donde *P. tomentosa* crece actualmente en México. De acuerdo a la modelación y al análisis de similitud climática realizados se puede ver una relativa alta adecuación a los climas de México (Anexo 2, cuadros 1, 2). *P. tomentosa* crece en clima tropical seco y húmedo, subtropical húmedo, verano seco tropical e invierno seco subtropical (Cazanga *et al.*, 2010). En Yucatán, Chiapas, en la parte del Golfo de México y del Pacífico abarca el clima tropical lluvioso (García, 2004). En el Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, Michoacán, ocurre en un clima es templado subhúmedo (ver Ecología). Mientras que en la Paz, Baja California Sur, la plantación ocurrió en clima muy cálido-muy seco (Velderrain-Algara, 2007; Llano-

Sotelo, 2009). Con base en los registros de la base de datos del proyecto, *P. tomentosa* ocurre en climas árido cálido, semiárido cálido, tropical seco o de sabana con verano seco, subtropical con invierno seco y verano cálido, templado con invierno seco, mediterráneo con verano cálido. De acuerdo a las modelación que realizamos, el riesgo de invasión por similitud climática es alto en la mayor parte del centro al norte de México.

2.02. Calidad de la similitud climática

R= Alta (2). Basado en el alto número de registros de distribución nativa e introducida de *P. tomentosa*, la especie presenta una alta coincidencia con el clima similar de México (ver modelos de similitud climática, Fig. 2 dentro de Apéndice 2).

2.03. Especie adaptable a un rango ambiental muy amplio

R= Sí (1). *P. tomentosa* tiene tolerancia ambiental amplia, ya que puede crecer en diversas condiciones climáticas y de altitud, de zonas tropicales a zonas templadas moderadas, e inclusive en zonas áridas. En clima tropical seco y húmedo, subtropical húmedo, con verano seco tropical e invierno seco subtropical, y en climas semi-áridos. Se le puede encontrar hasta los 3,000 msnm. La precipitación donde ocurre oscila de 500 a 2,000 mm, con temperaturas de 15 a 34°C. (Cazanga *et al.*, 2010; CABI 2018b). Requiere de gran cantidad de luz y crece fácilmente en áreas perturbadas aunque crece en bosques primarios y secundarios sin perturbación (Longbrake, 2001) (ver Ecología).

Se indicó que en México *P. tomentosa* crece en climas diversos (ver 2.01). Además, analizando los registros que se obtuvieron 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 *P. tomentosa* se le encuentra en climas del tipo subtropical sin estación seca con verano cálido, subtropical con invierno seco y verano cálido, semiárido frío y hemiboreal sin estación seca con verano suave e invierno frío. De acuerdo a los registros del área invadida, se denotan climas más diversos, que van del tipo subtropical sin estación seca con verano cálido, oceánico con verano suave, mediterráneo con verano cálido, oceánico mediterráneo, semiárido frío, semiárido cálido, árido cálido, tropical seco o de sabana con invierno seco, templado con invierno seco, semiárido frío, subtropical con

invierno seco, subtropical sin estación seca, continental con invierno seco y frío (Tabla 1, en Apéndice 2). Es decir, la especie tiene un alto grado de versatilidad ambiental.

2.04. Nativo o naturalizada en hábitats con periodos extensivos de sequía

R= Sí (1). Se ha reportado que en el sur de China, rango nativo, *P. tomentosa* soporta de tres a nueve meses de sequía (Zhao-Hua *et al.*, 1986). En México, de acuerdo a los registros de la base de datos, se encuentra en sitios con sequías prolongadas, como en Baja California Sur, Michoacán y Nayarit, entre otros (de acuerdo a datos del SMN; Apéndice 3).

2.05. Hay evidencia de introducciones repetidas fuera de su rango de distribución natural?

R= Sí. *P. tomentosa* fue introducida a Europa en los 1830s. Inició su introducción en los parques de la parte central y sur de Europa como ornamental; después de 1989 tenía grandes plantaciones para explotación forestal en Italia y se usó como cortina rompevientos en el mediterráneo. Desde los 1950s se empezó a introducir en Brasil, Paraguay, Argentina y Australia donde se usa para producción forestal de madera (CABI, 2018b). Fue introducida en EUA en 1844, como especie ornamental, procedente del este de Asia (Williams, 1993a). Se empezó a cultivar en este país en 1970, porque las compañías aserraderas conocieron el fuerte mercado de *Paulownia* (Clatterbuck y Hodges, 2004). En Canadá, *P. tomentosa* fue introducida como ornamental desde China y Japón (Hough, 1907). De acuerdo a la base de datos del proyecto, en estos países se encuentra naturalizada y hay reportes de introducciones, y las plantas ya se han escapado.

3. Maleza en cualquier sitio

3.01. Naturalizado fuera de su rango nativo de distribución

R= Sí (2). Se le considera como una maleza, naturalizada, invasora (Randall, 2012; NRCS USDA, 2019b). En Norteamérica, en EUA y Canadá, se ha plantado desde Montreal a Florida, al este de Missouri y Texas, y en algunos estados del Pacífico, y naturalizándose en el este y sur (Bonner, 1990). También se considera una especie naturalizada en Australia, Brasil, Holanda, Francia entre otros (ver apartados Estatus, Normatividad y base de datos del proyecto).

3.02. Maleza de jardines o de espacios de uso público urbano

R= Sí (2). En Austria, se ha encontrado que *P. tomentosa* ha invadido principalmente áreas urbanas perturbadas, se ha encontrado con mayor frecuencia en las grietas entre los adoquines, vegetación ruderal xerófila y hábitats ferroviarios (Essl, 2007).

3.03. Maleza agrícola, hortícola o forestal

R= Sí (4). Se considera a *P. tomentosa* como una planta cultivada con fines forestales, es una maleza con interés económico; ha escapado de cultivos, se ha naturalizado, es invasora; y es una maleza agrícola con efectos económicos (Randall, 2012; NRCS USDA, 2019b).

3.04. Maleza ambiental (campo)

R= Sí (4). Se le considera una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos; es una maleza dañina que la gente debe controlar (Randall, 2012; NRCS USDA, 2019b). En el sureste de EUA, se ha naturalizado a lo largo de caminos y carreteras de donde puede escapar a ecosistemas naturales; invade los bordes de bosques y bosques a lo largo de arroyos, creciendo como individuos aislados o pequeños rodales (Williams, 1993a). En gran parte del Parque Nacional Great Smoky Mountains, *P. tomentosa* se ha convertido en una plaga (Langdon y Johnson, 1994). En Austria, se encuentra en hábitats naturales en menor medida, en bosques abiertos, en áreas de reforestación tempranas. Algunas poblaciones forman rodales puros. Se ha comprobado también que una vez que las poblaciones maduras de *P. tomentosa* se establecen, pueden expandirse en sitios sin perturbación (ver Ecología).

3.05. Relación filogenética cercana con especies de malezas

R= No (0). No se han encontrado reportes.

Biología/Ecología

4. Rasgos indeseables

4.01. Produce espinas, o estructuras ganchudas

R= No (0). No presentan estas estructuras (ver apartado de Descripción de la especie).

4.02. Alelopática

R= No (0). No existen en la literatura artículos que muestren que se presenta esta actividad en *P. tomentosa*.

4.03. Parásita

R= No (0). Es una planta de crecimiento arbóreo (ver apartado de Descripción de la especie).

4.04. No adecuado para animales de pastoreo

R= No (-1). Tiene palatabilidad para los vertebrados (Longbrake, 2001).

4.05. Tóxica a animales

R= No (0). No se ha demostrado toxicidad. Los vertebrados pueden consumirla (Longbrake, 2001).

4.06. Hospedero de plagas o patógenos reconocidos

R= Sí (1). Se ha reportado a *P. tomentosa* en EUA como hospedero de *Trialeurodes vaporariorum*, conocida como la mosca blanca, que es una plaga de importancia económica debido a su amplia distribución y el amplio número de plantas en las que vive (Russell, 1948; ver Ecología).

4.07. Causa alergias o es tóxico para los humanos

R= No (0). No se tienen reportes. *P. tomentosa* ha sido usado en la medicina tradicional china para el tratamiento de bronquitis, gripa, asma y control de la presión sanguínea, así como traqueítis crónica (Boydak, 2000) y permite la producción de miel y recientemente las

flores son usadas para la producción de perfumes y cremas (Icka *et al.*, 2016) (ver Usos y comercialización, Impactos a la salud).

4.08. Crea un riesgo de incendio en sistemas naturales

R= No (0). No hay reportes.

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

R= No (0). En China se ha reportado que un 70% de sombra puede provocar la muerte de los árboles jóvenes de paulonia y en EUA se le ha considerado una especie pionera que no tolera la sombra (Zhao-Hua *et al.*, 1986; Bonner, 1990) (ver Ecología).

4.10 Crece en suelos de México

R= Sí (1). De acuerdo a los registros en la base de datos del proyecto, *P. tomentosa* crece en México en suelos del tipo leptosol, luvisol, cambisol, phaeozem, regosol y calcisol (Apéndice 4). En la literatura, indican que en el Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, Michoacán crece en suelos andosoles, háplicos y vitricos, con textura del suelo migajón arenoso y arena migajosa. En una plantación en la Paz, Baja California Sur, las plantas germinaron y se desarrollaron adecuadamente en suelo regosol éutrico y yermosol háplico, de textura arenosa (Velderrain-Algara, 2007; Llano-Sotelo, 2009).

4.11. Hábito trepador

R= No (0). Paulonia es un árbol (ver apartado de Descripción).

4.12. Crecimiento cerrado o denso

R= Sí (1). *P. tomentosa* invade las áreas que son perturbadas después de un incendio, creando una densa cubierta vegetal. En Austria, algunas poblaciones forman rodales puros (Essl, 2007; Lovenshimer, 2016) (ver Ecología).

5. Tipo de planta

5.01. Acuática

R= No (0). Es un árbol terrestre. Ver apartado de Descripción.

5.02. Pastos (Poaceae)

R= No (0). Es un árbol terrestre. Ver apartado de Descripción.

5.03. Plantas fijadoras de Nitrógeno

R= No (0). No es una planta fijadora de Nitrógeno.

5.04. Geófito

R= No (0). Ver apartado de Descripción.

6. Reproducción

6.01. Evidencia de bajo éxito reproductivo en su lugar de origen

R= No (0). No hay reporte de estas evidencias (ver apartado de Biología e historia Natural).

6.02. Produce semillas viables

R= Sí (1). Las semillas germinan en un 50%, en presencia de luz en su rango de distribución nativo y puede alcanzar el 90% de germinación en el rango de invasión (Bonner y Burton, 1974; Carpenter y Smith, 1979; Zhao-Hua *et al.*, 1986) (ver apartado de Biología e historia natural).

6.03. Hibrida de manera natural

R= No (-1). El cruzamiento entre *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei* es un híbrido autotetraploide sintetizado, llamado yuza 1; este híbrido se obtiene de manera intencional, no ocurre de manera natural (Li *et al.*, 2014; Fan *et al.*, 2016; Deng *et al.*, 2017) (ver apartado de Especies con las que puede hibridar).

6.04. Autofecundación

R= No (-1). No se reporta.

6.05. Requiere de polinizadores especialistas

R= No (0). No existen reportes sobre polinizadores especialistas para *P. tomentosa*.

6.06. Reproducción vegetativa

R= Sí (1). *P. tomentosa* es capaz de generar brotes a partir de raíces enterradas y con cortes o pedazos de raíces laterales es fácil la propagación vegetativa (Zhao-Hua *et al.*, 1986; Bonner, 2008; CABI, 2018b; NRCS USDA, 2019b) (ver Biología).

6.07. Tiempo generacional mínimo

R= (-1). En China, su rango nativo, empieza a florear a los dos años, mientras que en EUA, rango de invasión, empieza a producir semillas a los ocho o 10 años de ser plantado. Por lo anterior, se considera que la floración podría iniciar en el área de invasión después de los cuatro años de edad (ver Biología).

7. Mecanismos de dispersión

7.01. Los propágulos probablemente puedan ser dispersados no intencionalmente

R= Sí (1). Se ha recomendado limpiar todo el equipo de trabajo que se usó cuando se realiza control de *P. tomentosa*, ya que las semillas podrían estar esparcidas en el equipo (Evans *et al.*, 2006).

7.02. Los propágulos se dispersan intencionalmente por el humano

R= Sí (1). Es una especie aceptada a la que se le han dado múltiples usos tanto dentro de China como en el exterior, siendo utilizada como planta ornamental, explotación forestal, cortinas rompevientos. Parece ser que los humanos y sus actividades son el principal vector para la introducción y dispersión de *P. tomentosa*, llevando las semillas y esquejes entre sitios, cultivándola, y comercializándola después (ver apartados de Rutas de introducción e Historia de la comercialización).

7.03. Los propágulos pueden ser dispersados como contaminantes de productos

R=Se desconoce. No existe evidencia de que esto ocurra o haya ocurrido (ver apartado Rutas de introducción).

7.04. Propágulos adaptados a dispersarse por el viento

R= Sí (1). Las semillas de *P. tomentosa* se propagan principalmente por el viento (ver Biología). La dispersión puede alcanzar medio kilómetro de distancia de su progenitor en su zona de distribución nativa (Zhao-Hua *et al.*, 1986); se ha estimado que la semilla se puede dispersar hasta 10 km en la región de invasión (Lovenshimer, 2016).

7.05. Propágulos con capacidad de flotación exclusivamente en ambientes terrestres

R= Sí (1). Las semillas y raíces de *P. tomentosa* son dispersadas por el agua (Evans *et al.*, 2006). Las raíces pueden también dispersarse por el agua, en corrientes que se formen después de la lluvia (Zhao-Hua *et al.*, 1986) (ver Rutas de introducción).

7.06. Propágulos dispersados por aves

R= No (-1). No se ha reportado que las semillas de *P. tomentosa* sean dispersadas por aves (ver Ecología).

7.07. Propágulos dispersados por animales (de manera externa)

R= No (-1). No hay evidencias. Además, no tienen sus semillas ni sus propágulos vegetativos estructuras para poder fijarse a algún animal (ver Ecología).

7.08. Propágulos dispersados por animales (de manera interna)

R= No (-1). No hay evidencia (ver Ecología).

8. Atributos de persistencia

8.01. Producción de semillas prolífica

R= Sí (1). *P. tomentosa* tiene una gran producción de semillas, estimándose que un solo árbol puede producir unas 20 millones de semillas anualmente (Zhao-Hua *et al.*, 1986; Bonner, 1990; Yadav *et al.*, 2013) (ver Biología).

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

R= Sí (1). Experimentalmente se probó que la semilla puede permanecer viable hasta por 15 años, por lo que las semillas pueden crear un banco de semillas persistente y viable (Longbrake, 2001; Evans *et al.*, 2006).

8.03. Es controlado por herbicidas

R= Sí (-1). El mejor método para el control y erradicación de poblaciones maduras o grandes de *P. tomentosa* se ha probado que es el químico, aplicando herbicidas a través del tratamiento de corte o inyectando el tallo (Lovenshimer, 2016) (ver Control y mitigación).

8.04. Es tolerante o se beneficia de mutilación, corte, cultivo o fuego

R= Sí (1). *P. tomentosa* puede rebrotar de yemas adventicias, a lo largo de su tronco y raíces; después del corte o herida el rebrote crece rápidamente, en especial áreas con mucha luz, de disturbio, caminos y carreteras. También puede tolerar incendios de intensidad moderada (Williams, 1993b). Los incendios promueven fuertemente la invasión de *P. tomentosa*, colonizando rápidamente después de algún fuego (Williams, 1993b; Evans *et al.*, 2006; Lovenshimer, 2016). Puede rebrotar y crecer rápidamente después de ser atacado por herbívoros (Longbrake, 2001).

8.05. Enemigos naturales efectivos en México

R= No (1). No hay evidencia para México.

8. Riesgo de invasión de *Paulownia tomentosa* en función de la similitud climática

P. tomentosa presenta un elevado riesgo de invasión considerando la similitud climática que hay en México con las áreas de su distribución nativa, sobre todo en la zona de la Sierra Madre Occidental y en la península de Baja California en la sierra de Juárez y de San Pedro Mártir, así como en Sierra de la Laguna (Fig. 21a). Si consideramos la presencia por región invadida actualmente, el riesgo es más elevado, remarcándose en la sierra Madre Occidental y hasta el eje Neovolcánico (Fig. 21b). No queda ni restringida ni limitada su zona de invasión en cualquiera de los casos. Para Norteamérica el riesgo es alto en la zona del sureste y hasta Florida, así como en la costa Pacífico (California, Oregon); coincide el riesgo con México en Texas y en California, mientras que para Centroamérica el riesgo es muy bajo (Fig. 21c).

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 2). Asimismo, se denota la variedad de climas que le son adecuados en México (Apéndice 2).

Paulownia tomentosa

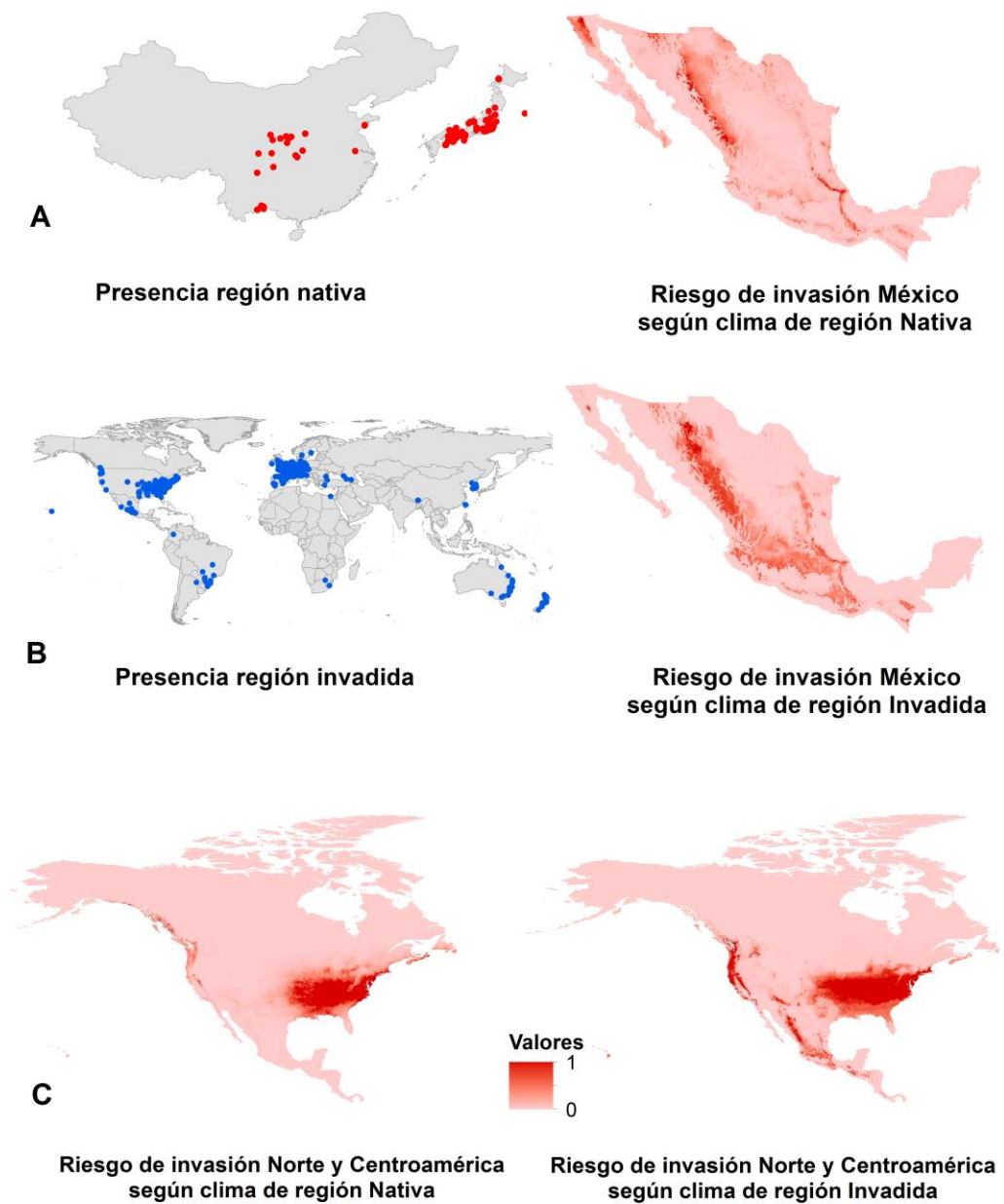


Figura 21. Modelos de Maxent para *Paulownia tomentosa* calibrados en su región nativa (A) y de invasión (B) y proyectados a Norte y Centroamérica (C); notar el riesgo para México dentro de esta región. Los mapas de distribución geográfica potencial de la derecha indican las áreas con condiciones climáticas y topográficas adecuadas para el establecimiento de *Paulownia tomentosa*. Los puntos rojos y azules representan la presencia de la especie en la región nativa e invadida respectivamente.

9. Resultado del Análisis de riesgo de *Paulownia tomentosa*

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, con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.* (2010) para *Paulownia tomentosa* fue de **23**. Debido a que el puntaje es mayor que 6 (ver Anexo 1 sobre estos valores), el taxón debe ser **Rechazado**.

10. 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 *Paulownia tomentosa* debe ser **rechazada** y considerada como una especie invasora (maleza) 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. De acuerdo al riesgo de invasión obtenido por modelación en función de la similitud climática, se denota que sobre todo en la Sierra Madre Occidental y en la península de Baja California, en la sierra de Juárez y de San Pedro Mártir, así como en Sierra de la Laguna se predice un elevado riesgo de invasión. No queda ni restringida ni limitada su zona de invasión en cualquiera de los casos.

Moringa oleifera

1. Introducción

Se considera a *Moringa oleifera* originaria de la parte de Bengala en la India y las estribaciones del Himalaya. Son árboles altos que toleran gran cantidad de condiciones ambientales, desde bosques tropicales deciduos a zonas desérticas. Tienden a vivir en áreas en donde hay agua disponible, incluso subterránea. Cada árbol puede producir una gran cantidad de semillas anualmente y las ramas pueden permanecer viables por largos periodos. Fue introducida en México hacia 1894 como especie para producción de alimentos y ornamental. Es considerada una especie exótica con potencial invasor en 3 países. En México donde está presente en 15 estados. *M. oleifera* es una planta incluida en el Compendio Global de Malezas y se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva presente en Florida y en algunas islas (Puerto Rico, islas Virginia, y en el Pacífico, excluyendo Hawaii).

1.1 Taxonomía

Moringa oleifera Lam.

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Orden: Brassicales Bromhead

Familia: Moringaceae Martinov

Género: *Moringa* Adans.

Especie: *Moringa oleifera* Lam.

1.1.1 Sinónimos

Moringa pterygosperma Gaertn.

Guilandina moringa L.

Hyperanthera moringa (L.) Vahl

Moringa zeylanica Burmann

1.1.2 Nombres comunes

Español: Marango, resedá, árbol de rábano, árbol de baqueta, ángela, árbol de los espárragos, árbol de las perlas, árbol “ben” (Villarreal-Gómez y Ortega-Angulo, 2014). En el continente americano y el Caribe es conocido como Moringa, acacia, aceite, firbol de las perlas, firbol de los asfirágos, bambou, bamamoer, ben-aile, benbom, benboom, ben oleifere, benzolive, benzolivier, brenoili, cedro, centauro, chinto borrego, chuva de prata, desen- gafio, gailito, goma, grains benne, guairefia, hoja de sen, jacinto, jasmin frances, macasar, maranga calalu, maloko, malungay, marango, marenque, moongay, moriengo, narango, noz de bem, orenga, orselli, palo de abejas, palo de aceite, palo de geringa, palo jeringa, paraíso, paraíso blanco, paraíso de espafia, paraíso extranjero, paraíso francés, perla, perlas del oriente, pois quenique, quiabo de tres quinas, Saint John, salaster, saliban, sen, seringa y terebinto (Morton, 1991).

Inglés: Horse-radish tree, Drumstick tree, Ben tree.

Otros: Ben ailé o Never-die (oeste de Africa), Daem mrum (Camboya), Kelor (este de las Indias y Surinam), Malungai/Malungay (Filipinas y Guam), Camung-gay/Malung-gay/Marong-gay (lo llaman los filipinos en Hawaii), sajina (Malasia) (Morton, 1991).

Tanto la familia (un solo género) como el género (13 especies) son originarios de Asia y África, por lo que no existen congéneres nativos de México.

1.2 Descripción

Árboles de 5 a 15 m de altura, con corteza lisa a rugosa, pero no fisurada, grisácea pálida. Tiene raíces tuberosas, corteza blanquecina, madera blanda y esponjosa, tronco corto (hasta 25 cm de grosor) y ramas delgadas, extensas, caídas y frágiles. El follaje es de hoja perenne o de hoja caduca (dependiendo del clima). Las hojas pecioladas, alternas, 3 pinadas, de 25 a 60 cm de longitud, están dispuestas en espiral, principalmente en las puntas de las ramas; las hojas con glándulas pecioladas exudando un líquido claro o ámbar en la base del peciolo o los foliolos; foliolos de 4–6 pares, ovados, elípticos, u oblongos, de 1–2 × 0.5–1.2 cm, puberulentos cuando jóvenes y glabros en la madurez, la base redondeada a cuneada, el ápice redondeado a emarginado; peciólulos delgados, 1–2 mm. Las inflorescencias son panículas ampliamente extendidas, bracteadas, 10–30 cm; las brácteas lineares, ca. 1 mm. Flores blancas a cremas, fragrantas, con apariencia de una flor de fabácea invertida con 2 sépalos y un pétalo dorsales que permanecen no-reflejos figurando una “quilla”, los demás componentes del perianto reflejos formando un “estandarte” en ángulo recto a la “quilla”, las flores nacen de un falso pedicelo 7–15 mm; el pedicelo verdadero de 1–2 mm. Tiene puntos amarillos en la base de las flores. Sépalos lanceolados a linearlanceolados, 0.7–1.4 mm, usualmente puberulentos. Los pétalos espatulados, 1–2 cm, glabros a puberulentos en la base. Estambres pilosos en la base. Ovario piloso. Cápsula 3-valvada, 20–50 × 1–3 cm, dehiscente. Las semillas son aladas, subglobosas, 3-anguladas, de 8–15 mm de diámetro excluyendo las alas; alas de 0.5–1 cm de ancho. Los cotiledones exudan aceite al comprimirlos (Morton, 1991)

Las frutas son vainas, solas o en pares, de color verde claro, muy delgadas, tiernas y que cuelgan al principio; se espesan gradualmente a 2 cm de ancho, se vuelven de color verde oscuro y firmes, 25 a 45 cm de largo, luego finalmente se convierten en tres lados o casi cilíndricos, nueve acanalados, apuntados al vértice, afilados en la base, marrones y ligeramente leñosos. Cuando están completamente maduras, se abren en tres válvulas y revelan una sola hilera de semillas redondas o triangulares, de color marrón, cada una con

tres alas blancas de papel, incrustadas en una médula seca y blanca similar a un tejido (Morton, 1991; Lianli y Olson, 2001; Olson, 2010).

La combinación de hojas pinnadas, frutos trivalvados, semillas con 3 alas glándulas (foliares características de esta familia) en ambos lados flanqueando la base o en el ápice del pecíolo y en la mayoría de las articulaciones del raquis, hace que sea muy fácil reconocer a *Moringa*. Otras características únicas de la familia, pero menos fáciles de observar, es que incluyen el estilo hueco y las anteras con 2 esporangios o cámaras para el polen en vez de los 4 que suelen presentar las plantas con flor (Olson y Fahey, 2011). Es una especie diploide con un total de 28 cromosomas (Parrota, 2000).

M. oleifera desarrolla raíces pivotantes y globosas, que contienen importantes reservas de energía, lo que las hace un mecanismo de supervivencia (Parrota, 2009; Csurhes y Navie, 2016).

1.3 Biología e historia natural

1.3.1 Biología

M. oleifera puede reproducirse sexualmente, por semilla, y asexualmente por propagación vegetativa (Ramachandran *et al.*, 1980). Cada árbol puede producir una gran cantidad de semillas anualmente (Ramachandran *et al.*, 1980; Sáenz-Ríos, 2016). Las ramas pueden permanecer viables por largos periodos (Csurhes y Navie, 2016). Ambas formas de reproducción le dan a la especie potencialidades para su propagación e invasión en grandes extensiones.

Las flores aparecen por primera vez a una edad temprana, frecuentemente durante los primeros seis meses después de haber sido plantados y usualmente durante el primer año (Parrota, 2000). En condiciones de cultivo en Soba, Sudán la floración se dió a los 10-11 meses. Dos meses después, ya había semillas maduras y secas (Jahn *et al.*, 1986). Por lo general florece entre enero y marzo, y fructifica de abril a junio. El árbol pierde las hojas en

diciembre-febrero, queda desnudo de hojas para varios meses en la estación fría, y las renueva en enero (Troup, 1921; Haines, 1922). Existen grandes variaciones en la fenología del florecimiento de acuerdo a la variedad y el sitio en donde crecen las poblaciones, sobre todo en su rango de invasión (Parrota, 2000).

<i>Moringa oleifera</i>	Rango nativo	Rango de invasión
<p data-bbox="316 506 414 531">Biología</p>	<p data-bbox="521 506 963 779">Por lo general florece entre enero y marzo, y fructifica de abril a junio. El árbol pierde las hojas en diciembre-febrero, queda desnudo de hojas para varios meses en la estación fría, y las renueva en enero (Troup, 1921; Haines, 1922).</p> <p data-bbox="521 821 963 1220">Puede florecer sólo una vez al año entre los meses de abril y junio en regiones con temporadas frías, como el norte de la India (Parrota, 2000). Bajo condiciones del norte de la India, el árbol arroja sus hojas en diciembre-enero y las renueva en febrero-marzo. Florecen y los frutos maduran durante el verano (Ramachandran <i>et al.</i>, 1980).</p> <p data-bbox="521 1262 963 1535">En el sureste de India, en Visakhapatnam, se pueden encontrar algunos árboles en flor en cualquier época del año, aunque la mayor floración ocurre de febrero a mayo y de septiembre a noviembre (Jyothi <i>et al.</i>, 1990).</p> <p data-bbox="521 1577 963 1692">En ocasiones, en el sur de India, las flores y los frutos aparecen dos veces al año (Ramachandran <i>et al.</i>, 1980).</p>	<p data-bbox="992 537 1373 684">En Puerto Rico y otros lugares del Caribe, donde es cultivada, puede florecer durante todo el año (Parrota, 2000).</p> <p data-bbox="992 726 1373 842">En las Bahamas, la floración se extiende de enero a junio (Parrota, 2000).</p> <p data-bbox="992 884 1373 1083">En Cuba, Jamaica y Florida, donde es cultivada, florece todos los días del año (Little y Wadsworth, 1964; Morton, 1991).</p> <p data-bbox="992 1104 1373 1251">En Soba, Sudán la floración se presenta a los 10-11 meses en condiciones de cultivo (Jahn <i>et al.</i>, 1986).</p>

La cima paniculada produce de 5 a 50 flores (promedio, 20) en un periodo de 3-14 días (promedio, 4), siendo el día 3 cuando se registra un número mayor de flores abiertas. Los capullos florales caen prematuramente en las 2 temporadas (30% en febrero-mayo y 40% en septiembre-noviembre) (Jyothi *et al.*, 1990).

Las flores abiertas están disponibles durante las 05:00-09:00 h a una temperatura de 27.3-29.3°C y una humedad relativa de 68-78%. El cielo nublado y un clima lluvioso pueden retrasar el proceso durante 30 min. La flor tiene una vida de 72 h (Jyothi *et al.*, 1990).

El polen mide 35 µm, es esférico, y tiene una superficie aceitosa y pegajosa. El promedio es de 4,920 por antera y 246,000 por flor. Hay en promedio 300 granos estériles por antera. En el experimento en Visakhapatnam, una solución de sacarosa al 100%, el polen fresco dio 100% de germinación; cuando el polen tenía 24 h de edad dio 72%, y con 72 h de edad, 30%; después, 0. Las polinizaciones manuales con polen de 24, 48, 62 y 66 h de edad dieron como resultado 72, 60, 32 y 12% de fructificación, respectivamente. Los granos de polen almacenados fueron ineficaces (Jyothi *et al.*, 1990). El estigma es receptivo después de 24 h de la antesis, y continúa durante 48 h; luego se vuelve marrón claro. Las polinizaciones manuales de estigmas recientemente receptivos dieron un 100% de frutos, los de 24 h, 72% y los de 48 h, 36%. La relación polen-óvulo aproximada fue de 1,070: 1 (Jyothi *et al.*, 1990).

El néctar inicia con la antesis. Es de 1-3 µl por flor, con glucosa como azúcar predominante; su concentración varía dependiendo de la hora del día, siendo la mayor en la mañana (Jyothi *et al.*, 1990).

Se ha reportado que la moringa tiene geitonogamia (polinización entre 2 flores de la misma planta) y xenogamia (polinización entre 2 flores de distintas plantas) (Jyothi *et al.*, 1990). Los experimentos de apomixis y autogamia no dieron ningún fruto. Las polinizaciones manuales con polen xenogámico dieron un 100% de frutos, un 81% de semillas y un 9% de fecundidad, mientras que con el polen geitonogámico las tasas fueron 62%, 6% y 6%, respectivamente (Jyothi *et al.*, 1990).

La fructificación natural fue relativamente baja, de 15% en febrero-mayo y 11% en septiembre-noviembre; siendo mayor en la fase inicial y disminuyendo progresivamente (Jyothi *et al.*, 1990).

Los frutos maduran aproximadamente 3 meses después de la floración. Las semillas son de color pardo oscuro, globulares y de aproximadamente 1 cm de diámetro, con tres alas con una consistencia papirácea. Veinticuatro vainas con semillas en Puerto Rico (zona de invasión) tuvieron un promedio de 15.8 ± 1.4 semillas y variaron de entre 2 a 26 semillas por vaina (Parrota, 2000).

Existen variaciones en los pesos de las semillas probablemente en función de la variedad, en un rango de entre 3,000 a 9,000 semillas por kilogramo. Dos muestras de 100 semillas previamente limpiadas en Puerto Rico promediaron 0.325 ± 0.005 y 0.310 ± 0.006 g por semilla, es decir, entre 3,080 y 3,230 semillas por kilogramo. Las vainas maduras con semillas permanecen en el árbol por varios meses antes de partirse y de liberar las semillas (Parrota, 2000). Cada árbol puede producir más de 600 frutas por año (Ramachandran *et al.*, 1980), con un total de 15,000-25,000 semillas anualmente (Sáenz-Ríos, 2016). Las vainas permanecen en el árbol varios meses después de la maduración, y eventualmente se parten liberando las semillas (Morton, 1991; Parrota, 2000).

Las semillas de *M. oleifera* son aladas y pueden ser dispersadas por el viento (anemocoria), agua y probablemente por animales. Las vainas flotan en el agua ayudando a la dispersión de la especie. También se han observado poblaciones de *M. oleifera* cerca de vertederos de agua, lo que sugiere que la especie se está estableciendo a partir de semillas o esquejes de desechos de jardines (CABI, 2018c).

La tasa promedio de germinación de *M. oleifera* es de 60 a 90%. Almacenadas, las semillas no retienen su viabilidad por más de 2 meses. Por otra parte, en la India, porcentajes de germinación de 60%, 48% y 7.5 % fueron reportados para semillas sembradas 1, 2 y 3 meses después de la recolección, respectivamente. Se han reportado también tasas de germinación de 10 a 60% para semillas almacenadas por 1 mes, mientras que algunas

selecciones han mostrado una germinación de 25 a 60% después de 12 meses. Ninguna semilla de esta especie germina después de 24 meses (Morton, 1991).

Tanto la germinación como el desarrollo inicial de las plántulas se ven beneficiados por condiciones parciales de sombra (Parrota, 2000).

M. oleifera llega a vivir hasta 20 años y es una planta de rápido crecimiento que llega a crecer hasta 5 m de altura en el primer año (Godino *et al.*, 2013; Olson, 2017). Si el crecimiento es de plantas originadas a partir de semilla, puede llegar a vivir hasta 20 años, pero si de plantas originadas a partir de estacas vive entre 10-15 años (Godino *et al.*, 2013).

La moringa posee un alto contenido de aceite. Las semillas de procedencia silvestre de bosques de Pakistán poseen en promedio un 34.8% (Anwar y Rashid, 2007), que es 40% más bajo al reportado para las semillas de plantas de moringa cultivadas en la provincia de Sindh, en Pakistán. Esta variación en el rendimiento de aceite de semillas de *M. oleifera* entre la procedencia cultivada y la procedencia silvestre de Pakistán podría atribuirse a la diversidad de hábitats naturales y a restricciones agroclimáticas. Los porcentajes para semilla silvestre coinciden en rango con los reportados para Kenia y Malawi. Pero son más bajos que en la India y Nigeria. También se reportó un alto contenido de proteínas de las semillas (31.65%), fibra (7.54%) y cenizas (6.53%) (Anwar y Anwar, 2003).

1.3.2 Ecología

Moringa oleifera es una planta tropical y crece bien en las llanuras (Ramachandran *et al.*, 1980). Se le encuentra en bosques tropicales deciduos, con altas precipitaciones, en selvas bajas caducifolias y bosques en el norte de India, así como en regiones áridas, costeras y savanas; inclusive en áreas urbanas y al borde de su área invadida en África y Latinoamérica (CABI, 2018c). Con una variedad de climas, bosque lluvioso tropical, de savana tropical, con verano seco, clima templado caliente, aunque puede tolerar un clima árido de desierto (CABI, 2018c). Crece a distintas altitudes y en diferentes ambientes, adaptándose fácilmente a regiones degradadas de los trópicos y subtropicos. Parece tolerar por ende una amplia gama de condiciones ambientales.

Crece bien entre 25°C y 35°C, pero tolera hasta 48°C en la sombra y puede sobrevivir a una helada ligera. Se ha visto que se desarrolla en áreas que reciben cantidades anuales de lluvia que van desde 250 a 2,200 mm, y soporta hasta 6 meses de sequía (Palada y Chang, 2003; CABI, 2018c). La moringa crece bien en casi todos los tipos de suelos, excepto en arcillas rígidas; las margas arenosas son las mejores (Ramachandran *et al.*, 1980). No sobrevive bajo inundaciones prolongadas y drenaje deficiente. En Puerto Rico (introducido), crece en suelos con drenaje excesivo, y en suelos húmedos y bien drenados de fertilidad mediana (Parrota, 2000). Lo anterior hace a *Moringa oleifera* competitiva y tolerante a distintas condiciones ambientales, con lo que puede volverse invasora.

Moringa oleifera	Rango nativo	Rango de invasión
Ecología	Las altitudes por debajo de 600 m son las mejores para la moringa (Palada y Chang, 2003; Jahn <i>et al.</i> , 1986), pero puede crecer a altitudes de hasta 1,400 m (Parrota, 2000).	Este árbol crece a altitudes de hasta 1,200 m en los trópicos, como en Taiwán, Etiopía y México (Jahn <i>et al.</i> , 1986; Palada y Chang, 2003).
	En el tramo sub-Himalaya desde Chenab hasta Sarda, y en Oudh, la temperatura máxima a la sombra varía de 43 a 47°C, con un mínimo absoluto -1.1 a 2.8 °C (Troup, 1921).	No se reportan temperaturas promedio para su rango de distribución de invasión.
	<p>En esta misma región sub-Himalaya, la precipitación es de 760 a 2,160 mm (Troup, 1921).</p> <p>Se cultiva en regiones áridas y semiáridas de la India y Pakistán, con precipitación anual de 300 mm (Parrota, 2000).</p> <p>En estos sitios debe ser irrigado probablemente pues poseen un nivel alto de agua subterránea.</p>	<p>Se cultiva en regiones áridas y semiáridas de Afganistán, Arabia Saudita y África del este, en donde la precipitación anual puede ser de 300 mm (Parrota, 2000).</p> <p>En Puerto Rico, ha logrado naturalizarse en lugares con una precipitación anual de</p>

	Tolera un pH del suelo de 5.0–9.0. (Palada y Chang, 2003).	entre 1,000 y 1,800 mm (Parrota, 2000). Crece con un pH de entre 5.5 y 7.5. Es muy susceptible a daño por el viento en Puerto Rico (Parrota, 2000).
--	--	--

En el área de su distribución natural, la moringa crece en bosques deciduos tropicales secos secundarios en asociación con varias especies de árboles como *Albizia procera*, *Bombax malabaricum*, *Dalbergia sissoo*, *Ficus glomerata*, *Gmelina arborea*, *Kydia calycina* y *Lagerstroemia parviflora*. En bosques secundarios de los llanos costeros del sur en Puerto Rico, se encuentra asociado con varias especies de árboles también, como *A. lebbek*, *Bucida buceras*, *Leucaena leucocephala*, *Pithecelobium dulce*, *Prosopis pallida*, *Tabebuia heterophylla* y *Tamarindus indica* (Parrota, 2000).

Tiene una alta tolerancia a la sequía, lo cual se probó ya que en Mali, se entregaron semillas de distintas especies de plantas para cultivo, las cuales llegaron en un año muy seco y la única planta que sobrevivió fue la moringa (Morton, 1991).

Crece a lo largo de los ríos más grandes dentro de su área de distribución natural, en tierras aluviales cerca de los lechos arenosos o de piedras de ríos y arroyos (Troup, 1921). Crece en los valles de las colinas de Ramnagar, India, a lo largo de los lechos de los ríos (Haines, 1922). Mientras que el suelo superficial puede ser muy seco durante varios meses al año, el nivel de agua subterránea se encuentra por lo general dentro de la zona de profundidad máxima de sus raíces (Parrota, 2000).

Se han reportado como polinizadores de *Moringa oleifera* en su región nativa principalmente abejas como *Xylocopa latipes* y *X. pubescens* que son los polinizadores más apropiados por su adaptación corporal y por su presencia en todos los lugares donde estaba presente la moringa; también *Apis florea*, *A. cerana indica*, *Trigona* sp. y *Amegilla* sp.

También se encontró una hormiga (*Camponotus* sp.) y varios lepidópteros. Se ha observado que el patrón de actividad de los visitantes florales puede no estar totalmente influenciado por el patrón de secreción de néctar; lo que podría estar influenciado por las especies de plantas coexistentes en flor (Jyothi *et al.*, 1990). Algunas aves marinas como *Nectarinia* sp. son también polinizadores eficientes en su área nativa en India, y habiéndose observado interacciones en otros lugares como Hyderabad y Ongole en Andhra Pradesh (sitios de India) (Jyothi *et al.*, 1990). En tales localidades, las aves marinas (*Nectarinia* spp.) también sirven como polinizadores eficientes. Cuando prueban el néctar, el polen se deposita en la parte posterior de sus picos y se transfiere al estigma de una manera nototrófica. Aunque en 1985 se tenía registro de *Nectarinia zeylanica* y *N. asiatica* en Visakhapatnam (donde la moringa es común en los jardines de las casas) 5 años después estaban totalmente ausentes (Jyothi *et al.*, 1990).

M. oleifera es resistente a la mayoría de plagas y enfermedades, pero puede ser afectada bajo ciertas condiciones como por ejemplo por la podredumbre en suelos mojados, por poblaciones de ácaros en climas secos y frescos, por plagas de termitas, pulgones, minadores de hojas, moscas blancas y orugas (Palada y Chang, 2003).

En India el árbol no se ve afectado por ninguna enfermedad grave. Hospeda de manera colateral a *Leveillula taurica*, un añublo (*Carica papaya*). En el sur ha reportado pudrición de la raíz causada por *Diplodia* sp. en Madras, India (Parrota, 2000). La oruga peluda, *Eupterote mollifera*, causa defoliación en la moringa; se controla rociando el árbol con jabón de resina de aceite de pescado o con un pesticida hexacloruro de benceno (BHC), o quemándolo con una antorcha. También se informan de las siguientes plagas de insectos en la moringa: orugas de *Tetragonia siva* (en Coimbatore, su de India, de junio a noviembre), *Metanastia hyrtaca* y *Heliiothis armigera*; un áfido, *Aphis caraccivera*; un insecto escama, *Ceroplastodes cajani*; un perforador *Diaxenopsis apomecynoides*; y una mosca de la fruta, *Gitonia* sp., reportando por primera vez daño a moringa en Coimbatore y Paramakudi Tamil Nadu, India, lugares donde predomina de junio a septiembre. Debido a que la distribución original en donde es nativa la moringa corresponde a la parte norte de India, estos reportes al sur de la India pueden asumirse como ser zonas de introducción dentro de este mismo

país (Ramachandran *et al.*, 1980). En Puerto Rico (invasión) es muy susceptible al ataque de las termitas por lo que no se recomienda como planta ornamental (Little y Wadsworth, 1964). En Kenia, se han reportado ataques de plagas durante períodos secos (50%), al inicio de la temporada de lluvias (32%) y durante todo el año (2%). La larva de insectos se alimenta principalmente de las hojas (79%) reduciendo su biomasa y volviéndolas menos atractivas para el consumo humano; y vainas (18%), volviendo las semillas inviables para la siembra y la producción de plántulas, y otros usos (Kumssa *et al.*, 2017).

En Puerto Rico, la depredación sobre las semillas de *M. oleifera* por insectos llega frecuentemente a niveles muy altos (Parrota, 2000).

También se ha reportado como hospedero de *Stigmene acraea* y *Glyphodes sybillalis* en Cuba, que son dos insectos cuyas larvas se conocen como defoliadoras (Martínez y Ramírez, 2014). Le atacan los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), quienes pueden colonizar la raíz, con lo que pueden afectar los niveles de compuestos bioactivos y elementos minerales en las hojas de la moringa. En un experimento en el campus de Freie Universität Berlin, Alemania, se observó que los niveles mejorados de glucosinolatos de HMA no tuvieron efecto sobre los flavonoides y ácidos fenólicos, pero redujeron los niveles de carotenoides, aumentaron la concentración de cobre (Cu) e interactuaron positivamente para aumentar el zinc (Zn) en las hojas de la planta. La colonización por HMA no modificó el crecimiento total de la moringa. Pero el parasitismo por HMA bajo fertilización con alto contenido de fósforo (P) que se ha reportado en la moringa se puede considerar como una interacción típica de la relación mutualismo-parasitismo en una continuidad (Cosme *et al.*, 2014). Aunque hay un parasitismo de los HMA, la moringa se ve beneficiada creciendo mejor.

1.3.3 Especies con las que *Moringa oleifera* puede hibridar

Se ha sugerido que *Moringa oleifera* tiene potencial para hibridarse con otras especies del mismo género, tal como *M. stenopatala*, la cual produce semillas más grandes y tiene agentes floculantes similares a los de *M. oleifera*; se piensa que la posible hibridación generaría una mayor producción en campo. También podría hibridar con *M. peregrina*, que

tiene contenido de aceite más alto con lo que el posible híbrido produciría mayor cantidad de aceite. Estas potenciales hibridaciones no se han llevado a cabo, solo se sugieren (Grubben y Denton, 2004). Por otro lado, ni *Moringa stenopatala* ni *M. peregrina* son consideradas como invasivas en ninguna de las fuentes consultadas (CABI, PIER, NRCS USDA, entre otras), aunque *M. peregrina* ha tenido numerosos escapes. *M. peregrina* se ha escapado y naturalizado en el sur de Florida, incluyendo Los Cayos de la Florida y en todo el oeste desde Bahamas y Cuba hasta Trinidad y Tobago y Curazao. Ya se plantaba también en el sur de California. Se escapó también en México y hasta Perú, Paraguay y Brasil, entre muchos otros países de Sudamérica y el resto del mundo (Little y Wadsworth, 1964).



a) Flores zigomorfas de *M. oleifera*. Autor: Ricardo Rodríguez Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.



b) Flores zigomorfas de *M. oleifera*. Autor: Mauricio Mercadante^{CC}.



c) Inflorescencia paniculada. Autor: Ricardo Rodríguez Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}



d) Inflorescencia paniculada. Autor: Tatters^{CC}.

Figura 22. Flores e inflorescencias de *Moringa oleifera*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Vainas de *M. oleifera*. Autor: Ricardo Rodríguez Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.



b) Semillas dentro de la vaina de *M. oleifera*. Autor: Kanichat^{CC}.



c) Semilla redondeada con alas. Autor: Ricardo Rodríguez Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.

Figura 23. Vainas y semillas de *Moringa oleifera*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Hoja compuesta. Autor: Iskandar Ab. Rashid^{DP}.



b) Tronco de *M. oleifera*. Autor: Peter Kirkland – www.plantfile.com^{PA}.

Figura 24. Detalles de las hojas y el tronco de *Moringa oleifera*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) *Halyomorpha* sp. en *Moringa oleifera*. Autor: Muhammad Mahdi Karim^{CC}.

Figura 25. Algunas interacciones de insectos con *Moringa oleifera*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

1.4 Estatus

En algunas partes del mundo se considera a *M. oleifera* como una planta invasora, pero en una gran proporción de países indican que no es claro y consideran que deben estudiarse más sus efectos en la biodiversidad. Del total de países que la mencionan en documentos en su legislación, es considerada una especie exótica invasora en 3 países. Se le encuentra como exótica en 120 países. En México se le ha registrado en 15 estados. *Moringa oleifera* es una planta incluida en el Compendio Global de Malezas (Randall, 2012) y se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva introducida dentro de alguno de los 48 estados, Puerto Rico y las Islas Virgenes, y afectando el Caribe y las llanuras costeras (USDA-NRCS, <https://plants.sc.egov.usda.gov/core/profile?symbol=MOOL>). Se le considera como una planta escapada de cultivos, naturalizada, una maleza ambiental que invade y con efectos en ecosistemas nativos (Randall, 2012).

Aunque *Moringa oleifera* es nativa de las estribaciones del Himalaya en el sur de Asia (ver adelante) también ha sido llevada, cultivada y se ha naturalizado en otras partes de India, Pakistán, Nepal, Bangladés, así como en Afganistán y Sri Lanka, que anteriormente no eran parte de su distribución nativa; es complicado separar en sitios particulares, por lo que no se hace una separación muy clara, pero lo que se encuentre fuera de las zonas del noreste de las regiones indicadas, serían áreas de expansión y naturalización generadas por el hombre (Anwar y Rashid, 2007; Parrota, 2009).

Tanto la familia (un solo género) como el género (13 especies) son originarios de Asia y África, no existen congéneres nativos de México.

1.4.1 Distribución nativa

India (Bengala occidental) y las estribaciones del Himalaya del noreste de Bangladés, de Nepal y del noreste de Pakistán, desde el noreste de Pakistán (donde ocurre en los bosques de la Provincia de la Frontera Noroeste), del estado de Bengala de Occidente en India, del

noreste de Bangladés y Nepal (Haines, 1922; Parrota, 2009; Mahmood *et al.*, 2010; Arias, 2014; USDA-ARS, 2018) (Fig. 26).

1.4.2 Distribución de invasión

Se le ha introducido como especie exótica en distintos países con ambientes distintos, en Afganistán, Anguila, Antigua y Barbuda, Antillas Francesas (Guadalupe, Martinica, San Bartolomé, San Martín), Arabia Saudita, Argentina, Australia, Bahamas, Bangladés, Barbados, Belice, Benín, Birmania, Bolivia, Bonaire, Brasil, Burkina Faso, Burundi, Camboya, Camerún, Caribe Neerlandés (San Eustaquio e Isla de Saba), Catar, Chad, Chile, China, Colombia, Comoras, Corea del Norte, Corea del Sur, Costa Rica, Cuba, Curazao, Egipto, El Salvador, Emiratos Árabes Unidos, Eritrea, Estados Federados de Micronesia, Estados Unidos de América, Etiopía, Filipinas, Fiyi, Gambia, Ghana, Granada, Guam, Guatemala, Guayana Francesa, Guinea, Guyana, Haití, Honduras, India, Indonesia, Irán, Iraq, Islas Caimán, Islas Cook, Islas Marianas del Norte, Islas Marshall, Islas Salomón, Islas Vírgenes (territorio de EUA), Israel, Jamaica, Kenia, Kiribati, Liberia, Madagascar, Malasia, Malawi, Maldivas, Malí, Mauricio, Mauritania, México, Mongolia, Montserrat (región de ultramar Británica), Nauru, Nepal, Nicaragua, Níger, Nigeria, Niue, Nueva Zelanda, Omán, Pakistán, Palaos, Panamá, Papúa Nueva Guinea, Paraguay, Perú, Polinesia Francesa, Puerto Rico, República Dominicana, Samoa, San Cristóbal y Nieves, San Vicente y las Granadinas, Santa Lucía, Senegal, Seychelles, Sierra Leona, Singapur, Somalia, Sri Lanka, Sudáfrica, Sudan, Tailandia, Taiwán, Tanzania, Togo, Tonga, Trinidad y Tobago, Turquía, Uganda, Uruguay, Venezuela, Vietnam, Yemen, Zaire y Zimbabue (Brill, 1909; Haines, 1922; Merrill, 1923; Standley y Record, 1936; Standley y Dahlgren, 1937; Fosberg, 1957; Wallace, 1963; Little y Wadsworth, 1964; Fosberg *et al.*, 1979; Conkling, 1980; Smith, 1981; Humbert y Leroy, 1982; Fosberg *et al.*, 1983; Robertson y Fosberg, 1983; Jahn *et al.*, 1986; Francis y Liogier, 1991; Keighery *et al.*, 1995; Salazar *et al.*, 2000; Space y Flynn, 2001; 2002; Vander, 2003; Space *et al.*, 2004; Brundu y Camarda, 2004; Chong *et al.*, 2009; Parrota, 2009; Thaman *et al.*, 2009; Mahmood, 2010; Navie y Csurches, 2010; Acevedo-Rodriguez y Strong, 2012;

Arias, 2014; Flora of Qatar, 2016b; CABI, 2018c; Moreno, 2018; Tropicos, 2019; base de datos del proyecto) (Fig. 26).

En EUA ocurre en Florida, Puerto Rico, Islas Vírgenes y otras islas en la cuenca del Pacífico.

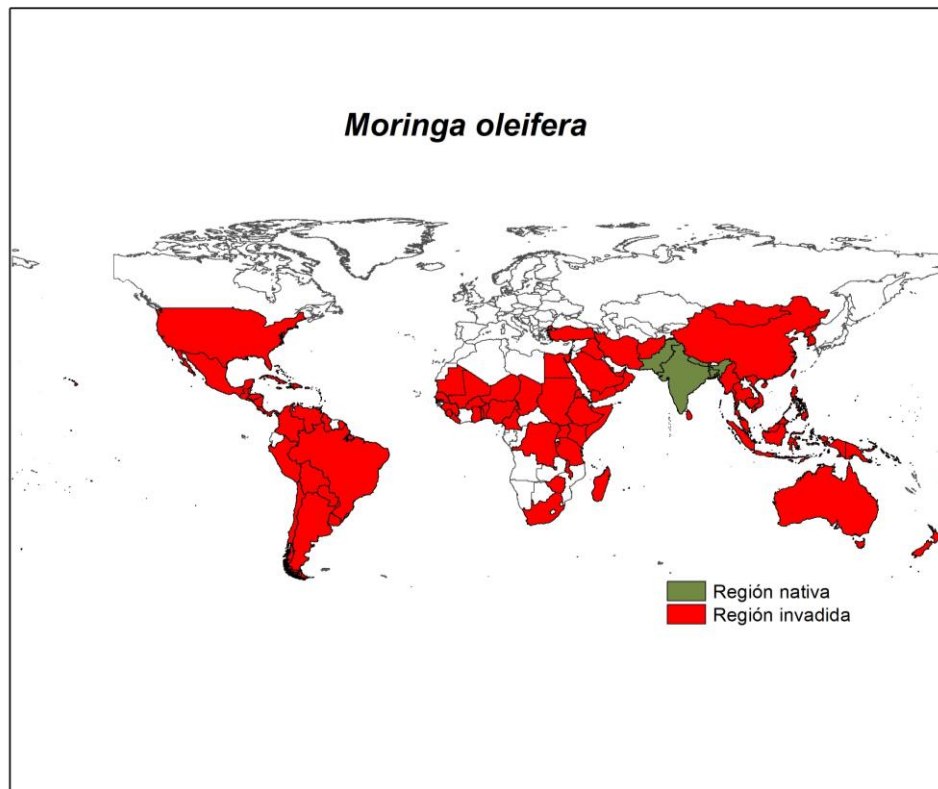


Figura 26. Mapa mostrando la distribución nativa de *Moringa oleifera*, así como en los países donde se le ha introducido y es exótica, invasora. Fuente: elaboración con base en los registros indicados en los apartados de distribución nativa y de invasión.

1.4.3 Distribución en México

En México, ocurre en Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Colima, Guerrero, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa, Sonora, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán (Base de datos del proyecto) (Fig. 27).

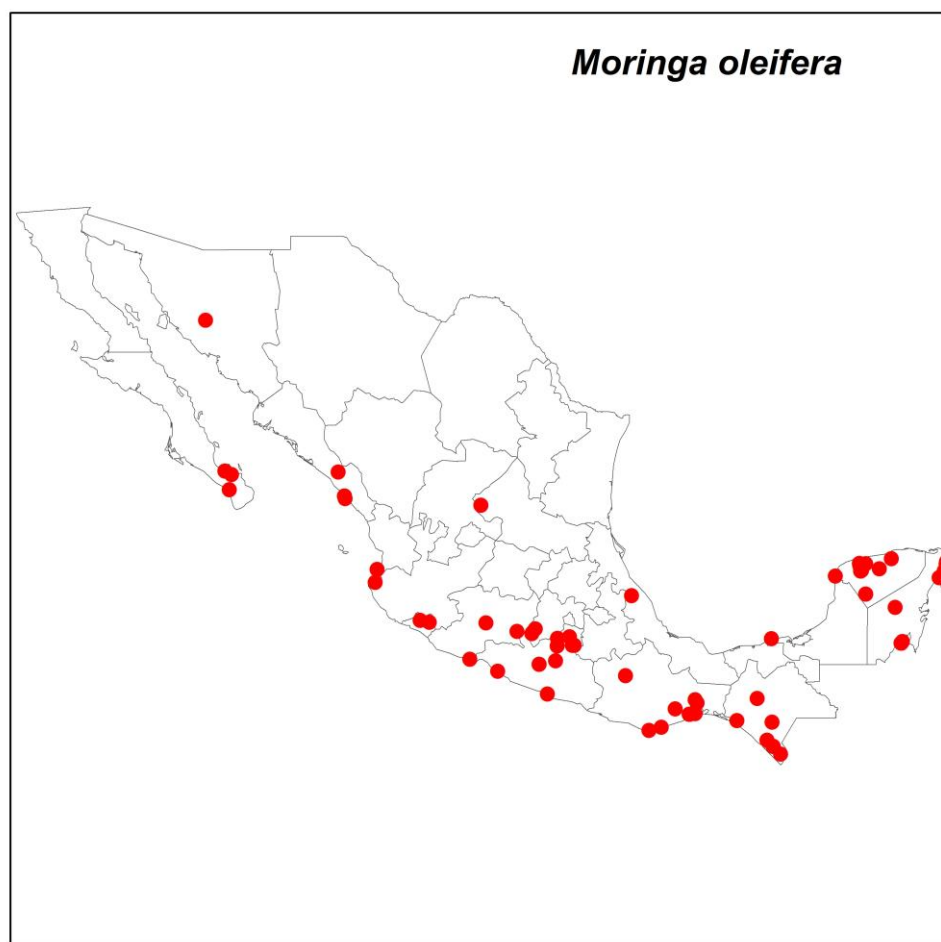


Figura 27. Mapa mostrando la distribución de *Moringa oleifera* en México, por estados. Fuente: registros de la base de datos del proyecto.

2. Rutas de introducción

Las semillas de *M. oleifera* pueden ser dispersadas por el viento. Las vainas que contienen las semillas, flotan y pueden ser transportadas por el agua, al igual que sus esquejes. Parece ser que los humanos y sus actividades son el principal vector para la introducción y dispersión de *Moringa oleifera*, llevando las semillas y esquejes entre sitios, comercializándolos; pueden entonces ocurrir los escapes (Parrota, 2000; CABI, 2018c).

2.1 Origen e historia de los individuos comercializados

En el antiguo Egipto, época de Ramsés IX, 1,100 a. C. el aceite de moringa era un producto exótico de lujo que se regalaba a los reyes. *Moringa oleifera* ha sido cultivada en la India durante casi 5000 años, se ha utilizado comúnmente en sus alimentos convencionales y a principios del siglo I d. C., ya se menciona a esta planta como “Shigon” en el Susruta-Samhita, un libro de medicina ayurdeva (Foidl *et al.*, 2001; Bhargave *et al.*, 2015). Se ha descrito que guerreros del Imperio Maurya de India se alimentaban con extractos de la hoja antes de algún enfrentamiento de guerra (Bhargave *et al.*, 2015). Fue distribuida a otras áreas tropicales de Asia y Oceanía desde hace más de 120 años (CABI, 2018c). Los británicos introdujeron este árbol de la India hacia África como una planta ornamental y posteriormente fue introducido por una persona a Jamaica en 1784 (Morton, 1991; CABI, 2018c). Esta planta fue también introducida al norte de Sudán como árbol ornamental (Berger *et al.*, 1984).

A la Península Ibérica se cree que *Moringa oleifera* llegó en 1746, ya que se menciona en un fragmento anónimo del Jardín Botánico de Madrid (López-García, 2016). En 1784 ya se cultivaba en Jamaica (López-García, 2016). En 1860 llegaron obreros procedentes de India para trabajar en plantaciones de caña en Sudáfrica; estos trabajadores llevaron varias semillas de diversas plantas, entre ellas *M. oleifera* y *Melia azedarach* que plantaron y cosecharon fácilmente (Naidoo y Cooposamy, 2011). En el siglo XIX, a través de ingleses y

franceses, se aceleró la introducción de *M. oleifera* a África y el Caribe (López-García, 2016). Se cree que a finales del siglo XIX este árbol fue introducido a Guatemala desde Haití (Cáceres *et al.*, 1991), ya que en 1892 se colectó en Santa Rosa, Guatemala (Tropicos, 2019). El 2 de junio de 1895 se colectó *M. oleifera* en Puerto Momotombo, Nicaragua (Tropicos, 2019), pero en la literatura se indica que fue introducido en la década de 1920 como una especie ornamental y para uso como cerca viva (Foidl *et al.*, 2001). En Brasil, se colectaron especímenes de *M. oleifera* en 1836 (Botanic Garden, 2019); se sabe que desde 1950 se encontraba en el estado Maranhão, y que fue utilizado como una planta ornamental; posteriormente, se ha extendido por todo el noreste del país (Pereira *et al.*, 2018).

En Florida, EUA, se colectó la moringa en 1891 (Franck y Bornhorst, 2019). Fue recomendada como planta ornamental. La oficina de Introducción de Semillas y Plantas Extranjeras del Departamento de Agricultura de EUA introdujo semillas de Cuba en 1915 y de Nicaragua en 1923. Se recomendó a este árbol como ornamental en el sur de Florida y posiblemente para California. Las semillas de la Estación Botánica del Medio Egipto en Matania El Saff, Egipto, fueron recibidas por el Departamento de Agricultura de EUA en 1916. Estas semillas probablemente provenían del norte de Omán donde se cultivaba ocasionalmente, pero no de Egipto donde no se siembra. No obstante, debido a que el donante, Alfred Bircher declaró que "*Las vainas de esta variedad están libres del sabor amargo del rábano picante común, y se comen como los frijoles franceses si se recolectan en un estado joven*", se pensó en una identificación errónea, sugiriendo que en realidad se trataba de *M. peregrina*, las cuales son familiares y valoradas en Egipto. En el sur de Florida, la moringa solo se plantaba ocasionalmente como curiosidad (Morton, 1991).

La colecta botánica más antigua que se tiene de esta especie en Bermuda se realizó el 9 de diciembre de 1913 (Ramírez *et al.*, 2019) donde se introdujo como ornamental (Britton, 1918). En la década de 1950 se introdujo *M. oleifera* a Israel desde India por inmigrantes que los plantaron en sus jardines (Makin y Solowey, 2017).

El Centro de Preocupaciones Educativas para el Hambre (ECHO), un centro agrícola filantrópico en North Fort Myers, Florida, distribuía semillas de muchas especies con interés económico a misioneros y a otros trabajadores en más de 90 países en desarrollo. Los

informes de éxito con semillas de la moringa en condiciones extremadamente secas promovieron que se hicieran muchas solicitudes, por lo que se ha estimado que la cantidad de semillas de esta planta superaron las de cualquier otra especie que se enviaron al extranjero (Morton, 1991). De forma anecdótica se sabe que un paquete de semillas fue enviado a un campo de refugiados afganos en Pakistán. Las plántulas se convirtieron pronto en una fuente muy apreciada de alimento para los vegetarianos. Los residentes de la aldea cercana entonces solicitaron semillas de la moringa a ECHO, quien les envió 5 kg de semillas recolectadas en Haití (Morton, 1991). Por otro lado, un envío de semillas a Maranhão, Brasil, resultó en 25,000 árboles plantados por estudiantes universitarios y profesores en alrededor de 9,000 casas de trabajadores. La propaganda hizo también que salvadoreñas refugiadas en Belice cultivaran la moringa para consumir las hojas.

Miles de árboles se han plantado cerca del desierto del Sahara (Morton, 1991). Para 1964 ya se consideraba naturalizada dentro de este país (Little y Wadsworth, 1964).

La moringa es una especie introducida particularmente en la parte sur de Nigeria (Yoruba, Edo / Deltans e Igbo), aunque la información recopilada sugiere que se conoce desde hace más de 60 años. Los principales puntos de origen de los propágulos llevados a Nigeria provienen de Filipinas, Togo, EUA, República de Níger, República de Benin y el norte de Nigeria. Se sabe que los países árabes, India y África son considerados como los sitios de origen de la introducción de la planta a otras partes del mundo (Popoola y Obembe, 2013).

2.2 Historia de la comercialización en México

Aunque se presenta en 15 estados, la forma de introducción a México no es clara, el proceso está pobremente documentado. Se cree que fue introducido con fines alimenticios a finales del siglo XVIII por el botánico real Juan de Cuéllar, en alguno de los viajes de la Nao de China que cubría la ruta entre Manila y Acapulco (1565-1821). Se aduce que si llegó de esta manera, era utilizada como alimento por los miembros de la tripulación (Olson y Fahey, 2011). Se presenta en otras referencias que el árbol fue introducido a México en el año de 1894 para la producción de cultivos y horticultura (CABI, 2018c). Sin embargo, también

pudo haber sido traído en el siglo XX por misioneros que viajaron de África a Latinoamérica. Entre octubre de 1894 a marzo de 1895 Edward Palmer colectó en Acapulco, Guerrero, especímenes de *M. oleifera* (Santillán, 2013; Olson y Alvarado-Cárdenas, 2016; López-García, 2016; NMNH, 2019). En Sonora, se introdujo en marzo de 2001 por parte de Save the Children y Fundación Kellogs, que mandaron unas semillas a la Fundación de Apoyo Infantil de Sonora, con el objetivo de tener una alternativa de nutrición de las familias indígenas mayos del sur de Sonora (Pérez *et al.*, 2010a).

Debido al creciente auge mundial del cultivo, llegó otra vez a México en forma de semillas desde India y África, generalmente para su cultivo en campos especializados con la finalidad de cosechar hojas (Olson y Fahey, 2011). Es probable que también desde México se hayan exportado semillas a distintas partes del mundo.

En México, ha sido cultivado y utilizado para producción de hojas, aparentemente para alimento, así como para ornamento. Debido a sus cualidades y a los bajos costos de producción y adaptabilidad a la región centro de Sinaloa, *M. oleifera* ha sido considerada como una alternativa viable para la producción de forraje, como un alimento con alto contenido proteico para la alimentación de ovinos. El estudio de factibilidad en lotes demostrativos indica que el rendimiento del cultivo fue de 80 toneladas de forraje fresco bajo condiciones de temporal de 250 milímetros de lluvia, con una relación beneficio-costo de 2.16 (Raymundo-Pérez, 2011).

2.3 Usos y comercialización

M. oleifera ha sido comercializada como alimento, medicina natural, coagulantes naturales, productos forestales, fertilizantes, cercas vivas, como madera combustible y ornamental (Fahey, 2005; Anwar *et al.*, 2007; Pandey *et al.*, 2012; Popoola y Obembe, 2013). También como cortinas rompevientos y para estabilizar suelos (CABI, 2018c). Se ha sugerido que podría ser usada en programas de reforestación.

En el antiguo Egipto, época de Ramsés IX, 1,100 a. C. el aceite de moringa era un producto exótico de lujo que se regalaba a los reyes; lo incluían a sus tesoros y lo llevaban en vasijas de las tumbas funerarias para la otra vida; además se ha encontrado aceite corporal, que también se usaba en la momificación (López-García, 2016).

Las vainas, las flores, las hojas, e incluso las ramitas, se han utilizado como verduras y se han cocinado de muchas maneras con varios condimentos (Benthall, 1946). Se ha empleado también en la cocina, en lugar de la mostaza; los europeos la conocen hace tiempo como un excelente sustituto del rábano picante. Las ramitas y las hojas a veces se cortan para obtener forraje, para los camellos. La madera es suave, esponjosa, perecedera e inútil para construcción, pero se obtiene una fibra de carbono de la corteza y ocasionalmente pocas personas la han usado en cuerdas y cordeles. Una goma oscura exudada por el vástago se usa en la impresión con calicó y se vende como sustituto de la goma de tragacanto. Las semillas producen un aceite claro, límpido y casi incoloro, conocido como aceite ben (aunque el verdadero aceite bien parece provenir de la especie *M. aptera*, nativa de África). Este aceite es usado por los relojeros y es muy apreciado por los perfumistas debido a su gran poder de absorción y retención de los delicados aromas, pero parece ser que rara vez se produce en la India (Benthall, 1946; Morton, 1991).

También se ha usado en la generación de taninos y para biodiesel (Rashid *et al.*, 2008). El aceite que se obtiene es usado por los relojeros y por los perfumistas. Es de India de donde viene la mayor parte de la producción y comercio internacional de la moringa en forma de conservas, frutas frescas, aceite, semillas y polvo de hojas. India tiene una producción anual de 1.1 a 1.3 millones de toneladas de vainas tiernas (Tak y Maurya, 2017). En África también se hace comercio en mercados locales e internacionales. En Ghana, la especie se comercializa para ambos tipos de mercado, incluido EUA (Adu-Dapaah *et al.*, 2017), Niger y Nigeria donde se quiere incrementar su cultivo (Pasternak *et al.*, 2017). El polvo de hoja de la moringa es el producto alimenticio complementario más popular en Europa, por lo que inclusive ya se está solicitando su regulación y que se tenga un control de calidad del producto a nivel de leyes (Moritz, 2017). El uso de este complemento está creciendo en EUA y su comercialización se está evaluando en Filipinas e Israel (Dar, 2017; Makin y Solowey,

2017; Patricio y Palada, 2017). También se está usando como cosmético (Amaglo *et al.*, 2017), y se están haciendo planes para la producción a gran escala de biocombustible y como un floculante (Csurhes y Navie, 2016; Heuzé *et al.*, 2017).

La corteza del árbol se agrega a la savia de la palma durante el proceso de fermentación para hacer vinagre de palma porque inhibe el desarrollo de ciertos organismos. La corteza produce taninos para el tratamiento del cuero y en calicó, y una fibra gruesa para hacer alfombras y cordeles.

En 1976, se iniciaron plantaciones extensivas en la India para la producción de papel. Se ha propuesto como adecuado para la fabricación de celofán y rayón. Un tinte azul se ha derivado de este árbol en Jamaica. De las incisiones en la corteza del tronco, exuda una goma (un poliurónido) que al principio es blanca, pasa a color amarillo y finalmente es rojizo. Las vainas que aún no abren, pueden ser una fuente de ingresos como artesanía (Morton, 1991). En Pakistán es reconocido como uno de los principales productos forestales no madereros. La fruta silvestre es recolectada por los ganaderos de los bosques y vendida en el mercado local. Se ha reportado un pequeño suministro de aproximadamente 10 toneladas, que se usa en este país (Anwar y Rashid, 2007).

Por otra parte, el biodiesel derivado del aceite de *M. oleifera* podría ser un buen sustituto para el diésel derivado de petróleo. Una de las características más notables es el número de cetano (CN) de 67, el valor más alto reportado hasta el momento para biodiesel (Rashid *et al.*, 2008). En América Latina y Centroamérica ha cobrado una gran importancia ya que es una de las especies vegetales con mayor contenido de aceite (35%) y de ella se obtiene un biodiesel de lo que consideran es buena calidad. Este cultivo tiene un rendimiento de aproximadamente 2,500 kg/hectárea, un rendimiento de 1,478 litros de aceite/hectárea y un factor de conversión de biodiesel del 0.96 que permite una producción aproximada de 1,419 litros de biodiesel/hectárea. Estos números son elevados. El cultivo de moringa con fines de estimar su biomasa ha sido investigado en diferentes lugares del mundo, principalmente en la India, África y Filipinas. En Latinoamérica, se han iniciado programas en los laboratorios sobre su biomasa, en Nicaragua en particular (Martínez *et al.*, 2010).

También posee usos etnobotánicos por diferentes grupos étnicos de Nigeria, bien sea la hoja, semilla, raíz, tronco para tratamientos medicinales (paludismo, presión arterial, accidente cerebrovascular, reumatismo, diarrea, presión arterial, diabetes, analgésico, epilepsia, llagas en la boca, curación de heridas, úlceras), como alimento (ensalada, sopa, té) y forraje para ganado, así como para cercas vivientes (Popoola y Obembe, 2013) (ver Fig. 28).

2.3.1 Análisis económico de la comercialización

No existe un análisis económico formal sobre los costos y las ganancias del comercio de *Moringa oleifera*. Debido a todos los usos que se le dan a esta especie, los beneficios económicos del cultivo y del comercio deben de ser considerables. Sin embargo, no existe (o no lo encontramos disponible) un análisis económico de costos y beneficios obtenidos del comercio y usos locales de *Moringa oleifera*. Los servicios ambientales dados por los usos de *M. oleifera* producen beneficios socioeconómicos que no se han valuado. La producción de cultivos en distintas partes del mundo con los fines comerciales que tienen, han generado empleos para la gente e ingresos a las comunidades. Estos son beneficios que deberían estimarse mejor pero que por sí solos podrían mostrar su relevancia para algunas regiones.

No hay un análisis económico propiamente realizado en México para *Moringa oleifera*.

2.3.2 Manejo y condiciones de cultivo

M. oleifera se cultiva en particular en regiones áridas y semiáridas, en donde la precipitación puede ser de 300 mm, aunque son sitios generalmente irrigados y que poseen un nivel alto de agua subterránea (Parrota, 2000). El cultivo es principalmente por semilla, aunque se usan también los esquejes, siendo más efectivo en la temporada de lluvias. Es difícil propagarlo por acodos aéreos (Parrota, 2000). Los frutos de plantas a partir de semillas son de menor calidad. Las semillas tienen una viabilidad de algunos meses, generalmente de 2 meses, aunque se sabe que pueden soportar hasta 12 meses almacenadas y las ramas

pueden permanecer viables por largos periodos. El árbol sobrevive a las heladas ligeras y tiene una alta tolerancia a la sequía (ver Ecología).

Se han sugerido prácticas de cultivo de *Moringa* spp., pero enfocadas principalmente a *M. oleifera*, prácticas que se desarrollaron en las tierras bajas de Taiwán. Es posible que las prácticas deban modificarse de acuerdo a las condiciones locales de suelo, clima, plagas y enfermedades (Palada y Chang, 2003). En cuanto al clima, se deben cultivar entre 25 y 35°C, con tolerancia de hasta 48°C en sombra. No sobrevivirá bajo inundaciones prolongadas y drenaje deficiente; tolera un pH del suelo entre 5.0-9.0 (ver Ecología).

Requiere una preparación minuciosa de la tierra y un semillero bien preparado. En AVRDC, la moringa se planta en lechos elevados de 30 cm de altura para facilitar el drenaje. Los anchos de cama que se han probando en el centro varían de 0.6 a 2.0 m (Palada y Chang, 2003). Se hace siembra directa, sembrando 2-3 semillas por montículo de tierra a 2 cm de profundidad (Parrota, 2000). Al producirse las plántulas, se seleccionan las más fuertes y se trasplantan al mes de la siembra.

Se puede sembrar también por esquejes del tallo, los cuales si fueron plantados en un vivero estarán listos para la siembra en el campo después de 2 a 3 meses (Palada y Chang, 2003).

En un estudio realizado en el norte de Sudán donde se examinaron diferentes métodos de cultivo para especies del género *Moringa* se encontró que al igual que con la germinación, el crecimiento de las plántulas se ve muy afectado por las condiciones de luz, especialmente durante los períodos de calor del año. La remoción temprana de plántulas tiernas a plena luz, combinada con un riego irregular, puede tener consecuencias fuertes en la mortalidad de las plántulas (Jahn *et al.*, 1986). El crecimiento de las plántulas de *Moringa* a media sombra se produce más lentamente en la estación seca y cálida que en la estación seca y fría. Para obtener plántulas sanas, las semillas deben sembrarse durante la temporada de lluvias o durante la estación seca (Jahn *et al.*, 1986).

Se indica que las plántulas no deben ser trasplantadas demasiado pronto (menos de 2 meses), sino más bien cuando alcancen un tamaño adecuado para el trasplante (entre 30 y 50 cm) lo que ocurre entre 2 a 3 meses después de sembradas (Jahn *et al.*, 1986; Francis y

Lowe, 2000). El crecimiento satisfactorio de las plántulas trasplantadas depende principalmente de la separación adecuada entre ellas y del riego adecuado. El desagüe excesivo es tan dañino como dejar las plantas jóvenes durante días en charcos de agua estancada (Jahn *et al.*, 1986).

Una variedad de moringa llamada Jaffna, que se cultiva en partes del sur de la India, produce frutos de 60-90 cm de longitud y una pulpa suave de buen gusto. *Chavakacheri murunga*, variedad tipo Jaffna, produce frutos de hasta 90-120 cm; Chemmurunga, otra variedad con frutos de punta roja, que florece durante todo el año y que produce cultivos pesados. Los árboles que crecen en forma silvestre (Kadumurunga) suelen dar frutos pequeños. En el distrito Tirunelveli de Tamil Nadu (India), se cultiva una variedad conocida como Palmurungai, con pulpa espesa, sabor amargo y otra llamada Punamurungai. En el distrito de Trichy, en Tamil Nadu, existe una variedad conocida como Kodikalmurungai, que produce frutos muy cortos (15-23 cm). En las Indias Occidentales hay formas que raramente florecen y se cultivan principalmente por su follaje, y otras que fructifican en abundancia y se cultivan para obtener fruto (Ramachandran *et al.*, 1980). Todas las anteriores son variedades, ecotipos, cultivados en varias partes de la India, a excepción de Kadumurunga, la cual es la forma silvestre de *M. oleifera*.

En cuanto a los esquejes, durante la temporada de lluvias se plantan *in situ* esquejes de extremidades de 1-1.35 m de longitud y 14-16 cm de circunferencia. También, en el distrito de Salem (Tamil Nadu, India), se talan árboles que no eran rentables económicamente, dejando un tocón, desde el cual permiten que crezcan 1-2 brotes de los que se seleccionan los de 2 m de longitud y 4-5 cm de diámetro como material de siembra. En el distrito de Kanyakumari (Tamil Nadu, India), se descubrió que el brote del escudo tuvo éxito, los árboles brotados comienzan a crecer en 6 meses y continúan dando buena cosecha durante aproximadamente 13 años. La temporada entre septiembre y diciembre es la mejor para la brotación. El palillo se planta a una distancia de 3 a 5 m (Ramachandran *et al.*, 1980).

En Soba (Sudán) se realizó la plantación de 5 especies del género *Moringa*, mismas que fueron sometidas a condiciones controladas, y se encontró que la condición de luz óptima para la germinación fue ponerlas a media sombra. La exposición a plena luz afectó la

germinación de la semilla plantada, siendo de 94.9% durante la estación seca y fría, mientras que para las sembradas en la época calurosa a mediados de abril, los porcentajes descendieron entre 40 y 52% (Jahn *et al.*, 1986).

La moringa requiere temperaturas altas, pero el verdadero factor que limita su crecimiento es la temperatura mínima absoluta. En sitios donde el cultivo se desarrolla con resultados muy eficientes la temperatura mínima absoluta es de 15-17°C, tales como en la zona del Infiernillo, Michoacán y el sur del Istmo de Tehuantepec (Olson y Alvarado-Cárdenas, 2016).

El riego se realiza solo en las etapas iniciales, hasta que las plantas se encuentran bien establecidas. Rara vez se practica el riego regular y el abono (Ramachandran *et al.*, 1980). Las plantas a partir de esquejes llevan 6-8 meses de plantación previamente. El rendimiento es bajo en los primeros 2 años, pero a partir del tercer año, un solo árbol produce 600 o más frutas por año (Ramachandran *et al.*, 1980).

En el sur del departamento de Suchitepéquez de Guatemala, los árboles de moringa se utilizan comúnmente para cercas y se propagan a partir de semillas y esquejes (Jahn *et al.*, 1986). En el estado de Oaxaca, México, se lleva a cabo el cultivo tradicional en sitios hasta con altitudes de 800-1,200 m, protegidos por montañas. El sitio más alto con árboles de moringa con floración abundante y fructífera ocurre en San Juan Gegoyache, en el valle del río Totolepan. En Oaxaca, esta planta fue transferida desde las tierras bajas de la costa del Pacífico hacia esta región por cuestiones ornamentales, ya que el árbol proporciona flores blancas para fiestas religiosas en iglesias y casas. Esta migración exitosa también proporciona un buen indicio de que los árboles de moringa se pueden cultivar en otros microclimas a altitudes similares, inclusive en tierras bajas de menos de 600 msnm (Jahn *et al.*, 1986). Otros sitios ideales para el cultivo de *M. oleifera* en México son las zonas tropicales secas en Tierra caliente; ejemplos son la costa tropical del Pacífico, la Depresión del río Balsas y el noroeste de la Península de Yucatán. Las regiones costeras de Jalisco y Colima presentan clima óptimo, así como la zona del Infiernillo en Michoacán, las costas de Oaxaca y Chiapas, destacando la vertiente del Pacífico del istmo de Tehuantepec en Oaxaca (Olson y Alvarado-Cárdenas, 2016) (ver Figura 29).



a) *M. oleifera* usado como sombra por albatros de Laysan en jardín, en Islas Midway, Hawaii, EUA
Autor: Forest & Kim Starr^{CC}.



b) *M. oleifera* en huerta familiar en Villa Morelos, Comondú, BCS. Autor: Ricardo Rodríguez-Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}



c) Árbol de *M. oleifera* como ornamental. Autor: Peter Kirkland – www.plantfile.com^{PA}.



d) *M. oleifera* como ornamental en La Paz, BCS. Autor: Ricardo Rodríguez-Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.



e) Cerco vivo de *Moringa oleifera*. Autor: Judgefloro^{CC}.



f) Polvo de *Moringa oleifera*. Autor: Anónimo^{DP}.



g) Gachas mezcladas con polvo de hoja de *M. oleifera*. Autor: Lauren Seibert^{CC}.



h) Thai sour curry es una sopa de pescado con vainas de *M. oleifera*, comida tradicional de Tailandia. Autor: Xufanc^{CC}.



i) Vainas verdes que se venden en mercados de India. Autor: Sapna Vibhandik^{DP}.

Figura 28. Diferentes usos de partes de la planta de *Moringa oleifera*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

3. Potencial de establecimiento y colonización

3.1 Potencial de colonización

Uno de los factores que incrementan el potencial de colonización de *Moringa oleifera*, es que la especie se puede reproducir tanto sexualmente como de forma vegetativa (Benthall, 1946). Las flores y frutos aparecen por primera vez a una edad temprana, puede ser a los primeros seis meses después de haber sido plantados, y en general durante el primer año (Troup, 1921; Parrota, 2000). Se pueden reproducir gran parte del año.

Dos meses después ya puede haber semillas maduras y secas (Jahn *et al.*, 1986). Cada árbol puede producir entre 15,000-25,000 semillas anualmente (Ramachandran *et al.*, 1980; Sáenz-Ríos, 2016). La tasa promedio de germinación de *M. oleifera* es de 60 a 90% (Morton 1991). Esto les confiere más probabilidades de que las plántulas se desarrollen y colonicen.

Su banco de semillas puede tener una duración de más de 12 meses, pero menos de 24 meses (Morton, 1991).

En el caso de la reproducción vegetativa, las ramas pueden permanecer viables por largos periodos (Csurhes y Navie, 2016). Otra ventaja en la colonización es que los esquejes de tamaño grande, plantados en suelo húmedo, se arraigan fácilmente y se convierten en árboles de tamaño considerable en unos pocos meses (Ramachandran *et al.*, 1980).

La colonización natural de *M. oleifera* es adecuada en sitios perturbados, en zonas antropogénicamente perturbadas, como son la orilla de caminos y los bordes de siembras donde la competencia por la luz y por la humedad del suelo no es severa (Parrota, 2000). Se han observado árboles de moringa a lo largo de una carretera de Tepalcatepec, Michoacán, en una gasolinera en Tehuantepec, Oaxaca y en un terreno baldío de Jalisco. En estos sitios pueden establecerse plántulas debajo de la planta madre (Olson y Alvarado-Cárdenas, 2016).

3.2 Potencial de dispersión

M. oleifera produce semillas aladas que pueden ser dispersadas por el viento, también por el agua (en ríos y arroyos) y por animales (Jyothi *et al.*, 1990). Son sobre todo el viento y el agua los principales medios para dispersión de la moringa. Las semillas y vainas flotan en el agua ayudando a la dispersión de la especie. 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. Parece ser que los humanos son el principal vector para la introducción y dispersión de *Moringa*, a través del comercio directo. También pueden llevarse las semillas en el suelo (CABI, 2018c).

3.3 Factores que favorecen su establecimiento y dispersión

Los factores que favorecen el establecimiento de *Moringa oleifera* son varios, pero es importante su alta germinación y un tiempo largo en que las semillas son viables, de tal forma que el banco de semillas puede permanecer por más de 1 año (ver Biología y Ecología). Otro de los puntos es la resistencia de las plántulas a la sequía severa (Parrota, 2000). También el que sea resistente a la mayoría de las plagas y enfermedades (Ramachandran *et al.*, 1980). Tiene una elevada versatilidad ambiental, adaptándose fácilmente a regiones degradadas de los trópicos y subtrópicos. Crece bajo una variedad de climas, desde los bosques lluviosos tropicales a un clima árido de desierto. Crece bien en casi todos los tipos de suelos y en altitudes de 0 a 1,200 msnm. Tolerancia pH del suelo de 5.0-9.0. Puede llegar a colonizar sitios con precipitaciones entre 760 a 2,160 mm, con temperaturas que llegan a los 48°C. El árbol sobrevive a las heladas ligeras (ver Ecología).

Entre los factores que favorecen su dispersión, el humano es el principal en zonas donde se ha introducido puesto que se comercia con fines de ornato, y medicinales y alimenticios, principalmente. Asimismo, el tipo de semillas y la reproducción por esquejes favorecen la dispersión; el establecerse cerca de sitios donde corra el agua para el transporte de los propágulos es también muy importante (ver Ecología).

4. Evidencias de impactos

4.1 Impactos a la salud

Con relación a la salud, hay impactos benéficos y negativos. Entre los benéficos, por los usos medicinales, los impactos a la salud humana por *Moringa oleifera* son en su mayoría positivos. La moringa cura o tiene impactos en el tratamiento de reumatismo, mordeduras de serpientes, perros, monos y otros animales. La raíz se ha usado para curar el dolor de garganta, y las flores parecen ser útiles para los catarrros. Los pocos estudios realizados, sugieren que puede regular los niveles de glucosa en sangre y disminuir el colesterol (Benthall, 1946; Sáenz-Ríos, 2016). Esta planta expone los efectos hipolipemiantes, antiinflamatorios, antioxidantes, antimicrobianos, antifúngicos, anti-tuberculosis y analgésicos, por lo que puede tratar enfermedades graves (Hussain *et al.*, 2014).

Tiene un alto contenido de proteínas, vitaminas A, B y C y calcio en hojas y semillas (Sáenz-Ríos, 2016). Se comprobó que el aceite de moringa tiene niveles elevados de ácido oleico (hasta de 78.6%), y de ácido palmítico, esteárico, behénico y araquídico (7.0%, 7.5%, 5.9% y 4.2%, respectivamente, por lo que proponen puede ser una alternativa para combatir la desnutrición (Hussain *et al.*, 2014).

Tiene efectos anti-oxidantes y funciona como conservador natural (Anwar y Rashid, 2007). El antioxidante de las hojas es mayor que el de los frutos verdes y las semillas (Sáenz-Ríos, 2016). Los concentrados de hojas, frutas y semillas revelaron la presencia de ácido gálico, ácido clorogénico, ácido elágico, ácido ferúlico, kaempferol, quercetina y vainillina. Los compuestos fenólicos y flavonoides tienen una contribución directa a la prospectiva de antioxidantes, los cuales reducen radicales libres y reducen el estrés oxidativo del organismo (Hussain *et al.*, 2014). El *Spirochin* se puede utilizar como un eficaz profiláctico y antiséptico contra infecciones en heridas por bacterias gram-positivas, especialmente para *Staphylococcus* y *Streptococcus* (Canett-Romero *et al.*, 2014).

Por otro lado, independientemente del uso que le da la gente a *M. oleifera*, no existen estudios formales sobre las interacciones, no se le ha incorporado a programas de farmacovigilancia y hay escasos estudios sobre su toxicidad que compromete tanto la salud del consumidor, como que pueden llegar a interferir con la atención médica formal.

En cuanto a los impactos negativos, el uso indiscriminado de este suplemento como un principio homeopático en dosis determinadas por automedicación puede llegar a ser nocivo, sobre todo cuando se trata de un consumo prolongado, puesto que contiene sustancias peligrosas para el consumo humano, como fitoquímicos derivados del ácido gálico y del catecol, esteroides, antraquinonas, azúcares reducidos, sitosterol, alcaloides como la moringina y moringinina, y antibióticos como el *pterygosperma*, *athomine* y *spirochin*, encontradas, principalmente, en la raíz y corteza del árbol (Canett-Romero *et al.*, 2014). Los estudios serios sobre la toxicidad de las diversas partes anatómicas de la moringa son escasos, por lo que se desconocen los efectos potencialmente tóxicos y adversos que pudiera causar su consumo dentro de la dieta.

La corteza es utilizada con diversos fines terapéuticos y paliativos, pero se ha probado que produce úlceras y pápulas peligrosas en zonas delicadas, como los ojos, la piel del rostro y la tráquea por su acción rubefaciente y vesicante (Canett-Romero *et al.*, 2014). El triturado de la corteza del árbol de *M. oleifera* contiene una sustancia abortiva que causa violentas contracciones uterinas capaces de inducir la muerte del feto. Un estudio de fertilidad realizado en la Universidad de Jiwaji de la India en 1988, utilizando ratas, mostró que las raíces y la corteza prevenían la implantación del cigoto cuando se administraba oralmente por un tubo intragástrico después de 7 días de embarazo (Morton, 1991). La moringina y moringinina, se encuentran en la corteza de la raíz. Estos son alcaloides que estimulan el corazón, relajan los bronquiolos y el músculo liso, aumentan la presión arterial por vasoconstricción y estimulan el sistema nervioso central. A ciertas dosis, éstos pueden ocasionar esteatosis hepatocelular y daño tubular moderado acompañado por inflamación intersticial en riñones. Al incrementar las dosis se provocan daños severos como esteatosis hepatocelular y esteatosis microvesicular; en riñones se hallan células inflamatorias infiltradas en el intersticio así como la presencia de material eosinofílico en el lumen tubular

(Paul y Didia, 2012). El interior de la raíz puede tener un potencial tóxico si se consume en grandes cantidades. Esto se debe a la presencia de *spirochin*, un alcaloide que provoca taquicardia y que puede causar un paro cardiorespiratorio, además de causar daños en la función renal (Asare *et al.*, 2011).

Las semillas tostadas de *M. oleifera* contienen mutágenos potenciales como 4-(α -lramnopiranosiloxi)-bencilglucosinolato (Canett-Romero *et al.*, 2014).

La semilla y sus extractos pueden inducir la hemaglutinación, disminuyen el apetito, alteran los patrones de crecimiento, provocan distensión abdominal, atrofia de hígado, páncreas y riñones (similar a la causada por altas dosis del extracto acuoso de las raíces), además de hipertrofia de bazo y timo (Canett-Romero *et al.*, 2014).

Las hojas de *M. oleifera* son la parte de la planta cuyo consumo representa menor riesgo para la salud (Adedapo *et al.*, 2009). No obstante, se indica que al largo plazo se presenta una ligera hipertrofia de bazo y timo (Canett-Romero *et al.*, 2014). También hay efectos tóxicos (Adedapo *et al.*, 2009).

En las regiones subtropicales el consumo prolongado de un triturado de la hoja para paliar el hambre, como único componente de la dieta, puede resultar en un daño mayor al causado por la desnutrición (Ambi *et al.*, 2011).

4.2 Impactos ambientales y a la biodiversidad

A pesar de estar catalogado como maleza en muchos países, no se tienen evidencias frecuentes de que invada hábitats naturales no perturbados ni desplazar a la flora nativa directamente. Se ha recomendado por ello se le considere como una especie ampliamente cultivada con bajo potencial invasivo (CABI, 2018c) o moderadamente invasiva (Csurhes y Navie, 2016).

En un estudio que se realizó poniendo un extracto acuoso de semillas de *M. oleifera* en estanques con crías y adultos de la tilapia africana *Oreochromis niloticus*, se encontraron concentraciones tóxicas para estos peces que les produjeron daños (Ayotunde *et al.*, 2011).

Por ello, se considera que puede llegar a ser tóxico para los peces en zonas naturales (Heuzé *et al.*, 2017).

Asimismo, al ser hospedero potencial de insectos (Martínez y Ramírez, 2014) y ser atacado por hongos micorrízicos arbusculares (HMA), podría volverse hospedero de insectos y hongos que terminen afectando a otras especies de plantas nativas en el lugar en que se desarrollen (Cosme *et al.*, 2014).

Se ha considerado a *M. oleifera* como una especie que tiene efectos alelopáticos sobre otras especies. Se ha probado experimentalmente que *M. oleifera* tiene efectos alelopáticos sobre la germinación y crecimiento de plántulas de otras especies de plantas como *Vigna radiate* (Hossain *et al.*, 2012), *Triticum aestivum* (Sarmin, 2014) y *Vicia feba* (Soliman *et al.*, 2017). Asimismo, puede controlar los ataques de hongos (Diehl, 2014).

Finalmente, el desmonte de los sitios para implementar los cultivos de moringa en un área, es uno de los efectos negativos indirectos del cultivo de esta especie. De esta manera, aunque *M. oleifera* no es la responsable de la pérdida de diversidad biológica, de manera indirecta esta acción implicará la pérdida de diversidad de plantas y otras especies en la zona.

Por otro lado, en cuanto a efectos benéficos, las flores de *M. oleifera* son de alto valor para las abejas en los sitios, no solo la abeja *Apis mellifera*, sino de la diversidad de abejas de un sitio (CABI, 2018c). Asimismo, la moringa tiene una alta tasa de absorción de dióxido de carbono por lo que supondría que tiene un alto valor para la mitigación del cambio climático (Amaglo *et al.*, 2017). Se ha sugerido que *M. oleifera* podría ser usada en programas de reforestación (Cáceres *et al.*, 1991), lo cual aunque aparentemente sería benéfico en las regiones para plantas y animales. Sin embargo, estos programas no deben hacerse en zonas fuera de su distribución nativa.

4.3 Impactos a actividades productivas

En India el árbol de *Moringa oleifera* hospeda de manera colateral a *Leveillula taurica*, un añublo que causa daño serio en viveros de papaya (*Carica papaya*), y que potencialmente podría llevar a tener pérdidas económicas importantes en los cultivos de papaya de transmitirse al añublo.

4.4 Impactos económicos

No existe información de valoraciones de los impactos en costos para remediación, control y erradicación de *M. oleifera*. No se han hecho valoraciones por pérdidas debidas a la invasión de *M. oleifera*. Las pérdidas por el costo ambiental tampoco se han estimado. Es importante considerar las pérdidas económicas debidas a la invasión de zonas que pueden disminuir su productividad por desplazamiento de otras especies vegetales

5. Control y mitigación

No existen métodos de control y mitigación específicos para la especie *Moringa oleifera*. Solo se ha puesto de manera general para especies del tipo de la moringa que se siga el protocolo establecido para el manejo de especies invasoras exóticas en cualquier país, que consiste en: 1. Prevención, 2. Detección temprana y respuesta rápida, 3. Control y manejo, 4. Rehabilitación y restauración.

Se sugiere también seguir protocolos para el control de especies invasoras, consideradas malezas, tales como los planteados por (Gouldthorpe, 2008), y que se presentan en la introducción general de este documento.



a) Plántulas de *Moringa oleifera* en bolsas de polietileno. Autor: Lauren Seibert^{CC}.



b) Preparando plántulas para distribuir las en Kolda, Senegal. Autor: Lauren Seibert^{CC}.



c) Plantación de *M. oleifera* en Maharashtra, India. Autor: Crops for the Future^{CC}.

Figura 29. Cultivo comercial de *Moringa oleifera*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

6. Normatividad

A continuación, se resumen las leyes, normas y regulaciones emitidas en los diferentes países con respecto a la exclusión, prohibición, restricción o autorizaciones para la introducción, de *Moringa oleifera*. Parte de las localidades para hacer la búsqueda se obtuvieron de CABI y GRIIS, así como de lo que se indica en el rango de invasión para la especie en este reporte.

CABI. 2018. *Moringa oleifera* [original text by Jeanine Vélez-Gavilán, University of Puerto Rico - Recinto Universitario de Mayagüez, Puerto Rico]. In: Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. <https://www.cabi.org/ISC/datasheet/34868>

GRIIS: Global register of introduced and invasive species.

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

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

6.1 Legislación Mexicana

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

6.2 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 Donde es Considerada introducida, exótica o invasora

Anguila

Considerada como especie invasora en el Anguilla Invasive Species strategy (2008) draft, Department of Environment Anguilla.

La gestión, control y erradicación de las especies invasoras exóticas es extremadamente crítica, y durante décadas han planteado grandes desafíos para los gestores ambientales. Sin embargo, en un esfuerzo por gestionar y controlar eficazmente la introducción y posterior propagación de especies invasoras en Anguila, se deben implementar varias medidas de mitigación y distintas técnicas de manejo. El protocolo establecido para el manejo de especies invasoras exóticas se describe a continuación: 1. Prevención, 2. Detección temprana y respuesta rápida, 3. Control y manejo, 4. Rehabilitación y restauración.

Para detalles ir al siguiente link:

<https://www.cabi.org/Uploads/isc/caribbean-legislation/anguilla-invasive-species-strategy-2008.pdf>

Australia

Considerada como hierba invasora porque hay una referencia publicada a esta planta como hierba en algún lugar del mundo. Categoría 1A, 2A. No tiene implicaciones legales en Australia, solo es precautorio.

1: Esta planta ha sido registrada como maleza del entorno natural.

2: Esta planta ha sido registrada probable de escapar del cultivo.

CRC for Australian Weed Management • The introduced flora of Australia and its weed status.

https://nt.gov.au/_data/assets/pdf_file/0016/252133/declared-weeds-in-the-nt.pdf

Cuba

Considerada como potencialmente invasora en el documento: Lista Nacional de Plantas Invasoras de Cuba-215, Programa Diversidad Biológica - CITMA/AMA

No se encontró legislación gubernamental.

<http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/520/3/Lista%20nacional%20de%20especies%20de%20plantas%20invasoras%20y%20potencialmente%20invasoras%20en%20la%20Rep%C3%ABblica%20de%20Cuba%20-%202011.pdf>

Considerada como especie transformadora invasora en: Oviedo Prieto, R., & González-Oliva, L. (2015). Lista nacional de plantas invasoras y potencialmente invasoras en la República de Cuba—2015. Bissea, 9, 1-88.

<http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/1476/4/Lista%20nacional%20de%20plantas%20invasoras%20de%20Cuba-2015.pdf>

Filipinas

Considerada como exótica introducida.

Baguinon, N. T., Quimado, M. O., & Francisco, G. J. (2005). Country report on forest invasive species in the Philippines. The unwelcome guests. Forest Management Bureau, Department of Environment and Natural Resources (DENR).

<http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/008/ae944e/ae944e02.pdf>

Guatemala

Considerada como especie exótica en la lista gris de especies exóticas de Guatemala.

El criterio de inclusión para especies en esta categoría es el siguiente:

Especies exóticas cuyo carácter invasor es conocido y el riesgo se puede asumir y manejar.
Especies cuyo carácter invasor no se conoce pero que representan una probabilidad u oportunidad razonable de entrada al país por la posibilidad de usos y fines derivados de la especie.

Especies cuyo potencial y riesgo de invasión aún no se conoce y de las cuales es necesario investigar y generar mayor información.

El espíritu de la normativa para esta categoría es: No deben existir mayores regulaciones. Se debe fomentar la investigación con estas especies orientada a la determinación de impactos de introducción y medidas de mitigación de los impactos.

Reglamento de Especies Exóticas e Invasoras de Guatemala Documento Técnico (79-2010).

CONAP (2011). Fortalecimiento de las Capacidades Institucionales para Abordar las Amenazas Provocadas por la Introducción de Especies Exóticas en Guatemala. Guatemala. Documento técnico No. (79-2010).

<https://www.cbd.int/invasive/doc/meetings/isaem-2015-01/DECISION%20SUPPORT%20TOOLS/iasem-guatemala-dst-04-esp.pdf>

Islas Marshall

Considerada como especie invasora. Invasive Alien Species in the Austral-Pacific Region. Prevention and Management of Invasive Alien Species: Forging Cooperation throughout the Austral Pacific.

<http://www.issg.org/pdf/publications/GISP/Resources/AP-1.pdf>

República de Sierra Leona

Considerada como especie exótica en el documento Fifth National Report to the Convention Biological Diversity. Environment Protection Agency Sierra Leone.

<https://www.cbd.int/doc/world/sl/sl-nr-05-en.pdf>

Singapur

Considerada como exótica. National Parks Board, Singapore. Singapore Government.

<https://florafaunaweb.nparks.gov.sg/Special-Pages/plant-detail.aspx?id=3034>

7. Resultados del análisis de riesgo de *Moringa oleifera*

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) con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.*, (2010) para *Moringa oleifera* (ver Apéndice 1):

Historia/Biogeografía

1. Domesticación/Cultivo

1.01. ¿Es una especie domesticada?

R= No (0). Aunque *M. oleifera* ha sido ampliamente transportada para fines alimenticios, medicinales, productos forestales, fertilizantes, cercas vivas, como madera para combustible y para fines ornamentales (ver Rutas de Introducción, Comercialización) (Randall, 2012), no es una especie domesticada.

2. Clima y Distribución

2.01. Especie adecuada a climas en México

R= Sí (2). Alta, de acuerdo a los registros, aunque pocos, hay una variedad de climas donde *M. oleifera* crece actualmente en México. De acuerdo a la modelación y al análisis de similitud climática realizados se puede ver una relativa alta adecuación a los climas en gran parte de México (Anexo 2, cuadros 1, 2). En México, de acuerdo con los registros en la base de datos del proyecto, se presenta en climas del tipo árido cálido, semiárido cálido, semiárido frío, tropical seco o de sabana con invierno seco, templado con invierno seco, tropical monzónico, Ecuatorial o tropical húmedo. De acuerdo a las modelación que realizamos, el riesgo de invasión por similitud climática es alto en la mayor parte del Pacífico desde Sonora hasta Chiapas, en el Golfo de México y toda la península de Yucatán (Fig. 30). *M. oleifera* ocurre en sitios con una variedad de climas, bosque lluvioso tropical, de savana

tropical, con verano seco, clima templado caliente, aunque puede tolerar un clima árido de desierto (CABI, 2018c).

2.02. Calidad de la similitud climática

R= Sí (2). Alta. Basado en un número adecuado de registros de distribución nativa e introducida de *M. oleifera*, la especie presenta una alta coincidencia con el clima similar de México (ver modelos de similitud climática, Fig. 3 dentro de Apéndice 2). Según un estudio, las zonas mejores para el desarrollo de *M. oleifera* son los trópicos secos en la costa tropical del Pacífico, la Depresión del río Balsas y el noroeste de la Península de Yucatán (Olson y Alvarado-Cárdenas, 2016).

2.03. Especie adaptable a un rango ambiental muy amplio

R= Sí (1). *M. oleifera* tiene tolerancias climáticas amplias, ya que puede crecer en diversas condiciones climáticas y de altitud, de zonas tropicales a zonas áridas y semiáridas. En su distribución nativa, puede desarrollarse a temperatura máxima a la sombra de 43 a 47°C, con un mínimo absoluto -1.1 a 2.8 °C, y con una precipitación normal de 760 a 2,160 mm (ver Ecología). Puede crecer a lo largo de los ríos más grandes dentro de su área de distribución natural, en tierras aluviales cerca de los lechos arenosos o de piedras de ríos y arroyos, en suelos con buen drenaje y poca materia orgánica. El árbol es tolerante a la sequía y crece bien en áreas que reciben cantidades anuales de lluvia desde 250 a 1,500 mm (Jahn *et al.*, 1986). Las altitudes para su cultivo son mejores por debajo de 600 m (Palada y Chang, 2003), pero hay cultivos que prosperan bien por arriba de 1,000 msnm (Jahn *et al.*, 1986). Es cultivada en casi todos los trópicos (Morton, 1991).

Se indicó que en México *M. oleifera* crece en climas diversos (ver 2.01). Además, analizando los registros que se obtuvieron 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 *M. oleifera* se le encuentra en climas del tipo tropical seco o de sabana con invierno seco, subtropical con invierno seco, mediterráneo con verano cálido, tropical seco o de sabana con verano seco, tropical monzónico, semiárido cálido. De acuerdo a los registros del área invadida, se denotan climas más diversos, que van del tipo subtropical sin

estación seca con verano cálido, tropical monzónico, semiárido frío, árido cálido, semiárido cálido, tropical seco o de sabana con invierno seco, ecuatorial o tropical húmedo, subtropical con invierno seco (Tabla 1 dentro del Apéndice 2). Es decir, la especie tiene un alto grado de versatilidad ambiental.

2.04. Nativo o naturalizada en hábitats con periodos extensivos de sequía

R= Sí (1). *M. oleifera* puede tolerar un clima árido de desierto (CABI, 2018c) y tiene una alta tolerancia a la sequía, soportando hasta seis meses de sequía (Parrota, 2000; Palada y Chang, 2003). En México, de acuerdo a los registros de la base de datos, se encuentra en sitios con sequías prolongadas, como en Baja California Sur, Campeche, Michoacán y Oaxaca, entre otros (de acuerdo a datos del SMN; Apéndice 3).

2.05. Hay evidencia de introducciones repetidas fuera de su rango de distribución natural?

R= Sí. *M. oleifera* fue cultivada en la India y distribuida a otras áreas tropicales de Asia y Oceanía desde hace más de 120 años (CABI, 2018c). Los británicos introdujeron este árbol de la India hacia África como una planta ornamental y posteriormente fue introducido por una persona a Jamaica en 1784 (Morton, 1991; CABI, 2018c). El árbol fue introducido a México en el año de 1894 para la producción de cultivos y horticultura (CABI, 2018c). Llegó otra vez a México en forma de semillas desde India y África, generalmente para su cultivo en campos especializados con la finalidad de cosechar hojas (Olson y Fahey, 2011). En EUA se introdujeron semillas de Cuba en 1915 y de Nicaragua en 1923. Las semillas de Egipto fueron recibidas por el Departamento de Agricultura de EUA en 1916. Esta planta fue también introducida al norte de Sudán como árbol ornamental (Berger *et al.*, 1984). Los principales puntos de origen de los propágulos llevados a Nigeria provienen de Filipinas, Togo, EUA, República de Níger, República de Benin y el norte de Nigeria (ver Origen de los individuos comercializados).

3. Maleza en cualquier sitio

3.01. Naturalizado fuera de su rango nativo de distribución

R= Sí (2). En un gran número de países donde se ha introducido *M. oleifera* se ha vuelto una especie naturalizada. Es considerada como una maleza, naturalizada, invasora (Randall,

2012; NRCS USDA, 2019). Se considera naturalizada en Zimbabwe, Madagascar, Sudáfrica, Burkina Faso, Camerún, Sierra Leona, Sudán, República Democrática del Congo, Togo, Uganda, Senegal (Popoola y Obembe, 2013), India (en varias partes fuera de su distribución de origen), Pakistán, Afganistán, Bangladesh, Sri Lanka, sudeste de Asia, Asia occidental, Península Arábiga, EUA (sur de la Florida), Perú, Paraguay, Brasil (Francis y Lowe, 2000), Haití, Puerto Rico, Islas Virginia, Barbados, Trinidad y Tobago, Panamá, El Salvador, Antillas Neerlandesas Honduras, Costa Rica, Belice y Venezuela (Morton, 1991); también México (Francis y Lowe, 2000) (ver Normatividad y Estatus y base de datos del proyecto).

3.02. Maleza de jardines o de espacios de uso público urbano

R= Sí (2). Aunque las evidencias son pocas, se han observado árboles de *M. oleifera* creciendo a lo largo de una carretera de Tepalcatepec, Michoacán, así como en una gasolinera en Tehuantepec, Oaxaca, y en un terreno baldío en el estado de Jalisco, estableciéndose plántulas debajo de la planta madre. Esta reproducción es únicamente en zonas antropogénicamente perturbadas (Olson y Alvarado-Cárdenas, 2016). Es considerada como invasora dentro del Jardín Botánico Orquideario Soroa en Cuba (Santa Cruz-Cabrera *et al.*, 2016).

3.03. Maleza agrícola, hortícola o forestal

R= No (0). No hay evidencia. Aunque *M. oleifera* se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva e invasora presente en 22 estados (NRCS USDA, 2018c: <https://plants.sc.egov.usda.gov/core/profile?symbol=PATO2>) y se considera un árbol invasor (Richardson, 2011), que escapa de cultivos, no se considera una maleza agrícola, hortícola o forestal.

3.04. Maleza ambiental (campo)

R= Sí (4). Se le considera una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos (Randall, 2012; NRCS USDA, 2018c).

3.05. Relación filogenética cercana con especies de malezas

R= No (0). No se han encontrado reportes.

Biología/Ecología

4. Rasgos indeseables

4.01. Produce espinas, o estructuras ganchudas

R= No (0). No presentan estas estructuras (ver apartado de Descripción de la especie).

4.02. Alelopática

R= Sí (1). Se ha probado experimentalmente que *M. oleifera* tiene efectos alelopáticos sobre la germinación y crecimiento de plántulas de otras especies de plantas como *Vigna radiate* (Hossain *et al.*, 2012), *Triticum aestivum* (Sarmin, 2014) y *Vicia feba* (Soliman *et al.*, 2017). También se encontró que puede controlar los ataques de hongos (Diehl, 2014).

4.03. Parásita

R= No (0). No existen evidencias de que *M. oleifera* sea parásita. Es una planta de crecimiento arbóreo (ver apartado de Descripción de la especie).

4.04. No adecuado para animales de pastoreo

R= No (-1). *M. oleifera* es utilizada como alternativas para forrajeo en camellos (Benthall, 1946) y para varios animales en general (Popoola y Obembe, 2013).

4.05. Tóxica a animales

R= No (0). *M. oleifera* ha sido comercializada como forraje para animales (Popoola y Obembe, 2013), por lo que no se considera tóxica. Asimismo, se le ha propuesto como un cultivo promisorio para la producción animal y avícola, dado su alto contenido de proteínas, carotenos, minerales y vitaminas, así como fitoquímicos, e inclusive se considera que mejora la digestibilidad de las fibras y alimentos (Abd El-Hack *et al.*, 2018).

4.06. Hospedero de plagas o patógenos reconocidos

R= Sí (1). Se ha reportado a *M. oleifera* como hospedero de *Stigmene acraea* y *Glyphodes sybillalis* en Cuba, dos insectos cuyas larvas se reconocen como desfoliadoras y pueden llegar a esqueletizar el follaje (Martínez y Ramírez, 2014). Hospeda a *Leveillula taurica*, que causa daño serio en viveros de papaya (*Carica papaya*). Es hospedero de una mosca de la fruta, *Gitonia* sp., reportándose el daño por primera vez a moringa en Coimbatore y Paramakudi Tamil Nadu, India (ver Ecología).

4.07. Causa alergias o es tóxico para los humanos

R= Sí (1). Se sabe que la moringa ha sido comercializada como alimento (para el humano), como forraje, y como medicina natural, coagulantes naturales, e inclusive el extracto puede ser usado como biopesticida sin generarle alergias ni síntomas de intoxicación (Fahey, 2005; Anwar *et al.*, 2007; Pandey *et al.*, 2012; Abd El-Hack *et al.*, 2018). Sin embargo, algunas partes de la moringa contienen toxinas que pueden limitar su utilidad para el consumo humano. Por ejemplo, la corteza del árbol y de la raíz contienen alcaloides, taninos, saponinas e inhibidores que son tóxicos; puede ocasionar efectos de hipotensión así como en composición de parámetros bioquímicos, hematológicos en el suero de ratas; también puede causar parálisis de nervios y afectar el hígado y riñón. Se sugiere que no se consuma en exceso (Abd El-Hack *et al.*, 2018).

4.08. Crea un riesgo de incendio en sistemas naturales

R= No (0). No hay reportes.

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

R= Sí (1). Tanto la germinación como el desarrollo inicial de las plántulas se ven beneficiados por condiciones parciales de sombra (Parrota, 2000). La condición de luz óptima para la germinación de todas las especies de *Moringa* en cultivo es media sombra (Jahn *et al.*, 1986). Puede tolerar altas temperaturas (hasta 48°C) si está a la sombra (Palada y Chang, 2003).

4.10 Crece en suelos de México

R= Sí (1). De acuerdo a los registros en nuestra base de datos, *M. oleifera* crece en México en suelos del tipo regosol, fluviosol, cambisol, leptosol, luvisol, phaeozem y calcisol (Apéndice 4).

4.11. Hábito trepador

R= No (0). La moringa es un árbol (ver apartado de Descripción).

4.12. Crecimiento cerrado o denso

R= Sí (1). Las plántulas de *M. oleifera* forman grupos de matorrales alrededor del árbol progenitor, los que podrían convertirse en densas poblaciones (Csurhes y Navie, 2016).

5. Tipo de planta

5.01. Acuática

R= No (0). Es un árbol terrestre. Ver apartado de Descripción.

5.02. Pastos (Poaceae)

R= No (0). Es un árbol terrestre. Ver apartado de Descripción.

5.03. Plantas fijadoras de Nitrógeno

R= No (0). Ver apartado de Descripción y Biología e Historia Natural.

5.04. Geófita

R= Sí (1). *M. oleifera* desarrolla raíces pivotantes y globosas, que contienen importantes reservas de energía, lo que las hace un mecanismo de supervivencia (Parrota, 2009; Csurhes y Navie, 2016). Ver apartado de Descripción.

6. Reproducción

6.01. Evidencia de bajo éxito reproductivo en su lugar de origen

R= No (0). No hay reporte de estas evidencias (ver apartado de Biología e Historia Natural).

6.02. Produce semillas viables

R= Sí (1). *M. oleifera* tiene una producción de semillas estimada en 15,000-25,000 semillas anualmente (Ramachandran *et al.*, 1980; Sáenz-Ríos, 2016). Su tasa promedio de germinación es de 60 a 90% (Francis y Lowe, 2000). Ninguna semilla de esta especie germina después de 24 meses (Morton, 1991) (ver apartado de Biología e historia natural).

6.03. Hibrida de manera natural

R= No (-1). Se ha sugerido que *Moringa oleifera* tiene potencial para hibridarse con otras especies del mismo género, tal como *M. stenopatala*. También podría hibridar con *M. peregrina* (Grubben y Denton, 2004).

6.04. Autofecundación

R= Sí (1). Se ha reportado que la moringa tiene geitonogamia (polinización entre 2 flores de la misma planta) y xenogamia (polinización entre 2 flores de distintas plantas) (Jyothi *et al.*, 1990). Los experimentos de apomixis y autogamia no dieron ningún fruto. Las polinizaciones manuales con polen xenogámico dieron un 100% de frutos, un 81% de semillas y un 9% de fecundidad, mientras que con el polen geitonogámico las tasas respectivas fueron 62%, 6% y 6% (Jyothi *et al.*, 1990)

6.05. Requiere de polinizadores especialistas

R= No (0). No se reporta de este requerimiento. Sin embargo, se han reportado, en su región nativa, que *M. oleifera* es polinizada principalmente por las especies de abejas *Xylocopa latipes* y *X. pubescens* que son los polinizadores más apropiados por su adaptación corporal y por su presencia en todos los lugares donde está presente la moringa; además se mencionan como polinizadores a *Apis florea*, *A. cerana indica*, *Trigona* sp. y *Amegilla* sp. También se encontró una hormiga (*Camponotus* sp.) y varios lepidópteros; algunas aves marinas como *Nectarinia* sp. son también polinizadores eficientes en su área nativa en India, y habiéndose observado interacciones en otros lugares como en Hyderabad y Ongole en Andhra Pradesh (sitios de India) (Jyothi *et al.*, 1990).

6.06. Reproducción vegetativa

R= Sí (1). *M. oleifera* se puede reproducir vegetativamente, por ramas y esquejes. Partes de la planta o toda la planta se pueden dispersar en el suelo (Parrota, 2000; CABI, 2018c). Las ramas pueden permanecer viables por largos periodos (Csurhes y Navie 2016). Los esquejes de tamaño grande, plantados en suelo húmedo, se arraigan fácilmente y se convierten en árboles de tamaño considerable en unos pocos meses (Ramachandran *et al.* 1980).

6.07. Tiempo generacional mínimo

R= (1). Las flores de *M. oleifera* aparecen por primera vez a una edad temprana, frecuentemente durante los primeros seis meses después de haber sido plantados y usualmente durante el primer año (Parrota, 2000). En condiciones de cultivo la floración se dió a los 10-11 meses. Dos meses después, ya había semillas maduras y secas (Jahn *et al.*, 1986). Por lo anterior, se considera que la floración podría iniciar en el área de invasión después del primer año de vida.

7. Mecanismos de dispersión

7.01. Los propágulos probablemente puedan ser dispersados no intencionalmente

R= Se desconoce. No existe evidencia de que esto ocurra o haya ocurrido (ver apartado Rutas de introducción).

7.02. Los propágulos se dispersan intencionalmente por el humano

R= Sí (1). Parece ser que los humanos y sus actividades son el principal vector para la introducción y dispersión de *M. oleifera*, llevando las semillas entre sitios, cultivándola, y comercializándola después con distintos fines (ver apartados de Rutas de introducción e Historia de la comercialización). El árbol fue introducido a México en el año de 1894 para la producción de cultivos y horticultura (CABI, 2018c).

7.03. Los propágulos pueden ser dispersados como contaminantes de productos

R= Se desconoce.

7.04. Propágulos adaptados a dispersarse por el viento

R= Sí (1). *M. oleifera* produce semillas aladas que pueden ser dispersadas por el viento (Jyothi *et al.*, 1990; Francis y Lowe, 2000; Csurhes y Navie, 2016).

7.05. Propágulos con capacidad de flotación exclusivamente en ambientes terrestres

R= Sí (1). *M. oleifera* produce semillas aladas que pueden ser dispersadas por el agua (en ríos y arroyos). Ramas y raíces de la planta pueden ser dispersadas por corrientes de agua, y llegar a establecerse a un sitio con condiciones de humedad y producir un nuevo individuo. Algunas poblaciones naturales se encuentran creciendo a lo largo de cursos de agua, lo que hace suponer que el agua puede ser un medio de dispersión en épocas de inundación (ver Rutas de introducción). Puede ser propagada deliberadamente por las ramas descartadas de plantaciones, estas permaneces viables durante un periodo relativamente largo y a menudo forman raíces.

7.06. Propágulos dispersados por aves

R= No (-1). No existen reportes de que las semillas de *P. tomentosa* sean dispersadas por aves.

7.07. Propágulos dispersados por animales (de manera externa)

R= (-1). Se desconoce, pero las semillas no tienen forma de anclarse al pelo o plumas de algún animal.

7.08. Propágulos dispersados por animales (de manera interna)

R= (-1). No hay evidencia. Aunque probablemente podría ser propagada por animales al comer la semilla, ya que son comestibles y de agradable sabor cuando son frescas (Parrota, 2009; Arias, 2014).

8. Atributos de persistencia

8.01. Producción de semillas prolífica

R= Sí (1). *M. oleifera* tiene una producción de semillas estimada en 15,000-25,000 semillas anualmente (ver Biología).

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

R= Sí (1). Se han reportado tasas de germinación de 25 a 60% después de 12 meses. Ninguna semilla de esta especie germina después de 24 meses (Morton, 1991) (ver apartado de Biología).

8.03. Es controlado por herbicidas

R= No (1). No existe información sobre el control de la especie (Csurhes y Navie, 2016). No existen métodos de control y mitigación específicos para la especie *M. oleifera* (ver apartado Control y mitigación)

8.04. Es tolerante o se beneficia de mutilación, corte, cultivo o fuego

R= Sí (1). *M. oleifera* puede reproducirse a partir de ramas que queden en el suelo. Es resistente al corte, rebrotando fácilmente; a los cinco días del corte presenta varios brotes. En individuos viejos que son cortados a 20 cm del suelo, se producen de 18 a 22 brotes (Arias, 2014). Hay técnicas de cultivo para reproducir la planta a partir de esquejes (Parrota, 2000). Posteriormente, puede escapar de los cultivos (Randall, 2012).

8.05. Enemigos naturales efectivos en México

R= No (1). No hay evidencia para México.

8. Riesgo de invasión de *Moringa oleifera* en función de la similitud climática

Moringa oleifera presenta un elevado riesgo de invasión considerando la similitud climática que hay en México con las áreas de su distribución nativa, en la zona más costera de la vertiente de Pacífico y hacia las partes bajas de la Sierra Madre Occidental, desde Nayarit al norte de Sinaloa; así como en la región este, en Tamaulipas y San Luis Potosí y al norte de Veracruz (Fig. 30a). Si consideramos la presencia por región invadida actualmente, el riesgo el riesgo por similitud climática es mucho más elevado, remarcándose en las dos vertientes y expandiéndose a más estados y regiones, incluido el eje Neovolcánico y la península de Yucatán (Fig. 30b). No queda restringida ni limitada su zona de invasión en estas regiones en cualquiera de los casos. Para Norteamérica el riesgo es alto en la zona del sureste y hasta Florida, así como en California; coincide el riesgo con México en Texas, mientras que para Centroamérica el riesgo es alto (Fig. 30c).

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 2). Asimismo, se denota la variedad de climas que le son adecuados en México (Apéndice 2).

Moringa oleifera

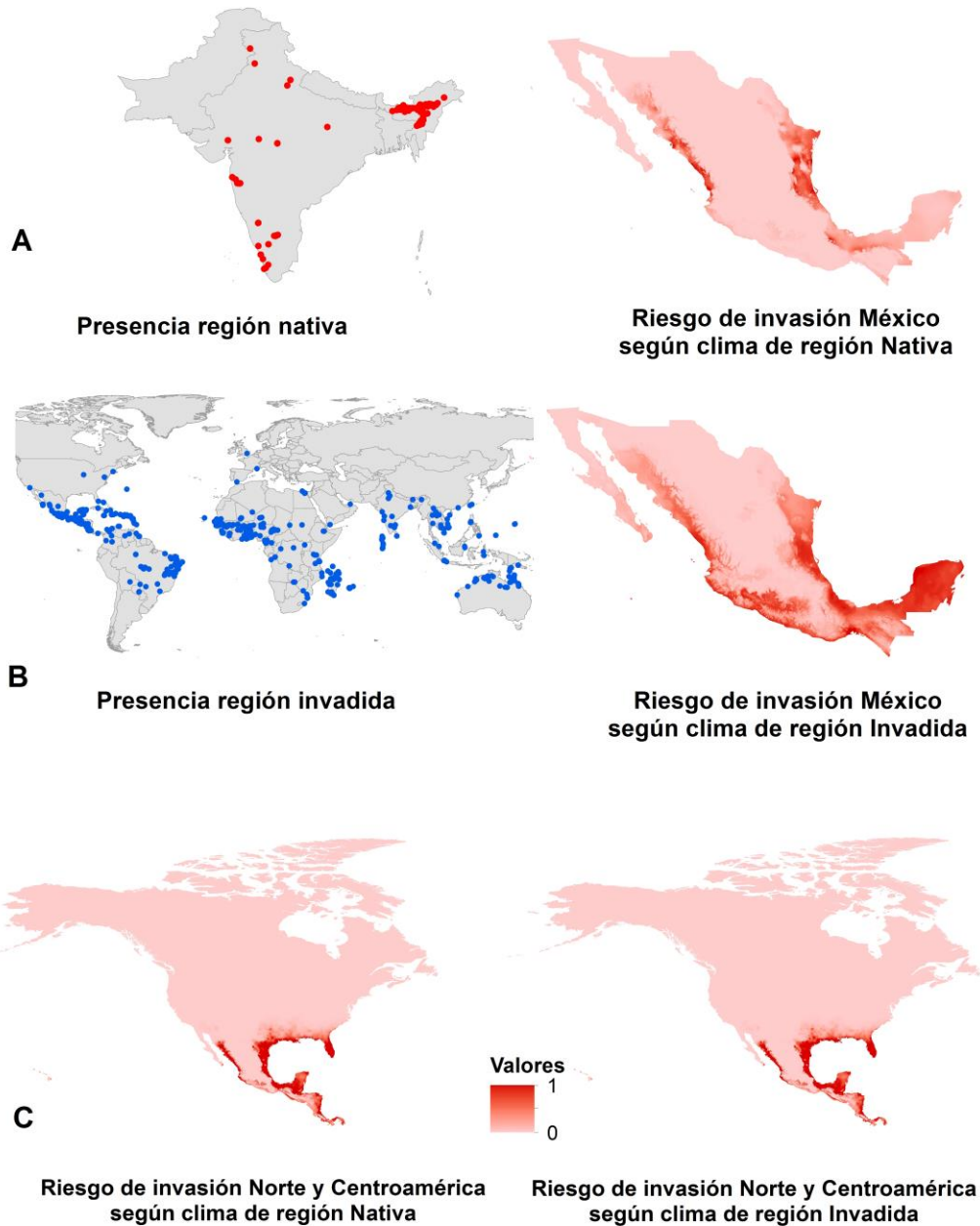


Figura 30. Modelos de Maxent para *Moringa oleifera* calibrados en su región nativa (A) y de invasión (B) y proyectados a Norte y Centroamérica (C); notar el riesgo para México dentro de esta región. Los mapas de distribución geográfica potencial de la derecha indican las áreas con condiciones climáticas y topográficas adecuadas para el establecimiento de *Moringa oleifera*. Los puntos rojos y azules representan la presencia de la especie en la región nativa e invadida respectivamente.

9. Resultado del Análisis de riesgo de *Moringa oleifera*

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, con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.* (2010) para *Moringa oleifera* fue de **28**. Debido a que el puntaje es mayor que 6 (ver Anexo 1 sobre estos valores), el taxón debe ser **Rechazado**.

10. 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 *Moringa oleifera* debe ser **rechazada** y considerada como una especie invasora (maleza) 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. De acuerdo al riesgo de invasión obtenido por modelación en función de la similitud climática, se denota que se invadirían amplias regiones de las dos vertientes, en la zona más costera de la vertiente de Pacífico y hacia las partes bajas de la Sierra Madre Occidental, desde Nayarit al norte de Sinaloa; así como en la región este, en Tamaulipas y San Luis Potosí y al norte de Veracruz, incluido el eje Neovolcánico y la península de Yucatán. No queda restringida ni limitada su zona de invasión en estas regiones en cualquiera de los casos.

Spathodea campanulata

1. Introducción

Spathodea campanulata es un árbol originario de África. Se ha naturalizado ampliamente a partir de su venta como especie de ornato, aunque también como árbol de sombra; se le usa con fines medicinales tradicionales. Es una especie exótica invasora que ha invadido actualmente 77 países. En México se presenta en 16 estados del país. Esta especie puede desarrollarse en distintos ecosistemas y climas, inclusive degradados (Larrue *et al.*, 2016). *S. campanulata* se incluye en el Compendio Global de Malezas (Randall, 2012) y se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva presente en Florida, Hawaii, Puerto Rico, Islas Vírgenes y la cuenca del Pacífico (NRCS USDA, 2019d). Se encuentra entre las 100 peores especies invasoras del mundo (Lowe *et al.*, 2004).

1.1 Taxonomía

Spathodea campanulata (Linnaeus) (1753)

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Orden: Lamiales Bromhead

Familia: Bignoniaceae Juss.

Género: *Spathodea* P. Beauv.

Especie: *Spathodea campanulata* (Linnaeus) (1753)

1.1.1 Sinónimos

Bignonia tulipifera Schum.

Bignonia tulipifera Thonn.

Spathodea danckelmaniana Büttner

Spathodea campanulata subsp. *campanulata*

Spathodea campanulata subsp. *congolana* Bidgood

Spathodea campanulata subsp. *nilotica* (Seem.) Bidgood

Spathodea nilotica Seem.

Spathodea nilotica f. *bryanii* O.Deg. & I. Deg.

Spathodea tulipifera (Schum.) G. Don

1.1.2 Nombres comunes

Español: Tulipán africano, llama del bosque, gallito (Rojas-Rodríguez & Torres-Córdoba, 2009; GBIF, 2019).

Inglés: African tulip tree

Spathodea es un género monotípico (representado por una sola especie), originario de África. No existen congéneres nativos de México.

1.2 Descripción

El tulipán africano *Spathodea campanulata*, es un árbol que puede llegar a medir entre 20 y 24 m de altura; el tronco robusto, atenuado (reforzado hacia la base); tiene copa tipo globosa, con ramas secas en la parte superior (Meyer, 2004; Rojas-Rodríguez y Torres-Córdoba, 2009; DAF, 2016). Su madera es de rápido crecimiento, liviana y poco usada (Francis, 1990). Es un árbol siempreverde, cuyas hojas presentan forma ovalada y son

fuertemente veteadas, de color dorado cuando jóvenes y de un verde lustroso cuando maduras (DAF, 2016). Su corteza es gris pálido, verrugosa. Las ramas laterales generalmente cortas y gruesas; el fuste es liso, tienen a bifurcarse a partir de los 2 m; presenta gambas pequeñas; follaje caducifolio, hojas imparipinnadas, opuestas, grandes, de 4 a 9 pares de foliolos, de color verde oscuro en el haz y claro en el envés (Rojas-Rodríguez y Torres-Córdoba, 2009). Las flores son bisexuales, zigomorfas e hipóginas. El cáliz es dorado, bilabiado y de 60 mm de largo. La corola gamopétala, con un tubo corto en la base que se ensancha hacia la boca, mide 90 mm de largo y 60 mm de ancho. Los estambres son cuatro, epipetalos, didínamos. Los dos estambres más largos son de 62 mm, mientras que los dos cortos son de 46 mm de largo. Sus anteras son ditecas, introrsas y sus lóbulos están paralelos el uno con el otro. El ovario está rodeado de un disco anular conspicuo. Es bicarpelar, sincarpo y bilocular con óvulos acomodados en placentación axilar. Los óvulos son numerosos y en porcentaje 1319 +/- 21 por ovario. El estilo es simple, 70 mm de largo, terminando con un estigma bifido. Los lóbulos estigmares son amarillos, de 8 mm de largo cada uno (Rangaiah *et al.*, 2004).

Los capullos florales de color olivo, con densa pubescencia (aterciopelados). Las flores tienen forma de tulipán, pero sesgadas hacia un lado, se agrupan en racimos terminales en las ramas, son de color rojo-anaranjado, con bordes amarillos, de alrededor de 10 cm de largo, con pedúnculo de longitud similar, ráquises y pedicelos gruesos con pubescencia marrón, las brácteas de los pedicelos lanceoladas, curvas, aprox. 1 cm de longitud, cáducas; los pedicelos con un par de bractéolas (opuestas) cerca de la punta; los botones internos se encuentran llenos de agua. El cáliz fuertemente curvado hacia arriba, asimétrico, casi de 5 cm de longitud, ligeramente acanalado, se abre en la antesis a unos mm de la base y a lo largo de la curva dorsal, el ápice en forma de cuerno romo, superficie con pubescencia serícea. Filamentos de aproximadamente 5 cm de largo, las anteras arqueadas, color naranja opaco, lineares de hasta 15 mm de longitud; estilos amarillos, 8 cm de largo, estigma rojizo. Se ha reportado una variedad con flor amarilla de la Costa de Oro (Costa Rica) (Francis, 1990; Rojas-Rodríguez y Torres-Córdoba, 2009). El tulipán africano produce

racimos grandes de brotes color verde dorados y hojas grandes color rojo con bordes amarillos (DAF, 2016).

Produce frutos secos, tipo cápsula dehiscente, en forma de bote, con abertura longitudinal, con un tamaño aproximado de 12 a 25 cm de largo y de 3 a 6 cm de ancho (Rojas-Rodríguez y Torres-Córdoba, 2009). La cápsula lanceolada, ligeramente compresada, 17-25 x 3.5-7 cm.

Las semillas son finas y de forma aplanada en forma de corazón, comprimidas, de 1 cm de largo y 6 mm de ancho, con un ala transparente marginal, fina, suave, delgada y lustrosa, de color café-rojizo; pueden llegar a medir hasta 20 cm de largo (Francis, 1990; Rojas-Rodríguez y Torres-Córdoba, 2009; DAF, 2016).

Sus hojas son opuestas imparipinadas y estipuladas. Cada hoja consiste de 5 a 7 pares de folíolos opuestos y uno terminal. Los folíolos son oblongo-elípticos, de 1 cm de largo y 0.5 cm de ancho, enteros, acuminados, desiguales en la base, de color verde oscuro en el haz y verde claro en el envés. Presenta protuberancias glandulares en la base de la lámina (usualmente en pares); las nervaduras son amarillas, pubescentes; la venación es reticulada. El peciolo es corto, ancho de alrededor de 0.7 cm de largo; presenta lenticelas conspicuas en el raquis, cuya base es ensanchada (Pulipati *et al.*, 2013).

Existe una considerable variabilidad intraespecífica en *S. campanulata*, que ha dado como resultado la separación de tres subespecies dentro de su rango nativo de distribución. También se han identificado taxa intermedios entre las subespecies, así como variedades de jardín (Sutton *et al.*, 2017). Las tres subespecies de *S. campanulata* en su distribución nativa, se pueden distinguir basándose en la variación morfológica. Pero la identificación a este nivel puede ser difícil debido a los intermediarios de las subespecies. Las tres subespecies ocupan áreas geográficas separadas: *Spathodea campanulata campanulata* habita bosques de tierras bajas del oeste de África. Se define por hojas y ovarios glabros y cáliz aterciopelado; *S. campanulata nilotica* se encuentra en los bosques de baja montaña en el centro y este de África y se caracteriza por presentar hojas densamente aterciopeladas, un cáliz con pelos suaves, multicelulares y un ovario densamente piloso; *S. campanulata congolana* se distribuye en los bosques de tierra baja de la cuenca del Congo,

y es identificada morfológicamente por un indumento en las hojas caracterizado por pelos largos, rizados y multicelulares; adicionalmente la inflorescencia, cáliz y ovarios son glabros o presentan pelos largos y rizados. Las subespecies son diferenciadas una de la otra principalmente por su nivel de pubescencia, estando las subespecies con poca pubescencia en el oeste de África, con pubescencia intermedia en la cuenca del Congo y densa pubescencia en centro y este de África (Sutton *et al.*, 2017).

1.3 Biología e historia natural

1.3.1 Biología

Spathodea campanulata se originó en las tierras bajas de la región ecuatorial, en áreas con un clima húmedo y cálido caracterizado por abundante precipitación y temperatura media mensual por encima de los 26°C (Francis, 1990; Larrue *et al.*, 2016).

S. campanulata se reproduce sexualmente (por semillas) y asexualmente (vegetativamente), pudiendo germinar de semillas así como de ventosas de raíces dañadas (DAF, 2016; Sutton *et al.*, 2017).

La floración de *S. campanulata* ocurre con variaciones en función del sitio de reproducción. Hay variaciones en su rango de invasión comparado con el nativo.

Spathodea campanulata	Rango nativo	Rango de invasión
Biología	<p>En el sur de África, florece en el otoño e invierno (Labrada y Díaz-Medina, 2009).</p> <p>No es claro a partir de qué edad florece en su área de distribución natural (Francis, 1990).</p> <p>La floración dura normalmente 2 a 3 meses y la maduración de la fruta de 4 a 6 meses. La</p>	<p>En zona de invasión la floración ocurre de marzo a diciembre; los frutos se encuentran verdes de enero a febrero, junio a julio y noviembre a diciembre; maduran de febrero a junio (Rojas-Rodríguez y Torres-Córdoba, 2009).</p> <p>En Cuba, florece a lo largo del año, pero sus niveles más altos</p>

	<p>florescencia se puede extender a través de un periodo de 5 a 6 meses; posteriormente las vainas maduran y comienzan a liberar las semillas alrededor de 5 meses después (Francis, 1990).</p>	<p>se presentan de septiembre a enero, en particular desde el final de la temporada de lluvia (verano) hasta principios de la temporada seca (invierno) (Labrada y Díaz-Medina, 2009).</p> <p>En otras partes del Caribe, florece desde finales de invierno hasta el inicio del verano (Francis, 1990).</p> <p>En Australia la floración ocurre en su mayoría en primavera, pero puede presentarse todo el año (DAF, 2016).</p> <p>En zonas de invasión, puede comenzar a florecer a la edad de 3 o 4 años, pero en algunos ambientes la primera florescencia se retrasa hasta que los árboles tienen un mayor tamaño (Francis, 1990).</p>
--	---	--

Las flores de *S. campanulata* requieren de polinización cruzada (Larrue *et al.*, 2016).

La germinación es epigea y puede comenzar en tan solo dos días. La reproducción natural tiene lugar sobre la superficie rasa, entre las hierbas y bajo la maleza y matorrales. El crecimiento es lento hasta que las plántulas desarrollan unas cuantas hojas, después el crecimiento se ve acelerado. Las plántulas pueden crecer desde una altura de 3-4 cm hasta 1 m en 6 meses. Las plántulas y los árboles jóvenes desarrollan una raíz pivotante carnosa, especialmente en suelo flojo. Las raíces laterales se desarrollan de manera gradual, pero los árboles de gran edad pueden tener un sistema radical lateral masivo y pueden desarrollar contrafuertes y poseer un acanalamiento del tronco inferior en asociación con raíces con contrafuertes (Francis, 1990).

La tasa de germinación varía según la calidad de la semilla, pero es alta, oscila entre 60-84%; la germinación ocurre en un periodo de entre 54 y 75 días (Rojas-Rodríguez y Torres-Córdoba, 2009).

El tulipán africano ha sido señalado como intolerante a la sombra, indicando que requiere luz solar para su rápido crecimiento (Francis, 1990). Sin embargo, se ha reportado que las plántulas son capaces de crecer en ambientes con poca incidencia de luz, con una ganancia neta de carbón de $50 \mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{s}^{-1}$, indicando tolerancia a la sombra (Larrue *et al.*, 2016).

Se ha sugerido que *S. campanulata* puede tener un banco de semillas a largo plazo durando más de 1 año, en un sotobosque con sombra, con pocos niveles de luz, seguido de un crecimiento lento bajo dichas condiciones de bosque en Hawaii; por ello, se considera que los árboles jóvenes (<5 m) de *S. campanulata* son tolerantes a la sombra (Larrue *et al.*, 2014). Las semillas tampoco requieren de alta incidencia solar para germinar; se ha reportado que la sombra o semi-sombra de plantaciones de café, provee de la luz más favorable para la germinación de las semillas, como sucede en Cuba (Labrada y Díaz-Medina, 2009).

La reproducción del tulipán africano ocurre rara vez en rodales de árboles africanos o bajo rodales con existencias especies sucesionales intermedias. Casi siempre es reemplazado por especies secundarias (Francis, 1990).

La población de *S. campanulata* presenta una curva logística de crecimiento alcanzando su capacidad de carga en alrededor de 4,000 árboles por hectárea, aproximadamente 40 años después de su establecimiento. La mitad del total de la capacidad de carga se alcanza a los 20–25 años después del establecimiento del bosque, lo que indica un parámetro de crecimiento poblacional de 0.18 (Brown y Daigneault, 2014).

Estudios morfológicos y utilizando marcadores moleculares inter-secuencias simples repetitivas (ISSRs) proveen evidencia de que los individuos de la subespecie nativas *S. campanulata campanulata* del oeste de África, son similares a los individuos de *S. campanulata* de las Islas del Pacífico, es decir de aquí el origen de estas poblaciones.

Se ha encontrado una cuarta subespecie, *S. campanulata aurea*, introducida en las Islas del Pacífico, proveniente del este y centro de África, lo que podría representar múltiples introducciones de la especie a las islas. Este espécimen es raro y presenta flores amarillas, pero la subespecie es escasa y es posible que contenga un genotipo no invasor (Sutton *et al.*, 2017).

Comparaciones de la distancia genética entre poblaciones ha indicado un alto nivel en la variabilidad genética dentro de las poblaciones invasoras de las islas del Pacífico, comparado con aquellas poblaciones en la distribución nativa. La frecuencia y extensión de la reproducción sexual puede presentar una influencia significativa en la diversidad genética; sin embargo, poco se sabe sobre la importancia relativa de los dos tipos de reproducción, la sexual y la asexual, en el rango de invasión de *S. campanulata*. La alta diversidad genética también se puede deber a las múltiples introducciones de diferentes fuentes poblacionales del oeste de África (Sutton *et al.*, 2017).

1.3.2 Ecología

Se ha observado a *Spathodea campanulata* en crecimiento en distintos tipos de suelos y bosques, por ejemplo, en la selva baja secundaria, o en selvas nativas donde modifica la estructura forestal y reduce la incidencia de luz en el suelo (Larrue *et al.*, 2016). *S. campanulata* crece en su rango nativo en bosques secundarios, caducifolios, de transición y en bosques de sabana. En Uganda, es una de las especies de árboles que colonizan pastizales. En Nigeria, los árboles de tulipán africano y otras especies de menor tamaño actúan como especies oportunistas, no son muy competitivas, y lo hacen en claros y entre árboles más altos. Crece como árbol dominante ocasional en los rodales de *Euphorbia* en la Cuenca del lago Edward en el Congo y Uganda. La especie rara vez domina u ocupa un sitio por más de una generación. Por ejemplo, los rodales maduros de tulipán africano en Puerto Rico (sitio de introducción) se ven con frecuencia invadidos por *Guarea guidonia* un árbol nativo (Francis, 1990). *S. campanulata* prefiere suelos fértiles, bien drenados con abundante materia orgánica (Csurhes y Edwards, 1998), pero se puede encontrar en suelos ácidos o básicos, desde arenas hasta arcillas, con exceso o poco drenaje. Las plántulas

pueden sobrevivir en áreas con temporadas secas de hasta tres meses (Larrue *et al.*, 2016). Crece bien en suelos profundos y drenados, y es capaz de establecerse en sitios erosionados; requiere de suelos fértiles, pero también puede crecer en suelos salinos y zonas rocosas; puede crecer en zonas húmedas y secas, no tolera el frío y requiere de la incidencia solar una vez crece y para su reproducción (Labrada y Díaz-Medina, 2009).

En Puerto Rico, *S. campanulata* ha sido una de las especies de árboles más abundantes en la isla desde 1982, sobre todo en los bosques secundarios, formando y manteniendo rodales dominantes de hasta 50 años (Abelleira-Martinez, 2008; Lugo *et al.*, 2011). Forma allí bosques nuevos en sustratos kársticos, volcánicos y aluviales, a lo largo de las zonas húmedas y subtropicales del país.

Las diferencias generales en las condiciones ambientales de las poblaciones de rango nativo y de invasión son:

Spathodea campanulata	Rango nativo	Rango de invasión
Ecología	<p>Su rango óptimo de elevación es de 140-540 msnm.</p> <p>Prefiere suelos húmedos y densos, generalmente poco expuestos a vientos fuertes (Larrue <i>et al.</i>, 2016).</p>	<p>En las islas de Hawai se encuentra en altitudes que van de los 0 hasta los 1,000 msnm. En Puerto Rico hasta 1,2200 msnm (Francis, 1990; Labrada y Díaz-Medina, 2009; Larrue <i>et al.</i>, 2016).</p> <p>En Taití se encuentra en bosques nativos de la parte alta y baja, óptimamente en elevaciones máximas de 940–1,040 msnm (Meyer, 2004; Larrue <i>et al.</i>, 2016). Es menos abundante en elevaciones superiores a 1,040 hasta 1,300 msnm, donde la temperatura decrece, lo que parece ser un factor limitante para la invasión.</p>

		<p>En Fiji, se encuentra en elevaciones de hasta 1,200 msnm.</p> <p>Prolifera en jardines, dada su preferencia por suelos húmedos en zonas tropicales (Francis, 1990).</p>
	<p>Su reproducción efectiva se ha reportado con un mínimo de 1,300 mm de precipitación media anual (Larrue <i>et al.</i>, 2016).</p>	<p>Crece en un amplio rango de condiciones de lluvia. Si es plantado, puede sobrevivir en áreas que reciban un mínimo de 1,000 mm de precipitación media anual.</p> <p>En Puerto Rico, la reproducción y crecimiento más agresivos se encuentran en áreas de 1,600 a 2,000 mm (Francis, 1990).</p>
	<p>Se encuentran en sitios con temperaturas media del mes más frío de alrededor de 27°C y la del mes más caliente de 30°C (Francis, 1990).</p> <p>Las condiciones óptimas para su establecimiento son un promedio de humedad relativa en el aire de 95-99% y un promedio de temperatura de 22.1° a 24.5°C (Larrue <i>et al.</i>, 2016).</p>	<p>En Taití se le encuentra a una temperatura promedio de 14.6°C (Larrue <i>et al.</i>, 2016). En esta misma isla, los sitios donde ocurre el árbol, tienen una humedad promedio de 99%, sobre todo en ambientes muy húmedos, con alta frecuencia de condensación y suplemento potencial de agua por niebla (Larrue <i>et al.</i>, 2016).</p>

S. campanulata presenta un rango ecológico amplio, y su abundancia varía con la elevación y con la menor temperatura máxima y humedad. Crece en un amplio rango de condiciones de lluvia. Si es plantado, puede sobrevivir en áreas que reciban un mínimo de 1,000 mm de precipitación media anual (Francis, 1990).

En Uganda (nativo), *S. campanulata* junto con *Albizia spp.*, *Caloncoba schweinfurthii*, *Croton spp.*, *Dombeya mukole*, *Olea sp.*, *Phyllanthus discoideus* y *Sapium ellipticum*, son los

primeros árboles en colonizar los pastizales. En Nigeria, los árboles de *S. campanulata* y los árboles de pequeño tamaño como *Voacanga* spp., *Xylopia parviflora*, *Oncoba spinosa*, *Garcinia ovalifolia*, *Myrianthus serrastus* y *Raphia vinifera*, luchan por sobrevivir como oportunistas en los claros y entre árboles altos tales como *Irvingia smithii*, *Cola laurifolia*, *Trichilia retusa*, *Erythrophleum guineense*, *Chlorophora excelsa* y *Anthocleista nobilis* (Francis, 1990).

En Taití (rango de invasión) crece en áreas con menor perturbación en selvas húmedas y bosques de niebla dominados por árboles nativos y endémicos como *Metrosideros collina*, *Weinmannia parviflora*, *Glochidion* spp., *Alstonia costata*, *Coprosma taitensis*, *Myrsine* spp., *Fitchia nutans*, y helechos arborescentes *Cyathea* spp., con una humedad promedio hasta de 99% (Larrue *et al.*, 2016). También en República Dominicana ha escapado e invadido las fincas de las zonas montañosas naturales (Labrada y Díaz-Medina, 2009).

S. campanulata presenta una tasa de potencial fotosintético y una capacidad fotosintética similar desde el nivel del mar hasta una elevación media-alta de 540 msnm en la isla de Tahití, lo que concuerda con el rango óptimo de elevación, por lo que se puede considerar que es el ambiente preferido de la especie (Larrue *et al.*, 2016). Un decremento en la eficiencia fotosintética de las hojas, ocasionado por el estrés hídrico, está relacionado al cierre progresivo de los estomas, lo que lleva a un decremento en la tasa neta fotosintética. La distribución de *S. campanulata* se encuentra limitada por la temporada seca (en que hay menos humedad) y las bajas temperaturas en esta zona de invasión (Larrue *et al.*, 2016).

Las flores son polinizadas por aves y murciélagos en su rango nativo (Larrue *et al.*, 2016). La polinización es similar a como sucede con las especies de América y el Caribe de la familia Bignoniaceae, que son polinizadas por colibríes dado que sus flores tienen síndromes particulares, tales como presentar el color rojo, la ausencia de fragancia y una producción de néctar abundante y anteras externas. Sin embargo, difieren de ellas en su forma abierta y en la forma de tazón así como en la posición de los estambres. Estas diferencias están correlacionadas con la falta de colibríes en África, por lo que la forma del cáliz en *S. campanulata* parece adecuada para presentar un sitio de percha conveniente para las aves que no flotan (es decir, no se ciernen), y que pueden alcanzar el néctar que se encuentra en

el tubo de la corola (Gentry, 1974). Las flores del género también llegan a ser visitadas por murciélagos y posiblemente lémures (Sussman y Raven, 1978). Entre los murciélagos que visitan sus flores en su rango nativo, se encuentra *Micropteropus pusillus*, que se han observado alimentándose de néctar en la oscuridad, insertando sus cabezas en las flores con forma de copa o tazón; en algunas ocasiones estos murciélagos se han observado rompiendo la parte basal de la flor para obtener el néctar de una forma más fácil y rápida (Ayensu, 1974).

Se ha presentado una anécdota que puede ayudar a denotar la importancia de las aves como polinizadores de *S. campanulata*. En su rango de invasión, en La Réunion (isla al Este de Madagascar) se indicó que el tulipán africano no produjo frutos por muchos años hasta que llegó un ave pasarina endémica *Zosterops* y empezó a visitar a las flores. Posterior a eso, *S. campanulata* inició la producción de frutos y pronto su presencia y abundancia alcanzaron niveles por los que se consideró naturalizada en la isla (CABI, 2018d).

Las abejas conducen la autopolinización de *S. campanulata*, la cual no es finalmente funcional, al no ser compatible en la especie (CABI, 2018d).

En Puerto Rico, se han reportado nueve especies de insectos de los órdenes Homoptera, Lepidoptera, Hymenoptera y Thysanoptera, que usan como recurso al tulipán africano, alimentándose de varias partes de la planta. Los árboles muertos y las ramas muertas en el bosque son consumidas por la termita de la madera húmeda *Nasutitermes costalis* (Francis, 1990). Es atacado por dos lepidópteros, dos especies de termitas y un escarabajo de la corteza. También se ha reportado el ataque por nueve especies de insectos de los órdenes Homoptera, Lepidoptera, Hymenoptera y Thysanoptera. Los árboles muertos y las ramas muertas en el bosque son consumidas por la termita de la madera húmeda, *Nasutitermes costalis* (Francis, 1990).

S. campanulata es afectada por pequeños insectos en Cuba (Sierra de Escambray), como *Xyleborus affinis* y *Xyleborus ferrugineus*. Estos escarabajos usualmente perforan la madera y son vectores efectivos de las esporas del patógeno *Ceratocystis fimbriata* (Labrada y Díaz-Medina, 2009).

Los enemigos naturales de *S. campanulata* han desarrollado adaptaciones locales a la variedad de biotipos que existen en el rango nativo (Sutton *et al.*, 2017). Se ha reportado a *Patadibolia coerulea*, un escarabajo con larvas que perforan entre las capas de la epidermis de las hojas de *S. campanulata*, dañando a la planta a través de la abscisión de las hojas y pérdida del área fotosintética. Esta especie se ha reportado dañina, cuando hay alta densidad de árboles. El escarabajo se ha reportado afectando al tulipán africano en Rwanda, al Este de África. Por otra parte, se ha observado a *Bunia pagnana*, un insecto que se alimenta de savia, el cual causa abscisiones prematuras a las hojas (Paterson *et al.*, 2017). La única especie de insecto, reconocida como control biológico específico para *S. campanulata* ha sido *Colomerus spathodeae*, ácaro que provoca irritación en las hojas y plántulas, el cual se ha reportado frecuentemente en Ghana. La acción irritante del ácaro afecta tejido en desarrollo, produciendo agallas. Dentro del tejido dañado, el ácaro se multiplica en grandes cantidades, provocando necrosis a la planta. Este nivel de daño en el rango nativo de *S. campanulata*, sugiere que *Colomerus spathodeae* debe ser prioritario ensayarlo para pruebas de especificidad de huésped, principalmente dado que este ácaro únicamente se ha observado afectando a *S. campanulata* (Paterson *et al.*, 2017).

Los tulipanes africanos son susceptibles a la pudrición de la base del tronco y del duramen, la cual penetra por las heridas y los muñones de ramas (Francis, 1990).

Las plántulas en pastizales de la especie son objeto del pastoreo por el ganado y otras especies herbívoras salvajes y domésticas (Francis, 1990). Es decir, es palatable para el ganado y herbívoros en general.

En Puerto Rico se ha registrado la siguiente fauna asociada a los bosques de *Spathodea campanulata* (Abelleira-Martínez, 2008):

Anfibios: Coquí común (*Eleutherodactylus coquí*), Coquí Churí (*E. antillensis*), rana de labios blancos (*Leptodactylus albilabris*), y el sapo de caña introducido (*Bufo albilabris*). Masas de huevos de las especies de Coquí se encontraron en las hojas caídas en el suelo de los bosques, y renacuajos del sapo de caña y la rana de labios blancos se encontraron

prosperando en estanques vernaes formados de viejas líneas de arado, que atrapan aguas de inundación en sitios aluviales.

Aves: A las aves endémicas bobo mayor (*Saurothera vieilloti*), carpintero (*Melanerpes portoricensis*) y el comeñame (*Loxigilla portoricensis*); este último se observó alimentándose de las semillas de *S. campanulata*. Visitantes menos frecuentes o conspicuos fueron el Bobo menor (*Cozyzus minor*), la calandria (*Icterus dominicensis*), el julián chiví (*Vireo* spp.), la reina mora (*Spindalis portoricensis*), la reinita (*Coereba flaveola*), san pedrito (*Todus mexicanus*) y colibríes. El martinete (*Butorides virescens*), el judío (*Crotophaga ani*) frecuentemente perchado en los árboles de *S. campanulata*. En las zonas rurales a urbanas, aves insectívoras como el chango (*Quiscalus niger*) y pitirre (*Margarops fuscatus*) se pueden observar frecuentemente perchadas en lo más alto de las inflorescencias del tulipán africano. Es probable que estas aves polinicen de forma cruzada las flores (ya dicho, la autopolinización es incompatible), mientras beben el agua de lluvia que se acumula dentro de las flores o mientras forrajean en busca de insectos en el néctar (Abelleira-Martínez, 2008).

Entre las especies introducidas que utilizan a *S. campanulata*, en la zona urbana de Río Piedras, se ha observado a la especie introducida aratinga de La Española (*Aratinga chloroptera*) alimentándose durante la temporada de fructificación (Abelleira-Martínez, 2008). Estas aves pelan las semillas de las vainas con sus garras y consumen los cotiledones, descartando las alas de las semillas. Estos periquitos se encuentran en muchos municipios rurales en Puerto Rico.

Hay varias especies de aves que pueden dispersar las semillas del tulipán africano, en Puerto Rico (Abelleira-Martínez, 2010) y en la India *campanulata* (Rangaiah *et al.*, 2004). Por tanto, las aves parece contribuyen al éxito reproductivo de este árbol.

También se observó a un Guaraguao (*Buteo jamaicensis*) regresar al mismo árbol de *S. campanulata* durante la noche, para perchar o anidar (Abelleira-Martínez, 2008).

De igual forma, se han reportado abejas como visitantes de las flores de *S. campanulata*, particularmente las especies *Apis cerana indica*, *A. florea*, *Ceratina simillima* y *Trigona*

iridipennis. Las primeras tres únicamente colectan polen sin tomar néctar. Debido a que *S. campanulata* fructifica únicamente a través de xenogamia, las abejas visitantes no son útiles para las flores de esa misma planta para producir frutos (Rangaiah *et al.*, 2004).

Los reptiles más comunes, residentes de los bosques de *S. campanulata* en Puerto Rico son los anoles (*Anolis cristatellus* y *A. stratulus*). El lagartijo jardinero (*A. puchellus*) es común en los bordes de estos bosques; el lagarto verde (*Anolis cuvieri*), especie que vive en el dosel, es relativamente común en los bosques con sustratos volcánicos. Mientras que la iguana verde (*Iguana iguana*), introducida también, se puede encontrar en los bosques de *S. campanulata*, principalmente en aquellos asociados a los márgenes de ríos, o con suelos inundados; también las serpientes comunes culebra corredora (*Alsophis portoricensis*) y la culebra de jardín (*Arrhyton exiguum*) (Abelleira-Martínez, 2008).

En cuanto a los invertebrados, se han registrado asociados a los bosques de *S. campanulata*, cienpies, mantis religiosa, insecto palo, arañas y escorpiones. Los mosquitos son abundantes cuando hay sitios inundados. Las avispas son estacionales en el sotobosque y aparecen más comúnmente durante el verano, lo cual coincide con la caída de hojas y por lo tanto apertura del dosel. El caracol café (*Caracolus caracolla*) se encuentra comúnmente en el follaje del sotobosque, en troncos de árboles y en las hojas caídas del suelo del bosque. Otros caracoles menos comunes fueron *C. marginella* y *Polydontes lima* (Abelleira-Martínez, 2008).

En Guerrero, México, se realizó el primer registro de la especie invasora *Myiopsitta monachus* realizando actividades de forrajeo y cortejo sobre árboles de *S. campanulata* (Almazán-Núñez *et al.*, 2015).

1.3.3 Especies con las que *Spathodea campanulata* puede hibridar

No se han reportado híbridos para *Spathodea campanulata*, pero *Spathodea nilotica* podría ser una variedad de *S. campanulata* (Connor y Francis, 2002).



a) Brote floral de *Spathodea campanulata*. Autores: Ricardo Rodríguez-Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.



b) Racimo de brote floral de *Spathodea campanulata*. Autor: Barry Rice^{CC}.



c) Flor vistosa y campanulada, de color anaranjado, raramente amarillo. Autor: Antje Bartholdi^{DP}.



d) Racimo floral de *S. campanulata*. Autor: Jim Mullhaupt^{CC}.



e) Flores campanuladas color anaranjado a rojizo. Autor: Suresh Aru^{CC}.



f) *S. campanulata* con flores anaranjadas a rojizas, Autor: Tatiana Gerus^{CC}.



g) *S. campanulata* con flores amarillas. Autor: Forest & Kim Starr^{CC}.

Figura 31. Flores de *Spathodea campanulata*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Racimos de frutos inmaduros. Autor: Ricardo Rodríguez-Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.



b) Tipo de frutos en cápsula. Autor: Ricardo Rodríguez-Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.



c) Semilla fina, aplanada y rodeada de una ala membranosa. Autor: Eric Guinther^{CC}.

Figura 32. Detalles de frutos y semillas de *Spathodea campanulata*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Hojas compuestas imparipinadas del tulipán africano. Autor: Forest & Kim Starr^{CC}.



b) Hojas compuestas imparipinadas del tulipán africano. Autor: Ricardo Rodríguez-Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.



c) Foliolos opuestos, ovoides lanceolados de borde entero y coriáceas. Autor: Ricardo Rodríguez-Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.

Figura 33. Hojas y foliolos de *Spathodea campanulata*.^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



Corteza fisurada y escamosa. Autores: Ricardo Rodríguez-Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.

Figura 34. Detalles de la corteza y tronco como carácter de identificación de *Spathodea campanulata*.^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Árbol maduro en floración. Autor: Tatters^{CC}.



b) Árbol maduro caduco. Autor: Forest & Kim Starr^{CC}.

Figura 35. Árboles de *Spathodea campanulata*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) *S. campanulata* en zona con influencia costera. Autor: Forest & Kim Starr^{CC}.



b) *S. campanulata* en zona montañosa. Autor: Forest & Kim Starr^{CC}.

Figura 36. Algunos tipos de hábitat donde ocurre *Spathodea campanulata*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Cacatúa Galah alimentándose en la flor del tulipán africano. Autor: Tatiana Gerus^{CC}.



b) Loro arcoiris posado en las flores del tulipán africano. Autor: Tatiana Gerus^{CC}.



c) Charrán blanco posado en una rama de tulipán africano. Autor: Forest & Kim Starr^{CC}.



d) Nido abandonado de pájaro carpintero en tronco seco de tulipán africano. Autor: Mauro Halpern^{CC}.

Figura 37. Usos por la fauna del árbol y flores de *Spathodea campanulata*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

1.4 Estatus

Spathodea campanulata es una planta nativa de África, donde se distribuye en 19 países. Del total de países que la mencionan en documentos en su legislación, es considerada una especie exótica invasora en 28 países e islas. Esta planta se ha propagado en el norte de México y hasta el centro del país, en 16 estados, sobre todo en humedales, presentando versatilidad ambiental. *Spathodea campanulata* se categoriza entre las 100 peores especies invasoras en el mundo (Lowe *et al.*, 2004). Se incluye en el Compendio Global de Malezas y se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva presente en un estado así como en algunas islas bajo su control. Se le considera como una planta que ha escapado de cultivos, que se ha naturalizada y es invasora; es una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos; una maleza agrícola con efectos económicos, encontrándosele en cualquier sitio humanizado agrícola; podría sugerirse que se ponga en cuarentena; es una maleza dañina que la gente debe controlar.

1.4.1 Distribución nativa

De acuerdo a la información obtenida de todos los registros en publicaciones y otras fuentes, *Spathodea campanulata* se distribuye en rango nativo básicamente en África, específicamente en Angola, Benín, Burundi, Camerún, Congo, Costa de Marfil, Gabón, Ghana, Guinea, Guinea Ecuatorial, Liberia, Nigeria, República Democrática del Congo, Ruanda, Sierra Leona, Tanzania, Togo, Uganda y Zambia (USDA-ARS, 2018; Rivers y Mark, 2017) (Fig. 38).

1.4.2 Distribución de invasión

Se le ha introducido en Alemania, Antillas Francesas (Guadalupe, Martinica), Australia, Bangladesh, Barbados, Bélgica, Belice, Birmania, Bolivia, Brasil, Brunei, Bután, Cabo Verde,

Caribe neerlandés (Isla de Saba), Chad, China, Colombia, Comoras, Costa Rica, Cuba, Dominica, Ecuador (Islas Galápagos), Egipto, El Salvador, España (Islas Canarias), Estados Federados de Micronesia, EUA, Filipinas, Fiyi, Francia, Guam, Guatemala, Haití, Honduras, India, Indonesia, Isla Margarita, Islas Caimán, Islas Cook, Islas Marianas del Norte, Islas Marshall, Islas Salomón, Islas Vírgenes, Jamaica, Kiribati, Madagascar, Malasia, Malawi, Mauricio, Mayotte, México, Nauru, Niue, Nueva Caledonia, Nueva Zelandia, Palaos, Panamá, Papúa Nueva Guinea, Polinesia Francesa, Puerto Rico, República Dominicana, Reunión, Samoa, San Cristóbal y Nieves, Santa Lucía, Seychelles, Singapur, Sri Lanka, Suazilandia, Sudáfrica, Tailandia, Taiwán, Tonga, Trinidad y Tobago, Vanuatu, Venezuela (Isla de Margarita), Vietnam y Wallis y Futuna (Merrill, 1923b; Helbig, 1957; Standley y Williams, 1974; Fosberg *et al.*, 1979; Smith, 1984; Wester, 1985; Burger y Gentry, 2000; Nicolson *et al.*, 1991; Betancort y de Paz, 2000; Salazar *et al.*, 2000; Sherley, 2000; Space y Flynn, 2001, 2002; Brundu y Camarda 2004; Kueffer y Lavergne, 2004; Kueffer y Mauremootoo, 2004; Kueffer y Vos, 2004; Space *et al.*, 2004; Waterhouse *et al.*, 2004; Vos, 2004; Bito, 2007; Chong *et al.*, 2009; Thaman *et al.* 2009; Acevedo-Rodríguez y Strong, 2012; Sankara y Suresh, 2013; Daehler *et al.*, 2016; Larrue *et al.*, 2016; Jaramillo- CABI, 2018e; Díaz *et al.*, 2018) (Fig. 38).

En EUA, se encuentra en alguno de los 48 estados de la parte baja, en particular en Florida, algunas islas en la cuenca del Pacífico y en Hawaii.

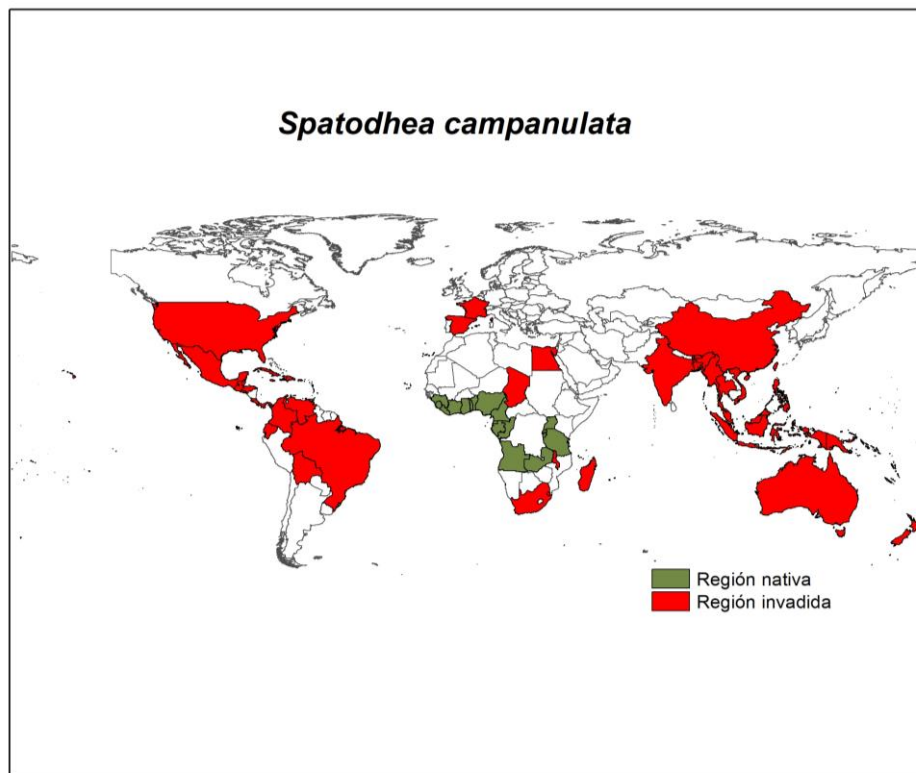


Figura 38. Mapa mostrando la distribución nativa de *Spathodea campanulata*, así como en los países donde se le ha introducido y es exótica, invasora. Fuente: elaboración con base en los registros indicados en los apartados de distribución nativa y de invasión.

1.4.3 Distribución en México

En México, se encuentra en Campeche, Chiapas, Chihuahua, Ciudad de México, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz, Zacatecas y Yucatán (base de datos del proyecto) (Fig. 39).

Spathodea campanulata no está catalogada como invasora en México en el Diario Oficial de la Federación aunque se le registra como invasora por medios no vinculantes (CONABIO, 2016).



Figura 39. Mapa mostrando la distribución de *Spathodea campanulata* en México, por estados. Fuente: registros de la base de datos del proyecto.

2. Rutas de introducción

Las principales rutas de introducción de *Spathodea campanulata* son la dispersión de semillas por el viento y la propagación vegetativa (ventosas de raíces dañadas), a partir de

lo cual la especie se ha visto que ha escapado y colonizado nuevas zonas rápidamente (Brown y Daigneault, 2014; DAF, 2016; Sutton *et al.*, 2017). Se ha cultivado con fines comerciales, forestales y ornamentales, por lo que el transporte por el humano es el principal vector para la introducción y dispersión de la planta en los países, incluido México. El uso de tractores y otra maquinaria pesada que se utiliza en las actividades de remoción (Brown y Daigneault, 2014) pueden ser un medio de transporte accidental de sus propágulos.

2.1 Origen e historia de los individuos comercializados

Spathodea campanulata es un árbol para el que se tiene documentado parte del proceso de la ruta de introducción y el origen de los individuos que fueron introducidos a dos países, Sri Lanka e India, para posteriormente comercializarse en Hawai.

En el siglo XVIII, en las costas africanas, los árboles en flor de *S. campanulata* eran usados como guías para los navegantes (Francis, 1990). En Sri Lanka, *S. campanulata* se introdujo en 1873 proveniente de África occidental (Labrada y Díaz, 2009; Rakaganno, 2005). En India fue introducido a finales del siglo XIX (Tudge, 2005). Fue introducido en 1915 como un árbol ornamental en Hawai, EUA (Larrue *et al.*, 2014).

En la década de los 30s se documentó su introducción en muchas islas del Pacífico y del Caribe (Larrue *et al.*, 2016; Sutton *et al.*, 2017), como árbol ornamental para casas y calles, y sus poblaciones en las islas del Pacífico son originarias de África; se ha identificado por ejemplo que los parientes más cercanos de las poblaciones de *S. campanulata* en Fiji son originarios de Ghana (Paterson y Orapa, 2011). Subsecuentemente, ha habido escapes de los cultivos y ha invadido tierras de agricultura, plantaciones forestales y ecosistemas naturales de islas (Cook, Fiji, Guam, Hawai, Samoa y Vanuatu) (Labrada y Díaz, 2009). El árbol ha sido ampliamente plantado en ciudades y alrededor de villas remotas por años. Adicionalmente, los tallos leñosos del tulipán africano se han usado como cercos vivos alrededor de granjas. El tulipán africano fue introducido en 1936 en Fiji como planta ornamental, proliferando en jardines (Francis, 1990).

Poco antes del final de la década de 1940, fue introducido a varios países de Latinoamérica y el Caribe (Labrada y Díaz, 2009). La especie se ha naturalizado en países como Colombia, Cuba, Jamaica y Puerto Rico. También se encuentra presente en Costa Rica, Santa Cruz Isla Galápagos, Guatemala, República Dominicana y Panamá (Labrada y Díaz, 2009). Particularmente en Puerto Rico, se introdujo aproximadamente hace 100 años y actualmente es uno de los árboles más abundantes en los bosques secundarios (Abelleira-Martínez, 2008).

Se ha encontrado que una subespecie, *S. campanulata aurea*, fue introducida en las Islas del Pacífico, proveniente del este y centro de África, lo que podría representar múltiples introducciones de la especie a las islas. Este espécimen es raro y escaso por lo que es posible que contenga un genotipo no invasor (Sutton *et al.*, 2017).

No se tiene documentado para México el origen de los árboles del tulipán africano.

2.2 Historia de la comercialización en México

La primer colecta botánica de *S. campanulata* en México fue en 1952, proveniente de un espécimen de Michoacán cultivado en el Hotel Palmira (University of Michigan Herbarium, 2019), pero no se sabe si hubo fines comerciales. No hay más reportes sobre la historia de introducción en México, solo lo que actualmente se comercia.

2.3 Usos y comercialización

Spathodea campanulata ha sido cultivada exitosamente con fines ornamentales, a través de la zona tropical húmeda dada su apariencia estética, su rápido crecimiento y la facilidad de cultivo (Francis, 1990; Niyonzima *et al.*, 1999; Larrue *et al.*, 2016). Es popular en Queensland, Australia, como árbol ornamental en jardines y calles, debido a sus llamativas flores rojas, en forma de tulipanes (DAF, 2016). En Brasil se usa comúnmente en silvicultura urbana (Trigo y Santos, 2000).

También se le ha usado como árbol para dar sombra en parques y patios, y para plantaciones de café y fuera de las casas, generando postes de cerca viviente (Sutton *et al.*, 2017), a pesar de su tendencia a quebrarse. Se ha encontrado en altitudes por encima de los 1,500 msnm en Costa Rica y Sri Lanka, donde los árboles jóvenes son cultivados en viveros y posteriormente vendidos a granjeros, quienes los usan como árboles de sombra en casas o en plantaciones de café en República Dominicana, Guatemala, Panamá, Costa Rica y Sri Lanka (Labrada y Díaz, 2009).

El tulipán africano ayuda en la rehabilitación de tierras perturbadas a través de su invasión agresiva y rápido crecimiento (Francis, 1990).

Se ha reportado el uso de sus semillas como alimento en África y varias partes de la planta se usan en medicina natural africana y rituales (Francis, 1990).

Su madera es de un color blanco cremoso, volviéndose marrón claro al secarse y hay poca diferencia entre la albura y el duramen; la textura es poco tosca y con fibra de aspecto placentero. La madera es suave y liviana, se aserra, cepilla y taladra con facilidad. En el pasado la madera no ha sido muy usada, pero es adecuada para usos en carpintería burda, jabas, maderos de estibar y moldes para cemento (Francis, 1990).

Un estudio sobre extracción de colorante de las flores de *S. campanulata*, menciona que con el método de extracción utilizado, de transferencia de masa, la producción de colorante de la flor, se puede utilizar para textiles, alimentos y la industria farmacéutica, así como para aplicaciones a celdas solares e industrias de cosméticos (Patil *et al.*, 2016).

Por otro lado, la producción de terpenos y esteroides en el néctar de *S. campanulata* puede actuar como un control eficiente de plagas, particularmente para el gorgojo del arroz (*Sitophilus zeamais*), ya que se probó un tratamiento de aspersión de néctar puro contra un tratamiento químico, siendo más amigable y eficiente para su control el del néctar puro (Franco *et al.*, 2015).



a) *S. campanulata* como ornamental en campo deportivo. Autor: Forest & Kim Starr^{CC}.



b) *S. campanulata* colocada como planta ornamental fuera de la iglesia principal. Autor: KM^{CC}.

Figura 40. Usos ornamentales de *Spathodea campanulata*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

2.3.1 Análisis económico de la comercialización

Melaleuca quinquenervia ha dado beneficios al venderse como especie de ornato, pero también por la producción de excelente leña, y para diferentes usos, incluidos los medicinales (Doran & Gunn, 1995; Marcar *et al.*, 1995; Doran *et al.* 1997). Aunque no hay un análisis económico formal sobre los costos y las ganancias de este comercio, se ha registrado un análisis de costo-beneficio que representaba manejar a *S. campanulata* en el Pacífico (Brown y Daigneault, 2014). Los autores se enfocaron explícitamente en los beneficios económicos directos del manejo de la especie; se midieron los beneficios de acuerdo a los indicadores siguientes: evitar daños a las cosechas, ganado y rendimiento forestal, así como evitar costos del manejo que incluyen labranza, herbicidas, capital fijo como motosierras, tractores y maquinaria pesada en general (Brown y Daigneault 2014). El valor neto de este enfoque sobre el actual se acerca a la cifra de \$618 millones US dls. en el este de Viti Levu, Fiji en los próximos 50 años. Sin embargo, concluyeron que los métodos de manejo que se manejaban en ese momento seguían siendo moderadamente efectivos, con un valor neto de \$456 millones US dls., y hasta no presentarse un enfoque de manejo más integral, deberían seguir siendo usados.

No hay un análisis económico particular realizado en México sobre *Spathodea campanulata*, para su comercio y manejo.

2.3.2 Manejo y condiciones de cultivo

Se ha indicado que el tulipán africano se cultiva principalmente como árbol ornamental aunque hay otros usos, lo que ha hecho rentable su comercio.

Para su manejo y condiciones de cultivo de *S. campanulata*, los frutos se recolectan entre febrero a mayo, su madurez se reconoce por el color marrón, cuando las cápsulas se abren. Las semillas se pueden recolectar mediante la cosecha de vainas después de que se tornan color marrón, se dejan secar luego hasta que la vaina se abra; se pueden obtener alrededor de 125,000 semillas por kilogramo. Las plántulas producen hojas después de 2 meses bajo una sombra del 50 por ciento, posteriormente son trasplantadas y trasladadas a una sombra

del 25 por ciento, para después ser plantadas al alcanzar una altura de 35 cm de altura, después de 5 meses. La reproducción vegetativa se puede dar fácilmente al cortarse la planta por lo menos en la etapa de poste, y se puede llevar a cabo usando estacas o brotes radicales (Francis, 1990).

Para su germinación, las semillas suelen ser puestas en una mezcla de tierra con arena, sembradas al voleo, cubiertas superficialmente por sustrato. Las plántulas se encuentran listas para su repique o trasplante dos semanas posteriores a la germinación, el cual se puede hacer bajo el sistema de producción en bolsa plástica o estaca. Como parte del mantenimiento, la colocación de sombra es indispensable, por un periodo no mayor a 8 días y es recomendable aplicar fertilización (Rojas-Rodríguez y Torres-Córdoba, 2009).

Se recomienda manejar a *S. campanulata* en rotaciones cortas para la producción de fibra y virutas, con un plan inicial de espaciamiento corto de 2 x 2 m en una rotación de 6 años. Una vez establecido, el rodal se puede cortar para obtener regeneración por brotes por uno o más ciclos (Francis, 1990).

3. Potencial de establecimiento y colonización

3.1 Potencial de colonización

El éxito que tiene *Spathodea campanulata* para la colonización de hábitats se debe a que tiene reproducción tanto sexual como asexual. Puede reproducirse por semillas, así como a partir de ventosas de raíces dañadas (DAF, 2016). Asimismo, tiene una alta producción de semillas, de miles por árbol, que al ser transportadas por el viento pueden llegar a sitios alejados para colonizarlos (Larrue *et al.*, 2014; Tropicos, 2019b). Aunado a esto, el porcentaje de germinación de sus semillas es algo, oscilando entre 60-84% (Rojas-Rodríguez y Torres-Córdoba, 2009; Brown y Daigneault, 2014; ver Biología). Una vez establecida la plántula, tiene un crecimiento muy rápido, de 1 m en 6 meses, con lo que colonizan relativamente en cortos tiempos (Francis, 1990). Empieza a reproducirse a los 3 o 4 años en

zonas de invasión, que parece un largo tiempo pero no lo es para un árbol que alcanza una elevada altura en pocos años. Las flores del *S. campanulata* en su distribución nativa son polinizadas por aves y murciélagos. En su distribución de invasión, parece que algunas aves participan en este proceso de polinización también (Ayensu, 1974; Larrue *et al.*, 2014; CABI, 2018d). La existencia y abundancia de estos polinizadores es importante en el proceso de colonización por la eficiencia en la producción de frutos. Tiene tolerancia a ambientes de estrés como sequía y salinidad (Labrada y Díaz, 2009; Larrue *et al.*, 2016). La habilidad de los árboles jóvenes de *S. campanulata* a mantener tasas de asimilación de carbón neto bajo condiciones de poca luz, es importante para evaluar el riesgo de invasión por la colonización de bosques en los trópicos (Larrue *et al.*, 2014).

Un aspecto importante en la colonización, es el tiempo de viabilidad de las semillas. El banco de semillas de *S. campanulata* es de largo plazo, con lo que una vez con las condiciones ambientales adecuadas puede germinar después de un año (Larrue *et al.*, 2014).

Otro aspecto importante en la colonización, es que las plántulas de esta especie son muy competitivas (Francis, 1990). En Cuba por ejemplo, el estadio de plántula presenta la mayor población y se ha visto que pocos individuos de *S. campanulata* son capaces de competir con otros árboles ya establecidos en bosques (Francis, 1990; Labrada y Díaz, 2009).

Es difícil de remover a *S. campanulata* ya que presenta propagación vegetativa de raíces y reinfestación por semillas (Labrada y Díaz, 2009).

3.2 Potencial de dispersión

S. campanulata tiene una alta capacidad de dispersión de sus semillas por viento (Larrue *et al.*, 2014; Tropicos, 2019b). Cada cápsula tiene hasta 500 semillas aladas (Larrue *et al.*, 2014; Tropicos, 2019b). Pero asimismo, las semillas y las ventosas de raíces pueden ser dispersadas por el agua (DAF, 2016; Sutton *et al.*, 2017). El elevado potencial de dispersión de semillas y propágulos vegetativos se evidencia de manera relevante en las islas, donde

ha proliferado y donde continúa invadiéndolas. Actualmente se encuentra en gran cantidad de islas (Labrada y Díaz, 2009).

La dispersión de las semillas ocurre durante abril y junio. La lluvia asociada a este periodo incrementa la humedad del suelo y la germinación de las semillas (Labrada y Díaz-Medina, 2009). Durante la temporada de fructificación, los árboles pierden casi todas sus hojas y las vainas son distinguibles desde el dosel de los árboles. Por lo que estas características parecen ser atractivas para fauna asociada a *S. campanulata* y sus bosques (Abelleira-Martínez, 2008). Se ha registrado que la fauna que se encuentra en los bosques jóvenes de *S. campanulata* favorece la dispersión de semillas de árboles nativos de Puerto Rico (Abelleira-Martínez, 2010). En India, área de invasión, se han observado especies de aves dispersoras a las que se les ha observado alimentándose de las semillas, al romper los frutos maduros. Parte de estas semillas son liberadas y dispersadas fácilmente por el viento (Rangaiah *et al.*, 2004). En Puerto Rico, es posible que el lagarto verde y la iguana verde, jueguen un rol importante en la estructuración de los bosques de *S. campanulata* por la potencial dispersión de semillas (Abelleira-Martínez, 2008).

3.3 Factores que favorecen su establecimiento y dispersión

Entre los factores que favorecen el establecimiento de *Spathodea campanulata* es importante la combinación de la dispersión de semillas por el viento y la propagación vegetativa. Dentro de estos, tiene elevada viabilidad que puede llegar a más del 80%; estas tasas de germinación se incrementan en semi sombra y en áreas altamente perturbadas, como granjas y bordes de bosques (Brown y Daigneault, 2014); también el hecho de que el tulipán africano tiene una alta versatilidad ambiental, pudiendo crecer inclusive en suelos salinos y zonas rocosas, bien drenados; de preferencia con abundante materia orgánica, pero se puede encontrar en suelos arenosos y arcillosos, con exceso o poco drenaje. Puede establecerse en zonas naturales, boscosas, y en sitios erosionados, no tolera el frío y requiere de la incidencia solar una vez crece y para su reproducción (ver Ecología). Puede escapar de cultivos (ver Estatus).

Entre los factores que favorecen su dispersión, el humano es el principal por el comercio de las plántulas y el movimiento para otros usos. La dispersión de las semillas por aire y de los propágulos por el agua, permite una dispersión más amplia (ver Ecología). La combinación de la dispersión de semillas por el viento y la propagación vegetativa, han permitido que el tulipán africano escapara rápidamente, por lo que ahora domina tierras perturbadas, incluyendo zonas de agricultura y plantaciones forestales, al igual que ecosistemas naturales (Brown y Daigneault, 2014). La especie se desarrolla bien en bosques secundarios previamente talados para la agricultura, principalmente ocasionado por el sistema de agricultura itinerante, practicado por muchos agricultores. La mayor densidad de plántulas se ha reportado en plantaciones de café abandonadas, pero también los bosques naturales las contienen (en Cuba es un ejemplo). La menor población se ha reportado en áreas de bosque de pino y bosques primarios, mostrando alta mortandad de semillas (Labrada y Díaz, 2009).

El aislamiento de algunos procesos competitivos parece ser la causa de una mayor proliferación en islas. También puede ser en parte por su preferencia por suelos húmedos en zonas tropicales a elevaciones altas (ver Ecología).

4. Evidencias de impactos

4.1 Impactos a la salud

Considerando impactos positivos a la salud, *Spathodea campanulata* ha sido usada en la medicina tradicional para el tratamiento de la malaria en su área nativa (Francis, 1990). Es en los extractos del tallo donde se ha encontrado se presentan los compuestos que tienen actividad antimalaria, contra *Plasmodium berghei berghei* (Amusan *et al.*, 1996). Es asimismo usada tradicionalmente por curanderos de África, para tratar diversas enfermedades, incluyendo edema, disentería, úlceras, filaria, gonorrea, diarrea, inflamación de uretra y como antídoto de envenenamiento. En la medicina tradicional

Rwandesa se ha utilizado para tratar la diabetes mellitus dependiente y no dependiente de insulina; presenta también actividad hipoglucémica y anti-VIH (Niyonzima *et al.*, 1999).

No existe evidencia ni reportes que indiquen impactos negativos directos de *S. campanulata* sobre la salud humana. Sin embargo, entre los impactos negativo, uno de los riesgos a la salud fue detectado en Queensland Australia, encontrando que las hojas caídas de esta especie representan un riesgo de seguridad para los peatones, ya que provocan una superficie resbalosa con lo que puede haber caídas con golpes (DAF, 2016).

4.2 Impactos ambientales y a la biodiversidad

La especie invasora *S. campanulata* es una amenaza a la biodiversidad (Brown y Daigneault, 2014). En zonas que invade, las plantas nativas son eliminadas por el efecto de sombra que producen las largas hojas del tuiacán africano, resultando en biodiversidad reducida bajo el dosel de los árboles (Brown y Daigneault, 2014). En la costa de Queensland, Australia, el tulipán africano se ha convertido en un serio problema como maleza, siendo altamente invasiva y formando densas matas de árboles en barrancos y a lo largo de ríos (DAF, 2016).

La toxicidad que tiene *S. campanulata* para insectos se ha relacionado a la mortalidad que se ha observado en abejas, mosquitos y hormigas que usan a la planta. Dicha toxicidad puede deberse a la presencia de sustancias mucilaginosas disueltas en el néctar de botones florales y flores jóvenes. Los compuestos secundarios de las plantas actúan suprimiendo a los insectos debido a sus propiedades insecticidas, repelentes, disuasivas o inhibidoras de la alimentación. Lo anterior puede llevar a una importante pérdida de especies nativas. Se considera que *S. campanulata* al no tener un método de defensa para que el polen y néctar sean robados antes de la antesis, presenta mucílago disuelto en el néctar en las primeras etapas de desarrollo de las flores como un sistema de defensa contra insectos. Particularmente, las abejas que han sido encontradas muertas dentro de la flor no actúan como polinizadoras de la planta, solo como robadoras (Queiroz *et al.*, 2014; Franco *et al.*, 2015). Se cree que este sistema puede ser químico o mecánico, si el mucílago llega a sofocar

a las abejas (Trigo y Santos, 2000). Parece que por ello se ha reportado que *S. campanulata* daña a las poblaciones de abejas nativas del Australia (DAF, 2016).

En *S. campanulata* la producción de néctar y el aumento de su concentración están asociados a factores climáticos como la temperatura y la humedad; en condiciones adversas, de temperatura baja y humedad alta, el néctar presenta baja concentración de azúcares; en condiciones opuestas, la concentración aumenta. La mayor concentración de azúcar influencia la presencia de insectos polinizadores y oportunistas y caracteriza indirectamente la presencia de mayores proporciones de sustancias tóxicas (Franco *et al.*, 2015). El néctar de *S. campanulata* está constituido por una mezcla de terpenos y esteroides, siendo los terpenos tóxicos para mamíferos y muchos insectos herbívoros. En cuanto a los esteroides, las fitoecdisonas constituyen un grupo con una estructura básica similar a las hormonas de muda de los insectos, por lo que el consumo de este esteroide produce una interrupción de la muda y otros procesos de desarrollo en insectos, con consecuencias letales (Gershenzon y Croteau, 1992; Franco *et al.*, 2015). Este puede ser uno de los efectos que tiene *S. campanulata* a nivel función y estructura en un ecosistema.

Dada su amplia naturalización en Tahiti, donde cubre al menos 1,100 hectáreas de la isla, *S. campanulata* se incluyó en la lista oficial de especies invasoras que amenazan la biodiversidad en la Polinesia Francesa. Por ello, su introducción a nuevas islas, su cultivo y transportación están prohibidas. Comúnmente se asocia a bosques con especies nativas y endémicas como *Metrosideros collina*, *Weinmannia parviflora*, *Glochidion* spp., *Alstonia costata*, *Coprosma taitensis*, *Myrsine* spp., *Fitchia nutans*, y helechos arborescentes *Cyathea* spp., donde es una especie invasora agresiva y produce amenazas para la diversidad biológica única de estas islas (Meyer, 2004; Larrue *et al.*, 2016).

En Singapur, *S. campanulata* únicamente se encuentra invadiendo áreas perturbadas y no supone aparentemente un riesgo a la integridad de los bosques nativos. La especie se encuentra a los bordes de las reservas naturales, pero las incursiones en los bosques cerrados no se han registrado de manera relevante (Nghiem *et al.*, 2015).

S. campanulata llega a compartir dominancia con especies nativas, por lo que estos bosques presentan un sotobosque con alta riqueza de especies. Se ha observado en Puerto Rico que en apariencia en los bosques jóvenes que resultan de la invasión por *S. campanulata*, en tierras abandonadas y deforestadas, se incrementan la riqueza y diversidad de especies (Abelleira-Martínez, 2010).

4.3 Impactos a actividades productivas

Spathodea campanulata genera problemas económicos, sociales y culturales de las personas que habitan las zonas de invasión (Brown y Daigneault, 2014). Se ha convertido en un serio problema de maleza en algunos sitios, invadiendo áreas forestales y agrícolas, y ha desplazado a la vegetación nativa de las áreas de invasión (Labrada y Díaz, 2009). Los campos agrícolas que se encuentran en descanso tras tala intensiva se convierten en áreas altamente invadidas por *S. campanulata*, la cual decrece la productividad de cosechas e incrementa el costo de la producción agrícola. El problema se incrementa dada la pérdida de tierra arable, resultando en el abandono de estas zonas y la apertura de claros en bosques nativos para la cosecha, ya que es más fácil y barato limpiar una zona nativa que aquella ya infestada por *S. campanulata* (Sutton *et al.*, 2017).

S. campanulata comúnmente se usa como árbol de sombra en cultivos de café, sin embargo, dicha actividad genera un mayor riesgo de invasión y afecta la producción de café, dado que la semi-sombra proveniente de las plantas de café, provee de la luz más favorable para la germinación de las semillas del tulipán africano (Labrada y Díaz, 2009).

Algunos de los beneficios descritos para *S. campanulata*, son precisamente los de la productividad, por el comercio para fines ornamentales.

S. campanulata acumula altas cantidades de volumen de madera, biomasa y elementos químicos en su estructura, en la cercanía del Jardín Botánico Caguas, en Puerto Rico. Presenta una tasa de intercambio de masa y químicos en tasas de crecimiento rápido, caída de hojas y descomposición de madera y hojas muertas. Estas altas tasas de crecimiento,

productividad, descomposición y reciclaje requieren de una fuente de nutrientes, lo cual se deriva de invadir suelos de agricultura conocidos por su alta fertilidad. Esto implica finalmente que *S. campanulata* se ha escapado del control de la gente (Lugo *et al.*, 2011).

Se deberían hacer evaluaciones del costo que tiene el efecto de la calidad de la madera de *S. campanulata* ya que al ser liviana se pudre con rapidez; de esta manera las ramas y los troncos de árboles cerca de caminos y viviendas presentan el riesgo de quebrarse. La especie es susceptible a la quiebra por los vientos fuertes y no se recomienda para áreas urbanas con una contaminación ambiental seria (Francis, 1990).

4.4 Impactos económicos

No existe información de valoraciones de los costos de remediación, control y erradicación del tulipán africano. Tampoco hay valoraciones sobre los costos de pérdidas económicas causadas por la invasión de zonas que pueden disminuir su productividad por desplazamiento de especies nativas. No obstante, deben existir impactos económicos por los desplazamientos que hacen de especies nativas.

Se deben asimismo valorar los costos de pérdida de agua y por la aplicación de métodos para control para eliminar a la planta, más los costos para restaurar ecológicamente las zonas una vez se erradique la plantas invasora.

No hay un análisis económico particular realizado en México sobre *Spathodea campanulata*, para su comercio y manejo.

5. Control y mitigación

Actualmente el manejo de la especie es prácticamente nulo o se basa únicamente en el control mediante la remoción de plántulas, de troncos, así como la quema y poco con la aplicación de herbicidas. Estos impactos generan costos más que beneficios socioeconómicos (Brown y Daigneault, 2014).

Spathodea campanulata es difícil de controlar, aunque las plántulas y árboles pequeños se pueden arrancar o ser escabados con éxito. Para árboles más grandes, por lo común se talan, se queman y se aplican herbicidas. El uso de tractores y otra maquinaria pesada se utiliza en estas actividades, a pesar de que la perturbación comúnmente lleva a un incremento en la germinación de las semillas del banco de semillas. Por otra parte, una aplicación incorrecta de herbicidas ha resultado en niveles pobres de control. Porejemplo, se ha estimado que solo un 50% de la población que invade Fiji ha sido controlada con estas prácticas (Brown y Daigneault, 2014). Principalmente el enfoque de manejo actual se ha basado en 1. cortar los troncos, 2. escarbar las ventosas y árboles jóvenes, 3. quemar y 4. aplicar herbicidas.

Se ha propuesto entonces un manejo integral de *S. campanulata*, que incluye los métodos de corte y rocío, anillamiento de corteza, corte de tocón, extracción manual y mecánica (Brown y Daigneault, 2014). El método llamado corte y rocío (hack-and-squirt), se basa en realizar una serie de cortes hacia abajo de la planta, alrededor de la circunferencia del tronco. Los cortes deben realizarse lo más cercano al nivel del suelo, con al menos un corte cada 10 cm del diámetro del tronco. Cada corte debe ser de 1 cm a 3 cm de largo. Usando una pistola de inyección, se aplica glifosato al 100% en todas las cortadas, con una relación de 10 mililitros por cada 10 cm del diámetro a la altura del pecho. Este procedimiento matará gradualmente al árbol, pero puede durar hasta dos años en completarse (Brown y Daigneault, 2014).

El método de anillamiento de corteza (ring-barking), requiere cortar a través de la corteza exterior e interior, y los tejidos del cambium y floema (no el xilema), removiendo de 30 a 50 cm alrededor del árbol; con esto se evita el paso de nutrientes, causando la muerte del árbol de las raíces hacia arriba. Este método necesita un tiempo largo, pero la ventaja es que no requiere del uso de herbicidas. El método de corte de tocón (cut-stump) se puede utilizar para árboles jóvenes y pequeños. El tronco se remueve por completo con una motosierra, horizontalmente y lo más cercano al suelo (el tocón resultante no debe ser mayor de 5-10 cm por encima del nivel del suelo). Inmediatamente después se aplica un herbicida por encima del tocón recién cortado, prestando atención a la capa del cambium.

Un herbicida adecuado es Glifosato, con una a cinco partes de agua y puede ser aplicado con un rociador o una brocha de pintar. El glifosato también se puede aplicar a la capa del cambium al 100%, con una aplicación adecuada utilizando una jeringa. Los troncos cortados deben ser apilados, preferentemente fuera del suelo, para evitar que echen raíces y vuelvan a crecer. Para prevenir una segunda invasión, los troncos y el área deben ser monitoreados cada dos semanas y cualquier plántula debe ser removida inmediatamente (Brown y Daigneault, 2014).

El método de remoción manual consiste en destruir las plántulas, retirándolas directamente con la mano, incluyendo las raíces. Las plántulas que se remuevan deberán dejarse fuera del suelo para que se sequen y mueran. Por último, la remoción mecánica puede utilizarse antes de la temporada de lluvias, y en suelos sin pendiente. Las zonas con plántulas o árboles pequeños son compactadas o cavadas en montones para ser quemadas, usando maquinaria pesada (Brown y Daigneault, 2014).

Se ha sugerido asimismo utilizar insectos del género *Xyleborus* como agente de control biológico. Estos insectos perforan la madera y sirven como vectores efectivos para introducir esporas del patógeno *Ceratocystis fimbriata*. Este control se utiliza en Escambray, Cuba, donde el área afectada por *S. campanulata* es de 60,000 hectáreas de bosque, plantaciones de café y áreas abandonadas (Labrada y Díaz, 2009).

Se ha reportado a *Colomerus spathodeae*, ácaro huésped específico de *S. campanulata*, el cual provoca necrosis en las plantas. Su introducción tiene el potencial de causar daño significativo a los árboles, y así reducir su habilidad competitiva y capacidad de germinación, por lo que puede ser un método de control biológico viable, efectivo y económico (Paterson *et al.*, 2017).

En Australia, se mencionan los siguientes métodos de manejo: método manual, donde los árboles jóvenes pueden ser retirados manualmente del suelo si éste se encuentra húmedo, mientras que los tocones de árboles caídos deben ser tratados con herbicidas, dadas sus habilidades de germinar por ventosas (DAF, 2016); método por herbicida, aunque no se tiene registrado un herbicida específico para el control de esta especie; con un permiso de

uso sin marcas (PER11463), se pueden usar varios herbicidas para el control de malezas ambientales en áreas no agrícolas, matorrales y bosques. Han propuesto la siguiente tabla, con aquellos herbicidas permitidos (Tabla 2).

Tabla 2. Herbicidas para el control del árbol Tulipán Africano, bajo PER11463, en Australia (DAF, 2016).

Situación	Herbicida	Tasa	Estado de registro	Comentarios
Áreas no agrícolas, áreas de servicio público o doméstico, áreas industriales y comerciales, bosques nativos/ matorrales, carreteras, caminos, lotes vacíos, tierras abandonadas, humedales, dunas y áreas costeras.	Tryclopir 200 g/L + picloram 100 g/L + Aminopirid 25g/L (Tordon® Regrowth Master)	1 L por 4 L de agua	APVMA permiso PER11463	Perforar, cortar o inyectar al tallo.
	Tryclopir 200 g/L + picloram 100 g/L (p. ej. Slasher®)	1 L por 4 L de agua	Expiración de permiso 30/06/2018	Perforar, cortar o inyectar al tallo.
	Tryclopir 200 g/L + picloram 100 g/L + Aminopirid 25g/L (Tordon® Regrowth Master)	50 mL por 1 L de agua		Cortar los tocones a menos de 10 cm por encima del suelo e inmediatamente: Pintar en el corte del tocón con el herbicida. Rociar en el corte del tocón. Tratamiento de seguimiento en los retoños.
	Tryclopir 200 g/L + picloram 100 g/L (p. ej. Slasher®)	50 ml por 1 L de agua		Cortar los tocones a menos de 10 cm por encima del suelo e inmediatamente: Pintar en el corte del tocón con el herbicida. Rociar en el corte del tocón. Tratamiento de seguimiento en los retoños.
	Tryclopir 240 g/L + picloram 120 g/L (p. ej. Access®)	1 L por 60 L de disel		Pintar los tocones inmediatamente después del corte o pinta o rociar la corteza basal.
	Glifosato 360 g/L (p. ej. Roundup®)	Sin diluir a 1 L por 2 L de agua a 1 ml por 2 cm de corte u hoyo		Perforar, cortar o inyectar al tallo.

6. Normatividad

A continuación, se resumen las leyes, normas y regulaciones emitidas en los diferentes países con respecto a la exclusión, prohibición, restricción o autorizaciones para la introducción, de *Spathodea campanulata*. Las localidades para hacer la búsqueda se obtuvieron de CABI y GRIIS, además de nuestra base de datos de este reporte.

CABI. 2018d. *Spathodea campanulata* [original text by Ulissa Rojas-Sandoval, Department of Botany-Smithsonian NMNH, Washington DC, USA. Pedro Acevedo-Rodríguez, Department of Botany-Smithsonian NMNH, Washington DC, USA]. In: Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International.

<https://www.cabi.org/ISC/datasheet/51139>

GRIIS: Global register of introduced and invasive species.

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

En México existen actualmente algunos recursos bibliográficos donde se considera a *Spathodea campanulata* 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>

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

6.1 Legislación Mexicana

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

6.2 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 África, quarantine species of África, list pest of África, list weeds of África, list invasive plants of África.

Países que la consideran Exótica o Invasora

Archipiélago Comoros

Considerada como invasora en Grande Comore, Anjouan, Mayotte and Mohéli y considerada como una de las 8 especies de plantas altamente problemáticas. Main Invasive Woody Plant Species in The Comoros Archipelago Vos, P. 2004. Case Studies on the Status of invasive Woody Plant Species in the Western Indian Ocean: 2. The Comoros Archipelago (Union of the Comoros and Mayotte). Forest Health & Biosecurity Working Papers FBS/4-2E. Forestry Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

<http://www.fao.org/forestry/6840-01e58d615e21ce78bf8146b4afa8d54cd.pdf>

Australia

En Australia, el tulipán africano es una planta invasora restringida bajo el Acto de Bioseguridad 2014 (Biosecurity Act, 2014), por lo que está prohibido regalar, vender o liberar al ambiente sin un permiso. El Acto exige que todos tomen medidas razonables y

prácticas para minimizar el riesgo asociado con la invasión de plantas y animales bajo su control. A ello se le llama una obligación de bioseguridad general (GBO). Se requiere que, a nivel local, cada gobierno cuente con un plan de bioseguridad que cubra plantas y animales invasores en su área. El plan puede incluir acciones para determinadas especies y algunas de estas acciones requieren de leyes locales (DAF, 2016).

Considerada como hierba con categoría: maleza 1A, 2A, 3 y 5. The introduced flora of Australia and its weed status. CRC for Australian Weed Management. Department of Agriculture and Food, Western Australia.

Categorías:

- 1: Esta planta ha sido registrada como una maleza del entorno natural.
- 2: Esta planta ha sido registrada como que se puede escapar de los cultivos.
- 3: Esta planta ha sido registrada como una maleza de la agricultura.
- 5: Esta planta ha sido registrada como una especie invasora. Este es el criterio más serio que puede aplicarse a una planta y se utiliza generalmente para malas hierbas ambientales y / o agrícolas de alto impacto que se propagan rápidamente y muchas veces crean monocultivos.

Considerada como invasora con la categoría C3, maleza controlada regionalmente. Noxious weed list for Australian states and territories, Invasive plants and animals committee. Pest Plants and Animals (Pest Plants) Declaration 2015 (No 1).

Para mayor información de la legislación ver las ligas de abajo:

<http://weeds.ala.org.au/docs/weednet6.pdf>

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

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

<http://weeds.ala.org.au/noxious.htm>

https://www.une.edu.au/_data/assets/pdf_file/0019/52372/2007.-The-introduced-flora-of-Australia-and-its-weed-status.pdf

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

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

https://www.daf.qld.gov.au/_data/assets/pdf_file/0007/52846/IPA-African-Tulip-Tree-PP64.pdf

Queensland

Considerada como plantas invasoras restringidas con Categoría 3. Biosecurity Act 2014, Restricted Invasive Plants of Queensland.

https://www.daf.qld.gov.au/_data/assets/pdf_file/0004/383818/IPA-Restricted-plants-of-Qld.pdf

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

https://www.daf.qld.gov.au/_data/assets/pdf_file/0007/52846/IPA-African-Tulip-Tree-PP64.pdf

Bahamas

Considerada como especie invasora en el listado de especies recomendadas para control. The National Invasive Species Strategy for The Bahamas. The Bahamas Environment, Science and Technology (BEST) Commission, Ministry of Health and Environment in conjunction with the British High Commission, Nassau, The Bahamas

<http://www.friendsoftheenvironment.org/wp-content/uploads/2012/08/Bahamas-National-Strategy-for-Invasive-Species.pdf>

Considerada como invasora. Critical situation analysis (csa) of invasive alien species (ias) status and management, the Bahamas. 2013. Under the project, Mitigating the Threats of Invasive Alien Species in the Insular Caribbean. Department of marine resources, ministry of agriculture, marine resources and local government, Nassau, the Bahamas.

http://www.ciasnet.org/wp-content/uploads/2013/10/CSA-Bahamas-2013_Final.pdf

Considerada como invasora con categoría 14 de alto riesgo. Big Island Invasive Species Committee (BIISC).

<http://www.biisc.org/?s=Spathodea+campanulata>

Considerada como exótica invasora. Invasive Alien Species Database for Caribbean Región.

<http://www.ciasnet.org/wp-content/uploads/2012/11/IAS-in-the-Caribbean-Database-.pdf>

Bolivia

Considerada como especie invasora. Listado de especies incluidas en el relevamiento preliminar. Establecimiento en Bolivia de bases de datos sobre especies exóticas invasoras, como parte de la Red Interamericana de Información en Biodiversidad, –IABIN. Informe Final técnico y financiero.

[http://www.oas.org/dsd/iabin/component2/Bolivia/I3N-UMayordeSanAndres/Template_Informe_Final\[IE\].pdf](http://www.oas.org/dsd/iabin/component2/Bolivia/I3N-UMayordeSanAndres/Template_Informe_Final[IE].pdf)

Brasil

Considerada como especie invasora de riesgo alto en el listado de plantas analizadas por el protocolo I3N (2007-2008). Base de Datos de Invasiones Biológicas en Brasil. I3N Invasives Information Network. Inter-American Biodiversity Information Network IABIN, Organización de Estados Americanos. La Red Interamericana de Información sobre Biodiversidad (IABIN) fomenta la colaboración técnica y la coordinación entre los países de las Américas en la recopilación, el intercambio y el uso de información sobre biodiversidad relevante para la toma de decisiones y políticas sobre conservación y desarrollo de recursos naturales.

<https://institutohorus.org.br/analise-de-risco-para-especies-exoticas/analise-de-risco-para-plantas-exoticas-2/>

<http://www.institutohorus.org.br/download/AR%20Plantas%20I3N/AR%20Spathodea%20campanulata%20I3N.pdf>

Considerada en el Listado B: especies sin información suficiente para categorización. Reconhece a Lista de Espécies Exóticas Invasoras do Estado do Rio Grande do Sul e demais classificações, estabelece normas de controle e dá outras providências. Portaria SEMA nº 79 DE 31/10/2013. Governo do Estado do Rio Grande do Sul Brasil, Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável Projeto RS Biodiversidade. Estratégias e políticas públicas para o controle das espécies exóticas invasoras / Instituto Hórus. Consultoria técnica de Sílvia Ziller. 1ª. ed. - Porto Alegre: Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler, 2016.

<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/bra139328.pdf>

<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201706/28164322-exoticas-invasoras-versaodigital.pdf>

Colombia

Considerada como establecida. Cardenas López, D.; Castaño Araboleda, N.; Cárdenas-Toro, J. Plantas introducidas, establecidas e invasoras en Amazonia colombiana. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas –Sinchi-, 2011.

<https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/invasoras%20final%20web.pdf>

Considerada como invasora con riesgo moderado. Catálogo de especies invasoras del territorio CAR. Corporación autónoma regional de Cundinamarca – CAR. Mora-Goyes M.F. & J.I. Barrera-Cataño. 2015. Catálogo de especies invasoras del territorio CAR. Pontificia Universidad Javeriana, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. Bogotá, D.C.

Baptiste M.P., Castaño N., Cárdenas D., Gutiérrez F. P., Gil D.L. & Lasso C.A. (eds). 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 200 p.

<https://www.car.gov.co/uploads/files/5b451c903677d.pdf>

<http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31384/191.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Comoros

Considerada dentro de las 16 principales especies invasoras de plantas leñosas altamente problemáticas y que deben tener prioridad en el manejo. Para información sobre su control ver la liga. Case Studies on the Status of Invasive Woody Plant Species in the Western Indian Ocean. Forestry Department Food and Agriculture Organization of the United Nations.

<http://www.fao.org/forestry/6845-01e58d615e21ce78bf8146b4afa8d54cd.pdf>

Costa Rica

Considerada como planta exótica en el listado de especies exóticas de Costa Rica. Estrategia Nacional de Biodiversidad de Costa Rica 2016-2025. III Informe de País Implementación del Convenio Sobre la Diversidad Biológica (CDB).

<http://enbcr.org/27-al-2018-el-pais-tiene-definida-una-lista-de-especies-invasoras-prioritarias-para-desarrollar-protocolos-y-medidas-de-gestion>

<http://enbcr.org/al-2025-se-caracterizan-especies-invasoras-de-mayor-amenaza-y-establecen-medidas-para-erradicarlas-yo-prevenir-su-introduccion>

<https://www.cbd.int/doc/world/cr/cr-nr-03-p2-es.pdf>

Cuba

Considerada como invasora en la categoría dentro de las 100 especies más dañinas en el documento: Lista nacional de plantas invasoras de Cuba-215, Programa Diversidad Biológica - CITMA/AMA.

<http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/520/3/Lista%20nacional%20de%20especies%20de%20plantas%20invasoras%20y%20potencialmente%20invasoras%20en%20la%20Rep%C3%ABblica%20de%20Cuba%20-%202011.pdf>

Considerada como planta exóticas invasoras de mayor prioridad para trabajar intensamente, considerando su alta agresividad en diferentes ecosistemas cubanos. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. (2009). IV Informe nacional al Convenio sobre la diversidad biológica.

<https://www.cbd.int/doc/world/cu/cu-nr-04-es.pdf>

Considerada como exótica. Invasive Alien Species Database for Caribbean Region.

<http://www.ciasnet.org/wp-content/uploads/2012/11/IAS-in-the-Caribbean-Database-.pdf>

Ecuador

Considerada en el listado de especies exóticas invasoras presentes en Isla Santa Cruz, Ecuador. Ministerio del Ambiente de Ecuador. 2010. IV Informe Nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Quito.

<https://www.cbd.int/doc/world/ec/ec-nr-04-es.pdf>

Estados Unidos de América (EUA)

Considerada introducida, invasiva y planta exótica. NRCS Invasive Species Policy Invasive Species Executive Order 13112.

<https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=SPCA2>

<https://plants.usda.gov/java/invasiveOne>

Fiji

Considerada como especie invasora. Invasive species initiative. Considerada dentro del listado de mayor especies exóticas invasoras. Bioinvasión and Global Environmental Governance: The Transnational Policy Network on Invasive Alien Species Fiji's Actions on IAS.

<http://www.invasivespeciesinitiative.com/from-the-field/2015/8/18/invasive-species-spotlight-african-tulip-tree>

<https://www.cbd.int/invasive/doc/legislation/Fiji.pdf>

Considerada en el listado preliminar de plantas invasoras de Fiji. Meyer, J. Y. (2000). Preliminary review of the invasive plants in the Pacific islands (SPREP Member Countries). Invasive species in the Pacific: a technical review and draft regional strategy, 85.
http://www.pacificinvasivesinitiative.org/site/pii/files/resources/publications/other/invasivespecies_in_the_pacific_a_technical_review_and_draft_regional_strategy.pdf

Guatemala

Considerada en la lista blanca de especies exóticas (no tienen ningún potencial invasor y han estado por mucho tiempo ligadas al ser humano). CONAP-Reglamento de Especies Exóticas e Invasoras de Guatemala Documento Técnico (79-2010). Consejo Nacional de Áreas Protegidas.

<https://www.cbd.int/invasive/doc/meetings/isaem-2015-01/DECISION%20SUPPORT%20TOOLS/iasem-guatemala-dst-04-esp.pdf>

Islas Atlántico Norte

Considerada como especie invasora de bajo riesgo para la Región Báltica. NOBANIS. (2015). Invasive Alien Species: Pathway Analysis and Horizon Scanning for Countries in Northern Europe. Nordisk Ministerråd.
<https://www.nobanis.org/globalassets/nobanis-projects/invasive-alien-species---pathway-analysis-and-horizon-scanning-for-countries-in-northern-europe.pdf>

Islas Mariana

Considerada como planta exótica invasora en la Mancomunidad de las Islas Marianas del Norte. Invasive Alien Species in the Austral-Pacific Region. Prevention and Management of Invasive Alien Species: Forging Cooperation throughout the Austral Pacific.
<http://www.issg.org/pdf/publications/GISP/Resources/AP-1.pdf>

Jamaica

Considerada como especie exótica invasora. The Institute of Jamaica is an agent of the Ministry of Tourism, Entertainment and Culture. Naturalised and invasive alien plant species in the Caribbean Netherlands: status, distribution, threats, priorities and recommendations.

<http://www.jamaicachm.org.jm/Biodiversity/intro.asp>

<http://edepot.wur.nl/198282>

<http://www.oas.org/dsd/iabin/component2/Jamaica/I3N-InstituteOfJamaica/Poster.pdf>

Niue

Considerada como invasora y priorizado como la especie invasora más nociva en Niue. Invasive Alien Species in the Austral-Pacific Region. Prevention and Management of Invasive Alien Species: Forging Cooperation throughout the Austral Pacific.

<http://www.issg.org/pdf/publications/GISP/Resources/AP-1.pdf>

Nueva Caledonia

Considerada como especie invasora con la categoría 3 en el listado de 70 espèces exotiques envahissantes classées prioritaires en Nouvelle-Calédonie. Considerada como prohibida para la importación. Informations complémentaires sur les 70 espèces exotiques envahissantes classées prioritaires en Nouvelle-Calédonie Stratégie de lutte contre les EEE dans les espaces naturels de Nouvelle-Calédonie (NC) – Mai 2018

<http://www.cen.nc/documents/22209/82570/Liste+illustr%C3%A9e+des+70+EEE+class%C3%A9es+prioritaires+en+Nouvelle-Cal%C3%A9donie/02d80308-5d45-4289-8733-0d4bfbab759b?version=1.0>

<http://www.cen.nc/documents/22209/82570/Informations+compl%C3%A9mentaires+sur+les+70+EEE+%C3%A9tablies+prioritaires/1e731c3d-c098-466c-b2af-008e735a3c33?>

<http://www.cen.nc/documents/22209/82570/Liste+des+Esp%C3%A8ces+Exotiques+Envahissantes+en+NC/34b06133-a2fa-44e4-b5e1-1026c4474ce6?version=1.0>

<http://www.cen.nc/documents/22209/82570/New+Caledonia+strategy+for+Invasive+Alien+Species/d060f74b-5b5d-411d-bf39-211f6d008239?version=1.0>

http://www.cen.nc/recherche?p_p_id=3&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_3_struts_action=%2Fsearch%2Fsearch&_3_redirect=%2F&_3_keywords=Spat+hodea+campanulata&_3_groupId=0

http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers17-03/010069227.pdf

<http://especies-envahissantes-outremer.fr/wp-content/uploads/2018/03/strategie-de-lutte-contre-les-eee-en-nouvelle-caledonie-2017.pdf>

Palau

Considerada como especie de mayor invasión en Palau. Bioinvasión and Global Environmental Governance: The Transnational Policy Network on Invasive Alien Species Palau's Actions on IAS. Republic of Palau. National Biodiversity Strategy and Action Plan

<https://www.cbd.int/invasive/doc/legislation/Palau.pdf>

<https://www.cbd.int/doc/world/pw/pw-nbsap-01-en.pdf>

Paraguay

Considerada como invasora. Proyecto Base de Datos de Especies Invasoras del Paraguay.

[http://www.oas.org/dsd/iabin/component2/Paraguay/I3N-](http://www.oas.org/dsd/iabin/component2/Paraguay/I3N-GuyraParaguay/InformeFinal.pdf)

[GuyraParaguay/InformeFinal.pdf](http://www.oas.org/dsd/iabin/component2/Paraguay/I3N-GuyraParaguay/InformeFinal.pdf)

Polinesia Francesa

Considerada como invasora en la lista de especies que amenazan la biodiversidad de la Polinesia Francesa. Direction de l'environnement de la Polynésie Française.

Medidas de prevención:

Estas especies se mueven de una isla a otra, principalmente a través del hombre. Existen precauciones para evitar su propagación:

-No compre / venda especies invasoras (Lantana, tortuga de Florida, ...)

-Para enviar plantas a las islas, transpórtelas con raíces desnudas y después del tratamiento por parte del Servicio de Fitosanitarios de SDR (Motu Uta o Aeropuerto de Faaa).

-Limpie sus zapatos y equipo de senderismo antes de ir a otra isla

- Inspeccionar los materiales de construcción antes del envío a las islas: presencia de hormigueros entre tablas de madera, ratas en tuberías y cartón, semillas en agregados ...
- Limpie la maquinaria de construcción después de cada sitio de construcción
- No transfiera el suelo contaminado (movimiento de tierras) a un área no lesionada
- No transfiera objetos almacenados afuera, desde un área contaminada a un área no contaminada, sin haberlos inspeccionado o pretratado.
- Informar a DIREN de cualquier comportamiento de riesgo que pueda haber observado
- Informar al personal de la empresa de transporte si una especie invasora "ilegal" (aves, ratas, caracoles) está presente en un barco o avión.

<https://www.service-public.pf/diren/prevenir/especes-envahissantes/>

<http://www.cen.nc/documents/22209/84851/Les+Plantes+envahissantes+en+Polyn%C3%A9sie+fran%C3%A7aise/61840d61-044e-412e-85b6-cd29e234c506?version=1.0>

Región Báltica

Considerada como especie invasora de bajo riesgo para la Región Báltica. NOBANIS. (2015). Invasive Alien Species: Pathway Analysis and Horizon Scanning for Countries in Northern Europe. Nordisk Ministerråd.

<https://www.nobanis.org/globalassets/nobanis-projects/invasive-alien-species---pathway-analysis-and-horizon-scanning-for-countries-in-northern-europe.pdf>

Región Nórdica

Considerada como especie invasora de riesgo medio para la Región Nórdica. NOBANIS. (2015). Invasive Alien Species: Pathway Analysis and Horizon Scanning for Countries in Northern Europe. Nordisk Ministerråd.

<https://www.nobanis.org/globalassets/nobanis-projects/invasive-alien-species---pathway-analysis-and-horizon-scanning-for-countries-in-northern-europe.pdf>

República Dominicana

Considerada como invasora. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana.

<http://ambiente.gob.do/especies-invasoras/>

<http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/Especies-Exoticas-Invasoras.pdf>

<http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/Analisis-Situacion-Critica.pdf>

<http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/Estretega-Nacional.pdf>

Reunión

Considerada como especie exótica invasora con categoría 3. Especies exóticas invasoras solo en ambientes antropizados, es decir, perturbadas regularmente por actividades humanas: distribución espacial relativamente grande, poblaciones grandes, densidades más o menos densas (por ejemplo, malezas de cultivos, malezas y ruderal). Groupe Espèces Invasives de La Réunion, Direction de l'Environnement. No se encontró legislación para la especie.

<https://www.especiesinvasives.re/especies-invasives/>

<https://www.especiesinvasives.re/especies-invasives/especies-potentiellement-invasives/>

[https://www.especiesinvasives.re/especies-invasives/especies-potentiellement-](https://www.especiesinvasives.re/especies-invasives/especies-potentiellement-invasives/?recherche=Spathodea+campanulata)

[invasives/?recherche=Spathodea+campanulata](https://www.especiesinvasives.re/especies-invasives/especies-potentiellement-invasives/?recherche=Spathodea+campanulata)

[\[\\[23.xls\\]\\(https://www.especiesinvasives.re/spip.php?action=acceder_document&arg=1345&cle=dd7c44c1e6990a0db2a7ee2da472823728197a2a&file=xls%2FGBPHP>Liste Flore EEE 1808\\)\]\(https://www.especiesinvasives.re/spip.php?action=acceder_document&arg=1345&cle=dd7c44c1e6990a0db2a7ee2da472823728197a2a&file=xls%2FGBPHP>Liste Flore EEE 1808</p></div><div data-bbox=\)](https://www.especiesinvasives.re/spip.php?action=acceder_document&arg=1345&cle=dd7c44c1e6990a0db2a7ee2da472823728197a2a&file=xls%2FGBPHP>Liste Flore EEE 1808</p></div><div data-bbox=)

Salvador

Considerada como exótica con potencial a convertirse en invasora, Bosque Los Pericos Parque del Bicentenario, El Salvador. Inventario de Flora Vascular Área Natural Protegida El Espino – Bosque Los Pericos Parque del Bicentenario. Inventario de Flora Vascular Área Natural Protegida El Espino – Bosque Los Pericos Parque del Bicentenario.

http://www.salvanatura.org/wp-content/uploads/2015/08/INVENTARIO-FLORA-VASCULAR_PDB_MLQ-2012.pdf

Samoa Americana

Considerada como especie introducida que es invasiva en otros lugares, y que también es considerada invasiva o potencialmente invasiva en Samoa Americana. Observations on invasive plant species in American Samoa. US Forest Service, Pacific Island Ecosystems at Risk (PIER). (2013). Pacific Island Ecosystems at Risk (PIER) (<http://www.hear.org/pier/>)
http://www.hear.org/pier/pdf/american_samoa_report.pdf

Considerada en el listado preliminar de plantas invasoras de Samoa Americana y Samoa. Meyer, J. Y. (2000). Preliminary review of the invasive plants in the Pacific islands (SPREP Member Countries). Invasive species in the Pacific: a technical review and draft regional strategy, 85.

http://www.pacificinvasivesinitiative.org/site/pii/files/resources/publications/other/invasivespecies_in_the_pacific_a_technical_review_and_draft_regional_strategy.pdf

Samoa Occidental

Considerada como invasora en el listado de especies de plantas y animales de prioridad invasiva o potencialmente invasiva en Samoa, con la categoría de invasividad de transformar, las especies que transforman o potencialmente transforman los entornos en los que se introducen plantean la mayor amenaza para los ecosistemas.

<https://www.sprep.org/att/IRC/eCOPIES/Countries/Samoa/198.pdf>

Seychelles

Considerada como potencialmente invasora. Status and Management of Alien Invasive Species. Improving management of NGO and privately-owned Nature Reserves and high biodiversity islands in Seychelles.

<http://www.natureseychelles.org/knowledge-centre/scientific-papers-database/scientific-papers/42-status-of-invasive-species-on-cousine-and-cousin-islands-seychelles/file>

Suazilandia

Considerada como invasora. Swaziland's Alien Plants Database. Swaziland National Trust Commission.

<http://www.sntc.org.sz/alienplants/speciesinfo.asp?spid=350>

<http://www.sntc.org.sz/backup/index.asp>

Sudáfrica

Considerada como invasiva, se encuentra dentro del listado: Alien Invasive Plants List For South África categoría 3 prohibida. Las especies invasoras incluidas en la lista son especies que se enumeran mediante notificación en términos de la sección 70 (1) (a) de la Ley, como especies que están sujetas a exenciones en términos de la sección 71 (3) y prohibida en términos de la sección 71A de La Ley, como se especifica en el Aviso. Cualquier especie de planta identificada como especie invasora con Categoría 3 que se presente en áreas ribereñas, para los propósitos de estas regulaciones, debe considerarse una especie invasora de Categoría 1b y debe ser manejada de acuerdo con la regla 3.

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 de medio ambiente 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.

National Environmental Management: Biodiversity Act, (NEMBA) (2014). Government Gazette, 12 February 2014. 584, No. 37320: Southern African Plant Invaders Atlas (SAPIA) (2014). SAPIA News. 33.

<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

Tailandia

Considerada como invasora dentro de las 100 especies invasoras más dañinas del mundo.

Management of Invasive Alien Species in Thailand. Food and Fertilizer Technology Center.

<http://www.fftc.agnet.org/library.php?func=view&id=20110718163847>

Considerada como especie invasora. Global invasive plants in Thailand and its status and a case study of *Hydrocotyle umbellata* L. Zungsontiporn, S. Weed Science Group, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok, Thailand.

http://en.fftc.org.tw/htmlarea_file/activities/20110826121346/paper-615244292.pdf

Vanuatu

Considerada como planta invasora moderada y de prioridad. Introduced INVASIVE SPECIES- (Vanuatu) ANIMALS Preliminary list of invasive animals in Vanuatu. Department of Environmental Protection and Conservation. Vanuatu - National Invasive Species Strategy and Action Plan 2014 - 2020

<https://www.sprep.org/att/IRC/eCOPIES/Countries/Vanuatu/52.pdf>

7. Resultados del análisis de riesgo de *Spathodea campanulata*

A continuación, se presenta la justificación y las referencias consideradas para cada pregunta dentro del análisis de riesgo WRA (Weed Risk Assessment; Pheloung, 1995; Pheloung *et al.*, 1999) con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.* (2010) para *Spathodea campanulata* (ver Apéndice 1):

Historia/Biogeografía

1. Domesticación/Cultivo

1.01. ¿Es una especie domesticada?

R= No (0). *S. campanulata* se ha transportado como especie de ornato y como árbol de sombra en parques y plantaciones de café, además se ha utilizado con fines medicinales tradicionales (Francis, 1990; Niyonzima *et al.*, 1999; Larrue *et al.*, 2016; Sutton *et al.*, 2017) (ver Usos y comercialización, Rutas de Introducción). Se le encuentra en cualquier sitio humanizado agrícola; se le considera una maleza agrícola con efectos económicos, y puede escapar de los cultivos; es una especie considerada como maleza invasora (Randall, 2012).

2. Clima y Distribución

2.01. Especie adecuada a climas en México

R= Sí (2). Alta, de acuerdo a los registros, hay una gran variedad de climas donde *S. campanulata* crece actualmente en México. De acuerdo a la modelación y al análisis de similitud climática realizados se puede ver una alta adecuación a los climas en una gran parte de México (Anexo 2, cuadros 1, 2). En México, con base en los registros del proyecto, se presenta en climas del tipo tropical seco o de sabana con verano seco, tropical seco o de sabana con invierno seco, semiárido cálido, oceánico mediterráneo, templado con invierno seco, tropical monzónico, Ecuatorial o tropical húmedo, árido seco. De acuerdo a las modelación que realizamos, el riesgo de invasión por similitud climática es alto en la mayor parte del Pacífico desde Sonora hasta Chiapas, en el Golfo de México y toda la península de

Yucatán. *S. campanulata* ocurre en sitios con una variedad de climas, sobre todo tropicales (CABI, 2018d), pero puede presentarse en zonas áridas como en La Paz, B.C.S.

2.02. Calidad de la similitud climática

R= Alta (2). Basado en el alto número de registros de distribución nativa e introducida de *S. campanulata*, la distribución de la planta presenta una alta coincidencia con climas similares de México (ver modelos de similitud climática, Fig. 4 dentro de Apéndice 2).

2.03. Especie adaptable a un rango ambiental muy amplio

R= Sí (1). *S. campanulata* tiene tolerancias climáticas amplias en ambientes tropicales pero también templados, sobre todo en zonas de humedales, creciendo a diversas altitudes, de los 0 a los 2,000 msnm, tanto en su rango nativo como de invasión (Francis, 1990; Meyer, 2004; Labrada y Díaz, 2009; Larrue *et al.*, 2016). En su zona nativa crecen en sitios con temperaturas uniformes, donde la temperatura media del mes más frío es de alrededor de 27°C y la del mes más caliente alrededor de 30°C (Francis, 1990). El árbol es tolerante a la sequía y crece bien en áreas que reciben cantidades anuales de lluvia desde 250 a 1,500 mm (Jahn *et al.*, 1986). En México, *S. campanulata* crece en climas variados (ver 2.01). Además, analizando los registros que se obtuvieron 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 *S. campanulata* se le encuentra en climas del tipo tropical seco o de sabana con invierno seco, tropical monzónico, ecuatorial o tropical húmedo, templado con invierno seco, subtropical con invierno seco, subtropical sin estación seca verano cálido, oceánico mediterráneo. De acuerdo a los registros del área invadida, los climas van del tipo tropical seco o de sabana con verano seco, tropical seco o de sabana con invierno seco, tropical monzónico, semiárido cálido, oceánico mediterráneo, oceánico verano suave, templado con invierno seco, ecuatorial o tropical húmedo, subtropical con invierno seco, subtropical sin estación seca con verano cálido (Tabla 1 dentro de Apéndice 2). Es decir, que la especie tiene un alto grado de versatilidad ambiental.

2.04. Nativo o naturalizada en hábitats con periodos extensivos de sequía

R= Sí (1). *S. campanulata* tiene tolerancia a ambientes de estrés como sequía y salinidad (Labrada y Díaz, 2009; Larrue *et al.*, 2016). En su distribución nativa ocurre en sitios con abundante precipitación, pero puede sobrevivir en áreas con temporadas secas de hasta tres meses. Si es plantado, puede permanecer en áreas con un mínimo de 1,000 mm de precipitación media anual (Francis, 1990; Larrue *et al.*, 2016). En México, de acuerdo a los registros de la base de datos, se encuentra en sitios con sequías prolongadas, tales como los estados de Baja California Sur, Campeche y Chihuahua (de acuerdo a datos del SMN; Apéndice 3).

2.05. Hay evidencia de introducciones repetidas fuera de su rango de distribución natural?

R= Sí. Fue introducido en 1915 como un árbol ornamental en Hawai, EUA (Larrue *et al.*, 2014) y durante los años 30s en distintas islas del Pacífico, encontrándose en islas como Samoa americana, Commonwealth al norte de las islas Marianas, islas Cook, Estados federales de Micronesia, Fiji, Polinesia Francesa, Guam, Hawai, Nauru, Malasia, islas Marshall, Niue, Palau, Samoa, Tonga, Vanuatu, Wallis y las islas Futuna, Australia y Tahiti (Smith, 1985; Labrada & Díaz, 2009; Keppel & Watling, 2011; Brown & Daigneault, 2014; Pouteau *et al.*, 2015; Larrue *et al.*, 2016); las poblaciones de *S. campanulata* y de la subespecie *S. campanulata aurea* introducidas en las islas del Pacífico son originarias de África (Paterson & Orapa, 2011; Sutton *et al.*, 2017). En Sri Lanka se introdujo en 1873 proveniente de África occidental (Labrada & Díaz, 2009; Rakaganno, 2005), en India a finales del siglo XIX (Tudge, 2005). En la década de los 40s fue introducido en varios países de Latinoamérica y el Caribe (Labrada & Díaz, 2009). La primer colecta botánica de *S. campanulata* en México fue en 1952 (University of Michigan Herbarium, 2019).

3. Maleza en cualquier sitio

3.01. Naturalizado fuera de su rango nativo de distribución

R= Sí (2). *S. campanulata* es considerada como una maleza, naturalizada e invasora (Randall, 2012; NRCS USDA, 2019d). Es una especie naturalizada en Florida y Hawai, en las islas del archipiélago de Polinesia Francesa y las islas del Pacífico (Pouteau *et al.*, 2015) y en países intertropicales como Colombia, Cuba, Jamaica, Puerto Rico, Costa Rica, Santa Cruz Isla

Galápagos, Guatemala, República Dominicana, Panamá, Sri-Lanka (Francis, 1990; Abelleira-Martínez, 2008; Labrada y Díaz, 2009) (ver Estatus y base de datos del proyecto).

3.02. Maleza de jardines o de espacios de uso público urbano

R= No (0). No hay evidencia clara, a pesar de que se considera que puede invadir lotes urbanos baldíos (Francis, 1990). Es popular en Queensland, Australia, como árbol ornamental en jardines y calles, debido a sus llamativas flores rojas, en forma de tulipanes (DAF, 2016). En Brasil se usa comúnmente en silvicultura urbana (Trigo y Santos, 2000). Lo anterior no impide que pueda escapar desde las zonas urbanas a las zonas de cultivo aledañas.

3.03. Maleza agrícola, hortícola o forestal

R= Sí (4). *S. campanulata* se cultiva como árbol de sombra para plantaciones de café (Francis, 1990; Rojas-Rodríguez y Torres-Córdoba, 2009), y a partir de aquí invade con frecuencia pastizales y siembras con plantas perennes (Francis, 1990). Sus características de invasión, combinando la dispersión de semillas por el viento y la propagación vegetativa, han permitido que el tulipán africano escapara rápidamente, por lo que ahora domina tierras perturbadas, incluyendo zonas de agricultura y plantaciones forestales (Brown y Daigneault, 2014). Se le considera como una planta que ha escapado de cultivos forestales, y como una maleza agrícola con efectos económicos; se le encuentra en cualquier sitio humanizado agrícola (Randall, 2012).

3.04. Maleza ambiental (campo)

R= Sí (4). Se le considera una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos (Randall, 2012; NRCS USDA, 2019d). *S. campanulata* se categoriza entre las 100 peores especies invasoras en el mundo (Lowe *et al.*, 2004). Sus características de invasión le han permitido expandirse y dominar ecosistemas naturales (Brown y Daigneault, 2014), por lo que puede establecerse en bosques naturales, en áreas del bosque de pino y bosques primarios (Labrada y Díaz, 2009; ver Ecología). En la costa de Queensland, Australia, el tulipán africano se ha convertido en un serio problema de maleza, donde son altamente invasivos y forman densas matas de árboles en barrancos y a lo largo de ríos (DAF, 2016). Se le considera una

maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos, siendo una maleza dañina que la gente debe controlar (Randall, 2012).

3.05. Relación filogenética cercana con especies de malezas

R= No (0). No tiene relación filogenética con otras especies que sean consideradas malezas.

Biología/Ecología

4. Rasgos indeseables

4.01. Produce espinas, o estructuras ganchudas

R= No (0). No presentan estas estructuras (ver apartado de Descripción de la especie).

4.02. Alelopática

R= No (0). No existen en la literatura artículos que indiquen claramente que se presenta esta actividad en *S. campanulata*. Al analizar los efectos alelopáticos de distintas plantas medicinales, utilizando hojarasca contra un control de lechuga (*Lactuca sativa*), un experimento mostró que *S. campanulata* presenta efectos de promoción en el crecimiento de radículas e hipocótilo de lechuga cuando se utilizaron 10 mg de hojarasca de esta planta; pero al incrementar a 50 mg de hojarasca, *S. campanulata* mostró efectos inhibitorios en el crecimiento de la radícula de lechuga, aunque no en el hipocótilo. Concluyendo que *S. campanulata* presentó una mínima actividad alelopática, dependiente de la cantidad de hojarasca (Fuji *et al.*, 2003).

4.03. Parásita

R= No (0). No existen evidencias de que *S. campanulata* sea parásita. Es una planta de crecimiento arbóreo (ver apartado de Descripción de la especie).

4.04. No adecuado para animales de pastoreo

R= No (-1). Las plántulas de *S. campanulata* en pastizales son objeto del pastoreo por el ganado y otras especies herbívoras salvajes y domésticas (Francis, 1990)

4.05. Tóxica a animales

R= No (0). No hay registros de que *S. campanulata* sea tóxica para animales; si sus plántulas son pastoreadas, puede considerarse no tóxica. Asimismo, un gran número de especies de fauna se asocian a los bosques de *S. campanulata* y consumen sus frutos (Abelleira-Martínez, 2008). Inclusive la especie de periquito introducida en Puerto Rico *Aratinga chloroptera* se ha encontrado alimentándose de sus frutos, pelando las semillas de las vainas y consumiendo los cotiledones (Abelleira-Martínez, 2008). En India, se ha observado a aves dispersoras, como *Acridotheres tristis*, *A. duscus*, *Corvus splendens*, *C. macrorhynchos* y *Psitacula krameri*, alimentándose de las semillas al romper los frutos maduros (Rangaiah *et al.*, 2004).

4.06. Hospedero de plagas o patógenos reconocidos

R= No (0). No hay registros de que *S. campanulata* sea hospedero de plagas o patógenos.

4.07. Causa alergias o es tóxico para los humanos

R= No (0). No se tienen reportes. En su área nativa es usada en la medicina tradicional y en otras regiones los usos diversos indican que la planta no produce elementos tóxicos, además no se han reportado alergias (Francis, 1990; Amusan *et al.*, 1996; Niyonzima *et al.*, 1999) (ver Impactos a la salud).

4.08. Crea un riesgo de incendio en sistemas naturales

R= No (0). No hay reportes.

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

R= Sí (1). Se ha reportado que las plántulas son capaces de crecer en ambientes con poca incidencia de luz, con una ganancia neta de carbón de $50 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$, indicando tolerancia a la sombra (Larrue *et al.*, 2016). Se ha encontrado que *S. campanulata* puede tener un banco de semillas a largo plazo con bajos niveles de luz, en un sotobosque con sombra; a lo anterior sigue una supervivencia relativa y un crecimiento lento bajo condiciones del bosque (Larrue *et al.*, 2014). Las semillas tampoco requieren de una alta incidencia solar para germinar; se ha reportado que la sombra o semi sombra de

plantaciones de café proveen de la luz más favorable para la germinación de sus semillas (Labrada y Díaz, 2009). Asimismo, se ha clasificado a los árboles jóvenes de *S. campanulata* como tolerantes a la sombra debido a que se han observado árboles jóvenes (<5 m) emergiendo de la capa arbustiva del sotobosque, en condiciones de sombra (Larrue *et al.*, 2014).

4.10 Crece en suelos de México

R= Sí (1). De acuerdo a los registros en la base de datos del proyecto, *S. campanulata* crece en México en suelos del tipo leptosol, regosol, phaeozem, vertisol, calcisol y gleysol (Apéndice 4). En la literatura se indica que crece en suelos ácidos o básicos, desde arenosos a arcillosos, con exceso de agua o poco drenados (Larrue *et al.*, 2016), aunque también puede ocurrir en suelos fértiles, bien drenados con abundante materia orgánica (Csurhes y Edwards, 1998). Puede colonizar incluso suelos muy erosionados (Francis, 1990).

4.11. Hábito trepador

R= No (0). El tulipán africano es un árbol (ver apartado de Descripción).

4.12. Crecimiento cerrado o denso

R= Sí (1). En las zonas que invade el tulipán africano, las plantas nativas son eliminadas por el efecto de sombra de las largas hojas, resultando en biodiversidad reducida bajo el dosel de los árboles (Brown y Daigneault, 2014).

5. Tipo de planta

5.01. Acuática

R= No (0). Es un árbol terrestre. Ver apartado de Descripción.

5.02. Pastos (Poaceae)

R= No (0). Es un árbol terrestre. Ver apartado de Descripción.

5.03. Plantas fijadoras de Nitrógeno

R= No (0). No fija nitrógeno. Ver apartado de Descripción y Biología e historia Natural.

5.04. Geófita

R= No (0). Ver apartado de Descripción.

6. Reproducción

6.01. Evidencia de bajo éxito reproductivo en su lugar de origen

R= No (0). No hay reporte de estas evidencias (ver apartado de Biología e historia Natural).

6.02. Produce semillas viables

R= Sí (1). Se ha reportado un 80% de tasa de viabilidad en las semillas, con tasas de germinación mayores en semi sombra y áreas altamente perturbadas como granjas y bordes de bosques (Brown y Daigneault, 2014). Por otro lado, se ha reportado también que el porcentaje de germinación de sus semillas oscila entre 60-84% (Rojas-Rodríguez y Torres-Córdoba, 2009) (ver apartado de Biología).

6.03. Hibrida de manera natural

R= No (-1). No hay reportes (ver apartado de Biología e historia Natural).

6.04. Autofecundación

R= No (-1). Requiere de polinización cruzada, las flores son incompatibles entre ellas dentro del mismo individuo (Abelleira-Martínez, 2008; Larrue *et al.*, 2016; ver Biología).

6.05. Requiere de polinizadores especialistas

R= No (0). No se reportan especialistas. Las flores de *S. campanulata* son polinizadas por aves y murciélagos (y posiblemente lémures) en su rango nativo (Sussman y Raven, 1978; Larrue *et al.*, 2016) y en su rango de invasión en América por colibríes (Gentry, 1974), pero no son especialistas obligados.

6.06. Reproducción vegetativa

R= Sí (1). *S. campanulata* se reproduce también vegetativamente. La reproducción vegetativa se puede dar fácilmente al ser cortada la planta por lo menos en la etapa de poste, y se pueden usar estacas o brotes radicales (Francis, 1990) así como a partir de ventosas de raíces dañadas (DAF, 2016; Sutton *et al.*, 2017).

6.07. Tiempo generacional mínimo

R= (-1). *S. campanulata* puede comenzar a florecer a la edad de tres o cuatro años, que parece un largo tiempo pero no lo es para un árbol que alcanza una elevada altura en poco tiempo. En algunos ambientes en las zonas de invasión la florescencia se retrasa hasta que los árboles tienen un mayor tamaño. Por lo anterior, se considera que la reproducción puede iniciar en el área de invasión después del tercer año.

7. Mecanismos de dispersión

7.01. Los propágulos probablemente puedan ser dispersados no intencionalmente

R= Se desconoce. No existe evidencia de que esto ocurra, sin embargo el uso de tractores y otra maquinaria pesada se utiliza en estas actividades de remoción (Brown y Daigneault, 2014), por lo que es probable que allí podrían transportarse sus propágulos; no se da un valor siendo conservadores (ver apartado Rutas de introducción).

7.02. Los propágulos se dispersan intencionalmente por el humano

R= Sí (1). *S. campanulata* se ha cultivado con fines comerciales, forestales y ornamentales (incluido como árbol de sombra) para parques, patios y cafetales, por lo que el transporte por el humano es el principal vector para la introducción y dispersión de la planta en los países, incluido México (ver apartados de Rutas de introducción e Historia de la comercialización).

7.03. Los propágulos pueden ser dispersados como contaminantes de productos

R= No (-1). No existen reportes.

7.04. Propágulos adaptados a dispersarse por el viento

R= Sí (1). Las semillas de *S. campanulata* son aladas y pueden ser dispersadas por el viento (Brown y Daigneault, 2014; Larrue *et al.*, 2014; Tropicos, 2019b).

7.05. Propágulos con capacidad de flotación exclusivamente en ambientes terrestres

R= Sí (1). Las semillas y las ventosas de raíces de *S. campanulata* pueden ser dispersadas por el agua (DAF, 2016; Sutton *et al.*, 2017). Ramas y raíces de la planta pueden ser dispersadas por el agua y llegar a establecerse en un sitio con condiciones de humedad, produciendo raíces y formando un nuevo individuo.

7.06. Propágulos dispersados por aves

R= Sí (1). Las aves se alimentan de los frutos y dispersan las semillas de *S. campanulata*; se ha reportado al ave comeñame (*Loxigilla portoricensis*) alimentándose de sus semillas, por ello la factibilidad de su dispersión por este agente (Abelleira-Martínez, 2008).

7.07. Propágulos dispersados por animales (de manera externa)

R= No (-1). No hay evidencias. Asimismo, los propágulos no cuentan con estructuras ganchudas para fijarse externamente a algún animal.

7.08. Propágulos dispersados por animales (de manera interna)

R= Sí. Generalmente cuando las aves consumen los frutos y las semillas, las introducen al aparato digestivo donde pasan por el tracto digestivo, lo que ayuda a la germinación de las semillas.

8. Atributos de persistencia

8.01. Producción de semillas prolífica

R= Sí (1). *S. campanulata* tiene una alta producción de semillas, de miles por árbol (Larrue *et al.*, 2014; Tropicós, 2019b). A partir de cada agrupación de flores se desarrollan de una a cuatro vainas pardas, las cuales contienen alrededor de 500 semillas cada una (Larrue *et al.* 2016).

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

R= Sí (1). *S. campanulata* puede tener un banco de semillas a largo plazo durando más de un año, en un sotobosque con sombra (Larrue *et al.*, 2014) (ver apartado de Biología e historia natural).

8.03. Es controlado por herbicidas

R= Sí (-1). El glifosato es el herbicida más utilizado para controlar a *S. campanulata* (Brown y Daigneault, 2014). Se ha propuesto un manejo integral de *S. campanulata*, que incluye los métodos de corte y rocío (con glifosato), anillamiento de corteza, corte de tocón, extracción manual y mecánica (Brown y Daigneault, 2014). Se ha estimado que un 50% de la población de *S. campanulata* que invade Fiji ha sido controlada bajo estas prácticas (Brown y Daigneault, 2014)

8.04. Es tolerante o se beneficia de mutilación, corte, cultivo o fuego

R= Sí (1). Al reproducirse de manera vegetativa, si se dejan las raíces se beneficia del corte. Su cultivo es principalmente por semilla, pero se usa también la reproducción vegetativa cortando la planta por lo menos en la etapa de poste (Francis, 1990).

8.05. Enemigos naturales efectivos en México

R= No (1). No hay evidencia para México.

8. Riesgo de invasión de *Spathodea campanulata* en función de la similitud climática

S. campanulata presenta un elevado riesgo de invasión considerando la similitud climática que hay en México con las áreas de su distribución nativa, en el mapa del modelo de la distribución potencial se observan algunas zonas localizadas en Oaxaca y Chiapas, y áreas pequeñas en Veracruz (Fig. 14a). Si consideramos los registros de la región invadida actualmente, el riesgo por similitud climática se expande sobre todo a la parte del este, desde Tamaulipas y hasta la península de Yucatán (Fig. 14b). No queda restringida ni limitada su zona de invasión sobre todo en el caso de considerar los registros de la región invadida. Para Norteamérica el riesgo es alto en Florida y para una pequeña franja de la zona costera del sureste; para Centroamérica el riesgo es muy alto (Fig. 14c).

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 comparadas con la distribución nativa (Apéndice 2). Asimismo, se denota la variedad de climas que son adecuados para la especie en México (Apéndice 2).

Spathodea campanulata

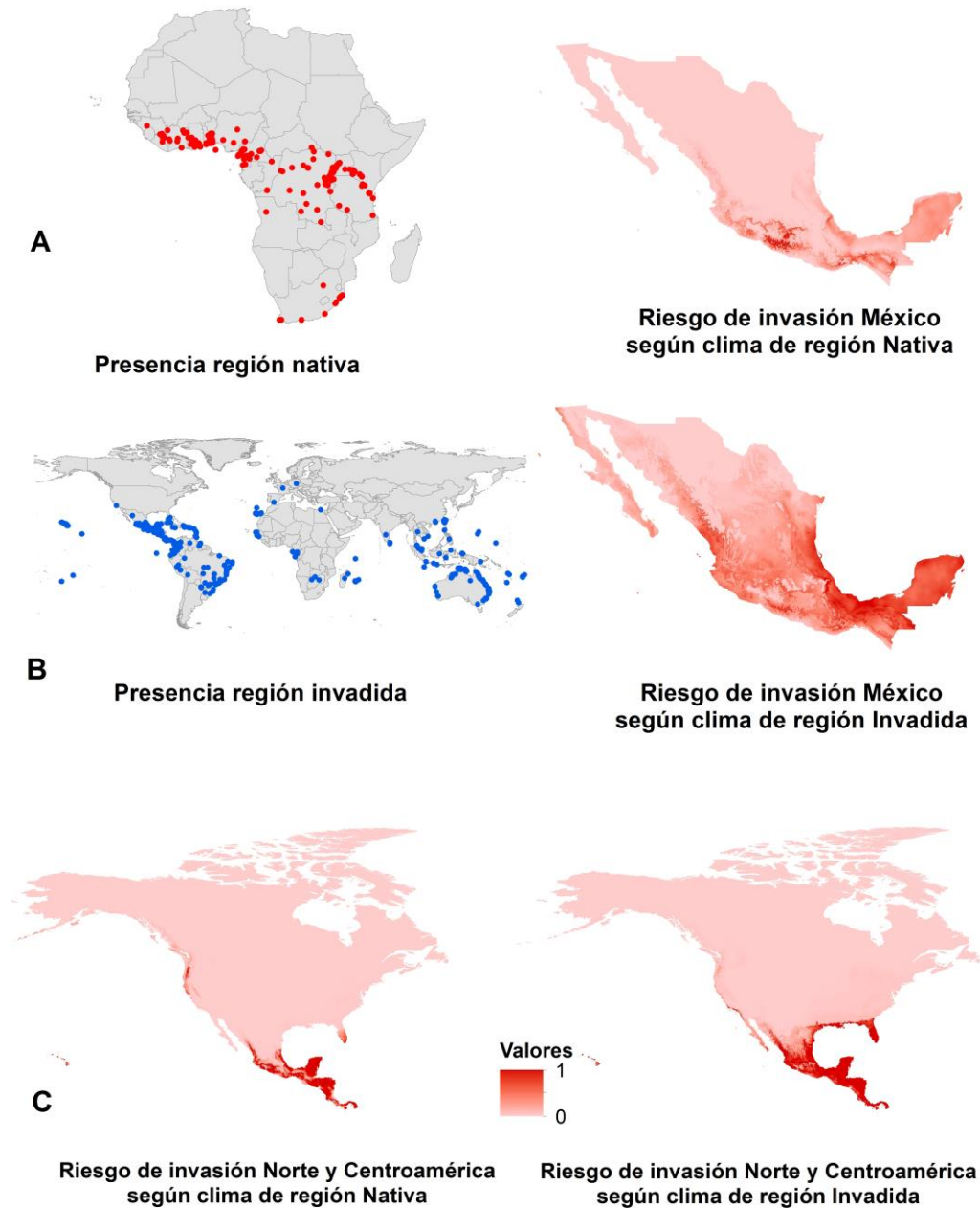


Figura 41. Modelos de Maxent para *Spathodea campanulata* calibrados en su región nativa (A) y de invasión (B) y proyectados a Norte y Centroamérica (C); notar el riesgo para México dentro de esta región. Los mapas de distribución geográfica potencial de la derecha indican las áreas con condiciones climáticas y topográficas adecuadas para el establecimiento de *Spathodea campanulata*. Los puntos rojos y azules representan la presencia de la especie en la región nativa e invadida respectivamente.

9. Resultado del Análisis de riesgo de *Spathodea campanulata*

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, con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.* (2010)) para *Spathodea campanulata* fue de **23**. Debido a que el puntaje es mayor que 6 (ver Anexo 1 sobre estos valores), el taxón debe ser **Rechazado**.

10. 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 *Spathodea campanulata* debe ser **rechazada** y considerada como una especie invasora (maleza) 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. De acuerdo al riesgo de invasión obtenido por modelación en función de la similitud climática, se denota un elevado riesgo para Oaxaca y Chiapas, muy poco en Veracruz, así como Tamaulipas, Veracruz y hasta la península de Yucatán. No queda restringida ni limitada su zona de invasión sobre todo en el caso de considerar la región invadida.

Melaleuca quinquenervia

1. Introducción

Melaleuca quinquenervia es originaria de Australia, Papúa Nueva Guinea y Nueva Caledonia. Es una planta arbórea que puede medir en promedio 8-12 m de altura, pero puede llegar a los 30 m. Tiene tolerancias climáticas relativamente amplias, puede crecer en diversas condiciones climáticas y de altitud, de zonas tropicales a zonas templadas moderadas. Se ha naturalizado ampliamente en varios países después de ser transportada por comercio, es apreciada por distintos usos que se le dan, sobre todo ornamentales. Se encuentra en 3 estados de México. Prácticamente no se ha estudiado en el país, a pesar de ser una especie con capacidades invasoras muy grandes. *Melaleuca quinquenervia* se incluye en el Compendio Global de Malezas y se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva introducida en Hawai y otras islas del Pacífico, y en Florida y Louisiana. Se le considera como una maleza, invasora, que escapa de cultivos; una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos; que puede ser tóxica en ambientes terrestres, en la parte acuática; una maleza dañina en cultivos, que afecta económicamente, y que la gente debe controlar; inclusive se recomienda cuarentena. Se encuentra entre las 100 especies invasoras más dañinas del mundo (Lowe *et al.*, 2004).

1.1 Taxonomía

Melaleuca quinquenervia (Cav.) S.T. Blake

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Orden: Myrtales Juss. ex Bercht. & J. Presl

Familia: Myrtaceae Juss.

Género: *Melaleuca* L.

Especie: *Melaleuca quinquenervia* (Cav.) S.T. Blake

1.1.1 Sinónimos

Melaleuca leucadendra var. *albida* Cheel

Melaleuca leucadendra var. *angustifolia* L. f.

Melaleuca leucadendra var. *coriacea* (Poir.) Cheel

Melaleuca maidenii R. T. Baker

Melaleuca smithii R. T. Baker

Melaleuca viridiflora var. *rubriflora* Pancher ex Brong. & Gris

Metrosideros quinquenervia Cav.

1.1.2 Nombres comunes

Español: melaleuca, corcho, falso corcho, paperbark de hoja ancha, bálsamo de cayeput

Inglés: Paperbark, melaleuca, tea-tree, broad-leaved, numbah, belbowrie.

Otros nombres: niaouli (Nueva Caledonia), Kayaputih (Indonesia), Kayuputeh (península de Malaysia), cajuputi (India), samed (Tailandia) (Geary, 1998; CABI, 2018e).

El género *Melaleuca* se integra por cerca de 300 especies, todas originarias de Oceanía. No existen congéneres nativos en México (Craven, 2009).

1.2 Descripción

Melaleuca quinquenervia es un árbol grande de fuste recto y copa elíptica y compacta de color verde oscuro, que crece comúnmente de 8 a 12 m de altura, pero con un rango de 4 a 30 m, dependiendo de las condiciones locales de cultivo. La copa es variable desde abierta a relativamente delgada con pocas ramas. La corteza es blanca pardosa, laminada o en capas; es gruesa, esponjosa, saturada con agua en las capas más profundas, lo que protegería el cámbium y los brotes del tronco epicórmico, lateral, latente, capaces de producir nuevos brotes (Turner *et al.*, 1998). Hojas coriáceas, alternas, lanceoladas, más o menos rectas, de 4-12 cm de largo, 1-6 cm de ancho, que huelen a alcanfor cuando se aplastan. Las hojas son de color verde opaco, rígidas, estrechadas en cada extremo, con márgenes enteros, y 5 (raramente 3 o 7) venas paralelas más prominentes desde la base hasta la punta, en un pecíolo de 6–24 mm. Las flores se producen en espigas densas, terminales (aunque posterior a la floración las ramillas continúan su crecimiento produciendo follaje), de 3-10 cm de largo. Las flores blancas nacen en las espigas espesas y esponjosas de 4–8.5 cm por 2.5–3.5 cm (Randall y Marinelli, 1996; Doran *et al.*, 1997; Center *et al.*, 2000). Las flores de *M. quinquenervia*, como la mayoría de las Myrtaceae, tienen numerosos estambres (Bodle *et al.*, 1994). La parte conspicua de cada flor consta de cinco paquetes de estambres de 10–20 mm de largo. Estilo 11–18 mm de largo. La espiga crece en una ramita frondosa más allá de los frutos. Produce frutos secos, dehiscentes, tipo cápsula los cuales son agrupados al inicio de las ramas. El fruto es una capsula leñosa, ca. 0.4 cm de largo y de ancho similar, las infrutescencias con 30 a 70 cápsulas de tallos sin madera, densamente empacadas, en racimos que rodean a los tallos jóvenes, separadas por series de hojas o escamas. Son cortos, cilíndricos, de 3–4 mm por 4–5 mm, de color marrón grisáceo, duros y persistentes, con una apertura de 3–4 hendiduras en el extremo. Las semillas son de color marrón pálido, muy pequeñas 0.5x1 mm de longitud, que se adelgazan desde el extremo dorsal, con tegumento delgado de color café negruzco, de forma irregular y asimétricas, 200-350 por cápsula (Doran y Turnbull, 1997; Munger, 2005; Brophy *et al.*, 2013; Rojas y Torres, 2015; Richard y Brown, 2017).

Los árboles jóvenes generalmente crecen con un solo tallo principal, aunque un brote terminal dañado es fácilmente sustituido por un brote auxiliar, lo que resulta en un nuevo crecimiento de brotes a lo largo de un nuevo eje. El daño también puede inducir el crecimiento de nuevos brotes desde las raíces, dando como resultado árboles o copias de troncos múltiples. Debido a estas respuestas al daño, los árboles más viejos a menudo tienen múltiples tallos (Bodle *et al.*, 1994).

1.3 Biología e historia natural

1.3.1 Biología

Melaleuca quinquenervia se puede reproducir tanto sexualmente, por semilla, como asexualmente por propagación vegetativa, ya que se pueden producir nuevos individuos a partir de las raíces y de brotes epicórmicos en el tronco (Wade *et al.*, 1980; Turner *et al.*, 1998). Cada árbol puede producir y liberar cantidades enormes de semillas al año (Wade *et al.*, 1980). Sus frutos tienden a persistir hasta un año (Boland *et al.*, 2006), pero las semillas suelen almacenarse por varios años en la cápsula. Ambas formas de reproducción le dan a la especie potencialidades para su propagación e invasión en grandes extensiones y a distancias amplias. Asimismo, este es un árbol resistente y de rápido crecimiento (Bodle *et al.*, 1994). Se ha escapado a zonas naturales, sustituyendo las comunidades vegetales nativas, especialmente de gramíneas, por densos bosques monoespecíficos (Sánchez-Silva, 2004).

Se ha encontrado en Australia, en su rango nativo, que, a una edad temprana, *M. quinquenervia* puede desarrollar más altas densidades de raíces que muchas especies nativas; puede desarrollar raíces en la superficie del suelo durante los períodos en que el suelo se encuentra seco, incluso cuando las gramíneas se están muriendo. Su sistema de raíces se vuelve extenso. Al parecer tiene la capacidad de evitar y tolerar la competencia manteniendo el sistema radicular en la proximidad de la capa freática, de tal manera que el sistema de raíces profundas le da a la especie una ventaja en los tiempos de sequía (Marcar

et al., 1995). De manera relevante, este sistema parece funcionar tanto en condiciones secas como húmedas (Lopez *et al.*, 2004).

En Australia, se ha registrado floración entre enero y diciembre (Brophy *et al.*, 2013). En EUA, rango de invasión, melaleuca florece gran parte del año, proporcionando abundante polen y néctar. En Florida florece todo el año, pero su pico de producción de flores es otoño e invierno (Serbesoff-King, 2003). En Cuba (exótica), la floración ocurre de junio hasta diciembre, con un periodo de máxima floración en los meses de otoño (Medina *et al.*, 2017). En Costa Rica, presenta hojas casi todo el año, excepto en enero. Produce flores continuamente desde junio a diciembre. Tiene frutos verdes de febrero a abril y frutos maduros de febrero a junio (Rojas y Torres, 2015).

M. quinquenervia es monoica, y la polinización ocurre por acción de los insectos (Geary y Woodall, 1990; Serbesoff-King, 2003; Medina *et al.*, 2017). Tiene un alto potencial reproductivo ya que cada árbol produce millones de pequeñas semillas cada año (aproximadamente 30,000 semillas por g; Ayensu, 1983). Las cápsulas se abren cuando se muere la ramita a la que están adheridas, ya sea a través de la mortalidad natural o por acción del fuego (Wade *et al.*, 1980). Los frutos tienden a persistir hasta un año (Boland *et al.*, 2006) y las semillas retienen su viabilidad en el suelo durante 2-3 años (Thai *et al.*, 2005), en algunos sitios menos de 10 meses (Wade *et al.*, 1980; Serbesoff-King, 2003). Es menor el tiempo de viabilidad en sitios de inundación estacional y permanente (Thai *et al.*, 2005).

En Cuba, donde es exótica, tiene frutos todo el año, la semilla es minúscula y germina en lapsos de entre 5 y 10 días (Medina *et al.*, 2017).

Para determinar la viabilidad de las semillas, se hizo una estimación de que un árbol de 21 m de alto podría contener hasta 100 millones de semillas, en Florida (Rayamajhi *et al.*, 2009). En un estudio encontraron que 15% de las semillas de *M. quinquenervia* contenía embriones (Rayachhetry *et al.*, 2001). De estas semillas, 62% fueron viables y de éstas, 73% germinaron después de 10 días en invernadero; el restante 27% de las semillas viables que no germinaron tenían dormancia (Rayachhetry *et al.*, 2001). Si se considera la estimación de 100 millones de semillas por árbol, entonces cada árbol de 21 m podría producir 9

millones de semillas viables. En Australia (nativo), se estima que la cantidad de semillas viables por árbol es 7.5 veces menor que en Florida (exótico) (Rayamajhi *et al.*, 2009).

Por otro lado, han encontrado que la germinación de semillas que flotan en el agua cuando son transportadas o caen en este medio, fue de 46% comparado al 6.6% de las semillas que se hunden en el agua (Serbesoff-King, 2003). La germinación de las semillas se favorece por la alternancia de ciclos húmedos y secos y de condiciones continuas húmedas (Myers, 1983).

En México, se ha reportado que la producción de semillas de *M. quinquenervia* inicia a los dos o tres años de edad. Se pueden producir aproximadamente un millón de semillas anualmente por un árbol adulto; pueden liberar 20,000 y almacenar millones; cuando se liberan en masa y germinan pueden formar densas comunidades puras (Sánchez-Silva, 2004).

Las semillas de *M. quinquenervia* son liberadas por el viento, en particular se liberan de la cápsula cuando se seca. Las cápsulas viejas pueden secarse como parte de un proceso de envejecimiento. Los eventos catastróficos, tales como heladas, incendios, sequías o perturbaciones mecánicas, pueden fácilmente provocar la liberación de semillas.

Dado que *M. quinquenervia* almacena la semilla, y estos procesos pueden ocurrir al azar, la semilla puede liberarse en cualquier época del año (Gunderson, 1983). Se ha visto además en EUA, que las semillas que caen pueden ser esparcidas por el movimiento del agua durante inundaciones o corridas de agua en las lluvias (Geary y Woodall, 1990).

A partir de modelación y datos tomados de las semillas, se ha hecho la predicción de que las distancias máximas que se dispersa el 99% de las semillas de *M. quinquenervia* a partir del árbol que las produce es de 170 m (Browder y Schroeder, 1981); los huracanes las pueden dispersar a una distancia de hasta 7 km (Browder y Schroeder, 1981). La mayoría de las semillas parecen caer abajo del tronco del árbol madre (Serbesoff-King, 2003).

M. quinquenervia posee cápsulas o frutos serotinosos que liberan gran cantidad de semillas pequeñas después del fuego, tiene una adaptación al fuego (Wade *et al.*, 1980; Hammer, 1996; Turner *et al.*, 1998). A la vez, los adultos dañados por el fuego brotan vigorosamente,

la proliferación de ramas en una planta adulta quemada a menudo da como resultado más ramitas, por lo tanto, más cápsulas y más producción de semillas (Wade *et al.*, 1980).

Un gramo de semilla de *M. quinquenervia* puede producir de 2,500 a 3,000 plantas (Medina *et al.*, 2017). Si un sitio se inunda continuamente durante periodos prolongados, las semillas pueden ser incapaces de germinar, inhibiéndolas; esto no parece afectar a los árboles ya establecidos (Bodle *et al.*, 1994).

1.3.2 Ecología

M. quinquenervia se encuentra en su distribución nativa en climas subtropical-húmedo, secos, desde alta humedad durante todo el año hasta seco estacional durante seis meses del año (Quentin y Fuller, 2001).

Melaleuca quinquenervia	Rango nativo	Rango de invasión
Ecología	En Australia ocurre a altitudes bajas de hasta 500 m en el cinturón costero, más comúnmente en los pantanos estacionales y en los bordes de las aguas de marea (Ayensu, 1983).	En Hawaii, crece en condiciones húmedas hasta 1,400 m de altitud, siéndole favorable la piedra caliza oolítica (Ayensu, 1983).
	En Australia crece en áreas con temperaturas medias anuales que oscilan entre 18°C y 34°C (Ayensu, 1983).	En Hawaii su crecimiento adecuado ocurre a temperaturas anuales promedio de 18°C a 24°C, pero a elevaciones altas los árboles crecen a temperaturas aún más bajas (Geary, 1998).
	Se encuentra en climas subtropical-húmedo, secos, desde alta humedad durante todo el año hasta seco estacional durante seis meses del año (Quentin y Fuller, 2001). En Australia y Nueva Caledonia, el clima varía desde húmedo	En su rango de invasión, crece bien cuando la precipitación anual es de alrededor de 1,020 mm a elevaciones bajas y 5,080 mm a elevaciones altas (Geary, 1998). En EUA invade fuertemente donde hay suelo húmedo y pantanoso, pero también crece en las tierras altas

	<p>muy cálido hasta subhúmedo cálido. La precipitación media anual varía de 900 a 1,700 mm. Se presenta sobre todo junto a los cursos de agua y en los pantanos; en Nueva Caledonia forma extensos rodales en tierras altas.</p>	<p>(Scher <i>et al.</i>, 2015). Es exitosa en el clima subtropical de Florida, donde hay una alta humedad durante aproximadamente seis meses del año (incluido el verano), con el resto del año húmedo o seco (Quentin y Fuller, 2001).</p> <p>En Hawai crecen en terrenos donde la precipitación se distribuye uniformemente, siendo máxima en el invierno (Geary, 1998).</p>
--	--	--

Excluyendo Nueva Caledonia, los suelos donde ocurre, suelen tener un alto contenido de materia orgánica, pudiendo ser arenosos en la superficie, pero con limo y arcilla en la parte inferior, lo que ocasiona un mal drenaje.

El agua freática está cerca de la superficie o por encima de ella durante gran parte del año. Tolera los incendios, la competencia de las malezas y la inundación prolongada (Doran y Gunn, 1995). Es un árbol ignífugo (no se inflama ni propaga el fuego), de crecimiento moderadamente rápido, capaz de crecer en sitios deficientes en nutrientes con inundaciones continuas o periódicas en los trópicos húmedos y subhúmedos (como en Australia), y es moderadamente tolerante a la sal (Doran *et al.*, 1997; Quentin y Fuller, 2001).

En su rango de invasión, *M. quinquenervia* ocurre en una amplia variedad de hábitats y de climas. *M. quinquenervia* tolera ambientes degradados (Di Stefano y Fisher, 1984). Esto le da una versatilidad ambiental importante para su capacidad invasiva.

En EUA se le ha visto invadiendo fuertemente donde hay suelo húmedo y pantanoso, pero también crece en las tierras altas (Scher *et al.*, 2015). En Florida, la arena ácida parece favorecerla para su germinación y crecimiento (Quentin y Fuller, 2001).

Crece a lo largo de arroyos, bordeando estuarios de marea, se encuentra en pantanos de agua dulce. A menudo crece cerca de la playa y tolera la sal del viento. Los suelos son a

menudo gleys húmedos de turba, arenosos en la superficie, pero limosos o arcillosos por debajo y con un alto contenido de materia orgánica. Parece tolerar un nivel bajo de salinidad del agua subterránea, pero esta condición es subóptima para el crecimiento (Doran *et al.*, 1997). El árbol crece en suelos arcillosos y limosos especialmente, tanto en Australia como en Nueva Guinea (CABI, 2018e).

Se ha registrado que masas inmaduras de *M. quinquenervia* forman matorrales de plántulas o plantas jóvenes, mientras que las etapas avanzadas consisten de monocultivos de hasta 25 m de altura dominantes y árboles co-dominantes, que producen doseles superiores continuos con entramados compuestos casi en su totalidad por árboles más pequeños y suprimidos; lo anterior ha transformado pantanos en bosques de *Melaleuca quinquenervia* (Rayamajhi *et al.*, 2006). *M. quinquenervia* coloniza rápidamente los humedales de agua dulce y desplaza casi por completo la vegetación nativa de los humedales, degradando el hábitat principal de la vida silvestre. En los últimos 30 años, rodales de esta planta han invadido humedales de agua dulce en el sur de la Florida (Hammer, 1996). Se le ha considerado una seria amenaza ecológica debido a que crece muy rápido, produciendo grupos densos que desplazan a las plantas nativas, disminuyen el hábitat de los animales y proporcionan poca comida para la vida silvestre. Ha llegado a ser abundante en bosques planos de pino, pantanos de juncias y pantanos del ciprés del sur de la Florida (FLEPPC Categoría I; Richard y Brown, 2017).

Invade las zonas naturales en Hawai y en los humedales boscosos y no boscosos del sur de Florida, EUA, en los Everglades (Burrows y Balciunas, 1997; Rayamajhi *et al.*, 2006; CABI 2019e; NRCS USDA, 2019e). Se encuentra creciendo en bosques de *Taxodium distichum* var. *nutans* y *Pinus elliottii* var. *densa*, y en menor grado con zonas de *Taxodium distichum* var. *distichum*. *M. quinquenervia* parece invadir fácilmente el ecotono entre *Pinus elliottii* y *Taxodium* spp. Crece inclusive con *Conocarpus erectus*, tierra más adentro que la zona mareal donde hay mangle. La invasión de esta planta es menos prominente en sitios forestales que en pantanos y sabanas húmedas (Geary *et al.*, 1998; Turner *et al.*, 1998).

Se ha evaluado y encontrado que *M. quinquenervia* es una maleza que disminuye la biodiversidad de las áreas naturales (Wheeler *et al.*, 2007).

M. quinquenervia posee cápsulas o frutos serotinosos que liberan gran cantidad de semillas pequeñas después de un incendio, cuando las condiciones de competencia reducida y el suelo enriquecido con cenizas promueven el establecimiento y el rápido crecimiento de las plántulas, mayormente si el suelo está húmedo, y entonces se convierten en matorrales densos (Wade *et al.*, 1980; Hammer, 1996; Randall y Marinelli, 1996; Turner *et al.*, 1998). Es un caso típico de invasión el de *M. quinquenervia* ya que ha estado degradando rápidamente el sistema de humedales de los Everglades de Florida al superar a las nativas (U.S. Congress y OTA, 1993). Es inclusive un promotor de fuego, cambiando los regímenes de fuego en zonas donde no existía el fuego o tenía una menor frecuencia con fuertes efectos para los ecosistemas donde se establece, como en los Everglades de Florida (Simberloff y Rejmánek, 2011).

Los animales, especialmente los humanos, dispersan efectivamente a la planta. Cualquier mamífero (como venado, zarigüeya, mapache), puede recibir accidentalmente una semilla de *M. quinquenervia* y transportarla por kilómetros en su pelo y piel. También se indica que es más probable que ocurra por dispersión mecánica en el cuerpo de las aves (Serbesoff-King, 2003). Sin embargo, con seguridad son los humanos los más activos en su transporte, ya que las semillas pueden caer vehículos y pueden así transportarlas a cualquier sitio (Gunderson, 1983)

Los huracanes o las tormentas tropicales severas pueden diseminar sus semillas por los fuertes vientos y en el agua, de tal manera que los patrones de incendios recurrentes (cada vez más provocados por la misma melaleuca) y de tormentas severas promoverán más la expansión de esta planta (Gunderson, 1983).

No hay evidencia de que las aves o los pequeños mamíferos dispersen las semillas vía frugivoría (Hofstetter, 1991; Serbesoff-King, 2003).

Se han reportado alrededor de 400 especies de insectos herbívoros en árboles de *M. quinquenervia* en Australia, pero solo un tipo de moscas sierra los afectan creando pequeños daños (Burrows *et al.*, 1994; Marcar *et al.*, 1995; CABI 2018e). En Florida, EUA han reportado la presencia de 40 insectos, 4 nemátodos y 22 patógenos de plantas de *M.*

quinquenervia (CABI, 2018e). No le afectan las termitas ni los hongos ni perforadores marinos.

M. quinquenervia produce sustancias alelopáticas, que libera al ambiente (Di Stefano y Fisher, 1984). La producción de aleloquímicos le permite colonizar sitios de mejor manera, ya que suprime la germinación y el crecimiento de otras especies, a la vez que compite fuertemente con vegetación ya establecida (Di Stefano y Fisher, 1984). En Cuba se identificaron 30 componentes en los aleloquímicos producidos en el aceite esencial; de ellos, cinco son hidrocarburos monoterpenicos (3,9%), 11 terpenos oxigenados (41,1%) y siete hidrocarburos sesquiterpenicos (45,2%), los que representan la mayor proporción desde el punto de vista cuantitativo en el aceite esencial. Los componentes mayoritarios fueron el hidrocarburo sesquiterpenico, longifoleno (32.9%) y el monoterpeno oxigenado 1,8-cineol (25.4%); se puede considerar la presencia de allo-aromadendreno (9.5%) y viridiflorol (7,7%) (Pino *et al.*, 2011). Se sabe que los terpenoides, lactonas sesquiterpénicas y el viridiflorol son alelopáticos (Verdeguer, 2011). Por otro lado, en un experimento para probar los efectos de inhibición del crecimiento de plantas se usó un ensayo con *Lemna aequinoctialis*, se encontró que *M. quinquenervia* inhibió el crecimiento de *Lemna* (en 27%) siendo la segunda especie con mayor poder inhibitorio del crecimiento entre 6 especies de plantas seleccionadas (Allan y Adkins, 2005).

1.3.3 Especies con las que *Melaleuca quinquenervia* puede hibridar

No hay reportes de hibridación.



a) Flores y brotes de *Melaleuca quinquenervia*. Autor: Harry Rose^{CC}.



b) Inflorescencia en espiga cilíndrica de *M. quinquenervia*. Autor: Mark Marathon^{CC}.



c) Inflorescencia en espiga cilíndrica. Autor: Harry Rose^{CC}.



d) Inflorescencia en espiga cilíndrica. Autor: Nicholas Turland^{CC}.

Figura 42a. Brotes, flores e inflorescencias de *Melaleuca quinquenervia*. Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) El fruto de *M. quinquenervia* es una capsula
Autor: Greenfleet Australia^{CC}.



b) Frutos secos de *M. quinquenervia*. Autor: Harry Rose^{CC}.



c) Frutos secos de *M. quinquenervia*. Autor: Forest & Kim Starr^{CC}.

Figura 42b. Frutos de *Melaleuca quinquenervia*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Hojas alternas elípticas de *M. quinquenervia*.
Autor: Barry Rice^{CC}.



b) Hojas alternas elípticas de *M. quinquenervia*.
Autor: Forest & Kim Starr^{CC}.



d) Hoja estrecha elíptica. Autor: Harry Rose^{CC}.

Figura 43. Detalles de las hojas de *Melaleuca quinquenervia*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Tronco de *M. quinquenervia*. Autor: Forest & Kim Starr^{CC}.



b) Corteza de *M. quinquenervia*. Autor: Rose Braverman^{CC}.



c) Desprendimiento de corteza de *M. quinquenervia*. Autor: Forest & Kim Starr^{CC}.

Figura 44. Detalles del tronco y corteza de *Melaleuca quinquenervia*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Árbol juvenil. Florida, EUA. Autor: Joseph MDO^{CC}.



b) Árbol maduro, generalmente de copa estrecha. Nueva Gales del Sur, Australia. Autor: Harry Rose^{CC}.

Figura 45. Árboles juvenil y adulto de *Melaleuca quinquenervia*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Rodal de *M. quinquenervia* en colina y a orilla de carretera. Maui, Hawai. Autor. Forest & Kim Starr^{CC}.



b) Rodales de *M. quinquenervia* invadiendo áreas naturales. Maui, Hawai. Autor: Forest & Kim Starr^{CC}.

Figura 46. Hábitat en que ocurre *Melaleuca quinquenervia*, mostrando el proceso de invasión. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) *Curinus coeruleus* en la corteza de *M. quinquenervia*. Autor: Forest & Kim Starr^{CC}.



b) *Austropuccinia psidii* sobre las hojas de *M. quinquenervia*. Autor: Doug Beckers^{CC}.



c) Hojas afectadas por *A. psidii*. Autor: Forest & Kim Starr^{CC}.

Figura 47. Insectos y roya en *Melaleuca quinquenervia*. Ver círculo en foto c) señalando la roya.
^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

1.4 Estatus

Melaleuca quinquenervia es una planta nativa de Australia, Papúa Nueva Guinea y Nueva Caledonia. Craven y Dawson (1998), indicaron que *M. quinquenervia* no es nativa de Nueva Caledonia; Brown *et al.* (2001) comentaron que en Nueva Caledonia, *M. quinquenervia* no tiene la misma distribución que las plantas nativas y que se comportaba como una planta invasora en el país, por lo que tenían duda de si era nativa del lugar. Se ha introducido a 61 países incluyendo islas, y a México, donde se tienen registros en 3 estados. *M. quinquenervia* se categoriza entre las 100 peores especies invasoras en el mundo (Lowe *et al.*, 2004). Del total de países que la mencionan en documentos en su legislación, es considerada una especie exótica invasora en 17 países e islas. Se incluye en el Compendio Global de Malezas (Randall, 2012); se considera un árbol invasor (Richardson, 2011). Se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva introducida en Hawaii, Puerto Rico, otras islas del Pacífico, y en Florida y Lousiana (NRCS USDA, 2019e, <https://plants.sc.egov.usda.gov/core/profile?symbol=MEQU>). Se le considera como una planta de interés para cultivo con propósitos de comercio forestal. Es una planta tóxica en ambientes acuáticos; es una maleza, invasora, naturalizada, que escapa de los cultivos; es una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos, que puede ser tóxica en ambientes terrestres; una maleza dañina en cultivos, que afecta económicamente una región, y que la gente debe controlar; inclusive se recomienda cuarentena (Randall, 2012).

1.4.1 Distribución nativa

Se distribuye en Australia, Nueva Caledonia y Papúa Nueva Guinea (Space y Flynn, 2001; Smith, 1985; Sankara y Suresh, 2013; USDA-ARS, 2018) (Fig. 48).

1.4.2 Distribución de invasión

Se le ha introducido como especie exótica en distintos países con ambientes distintos, en Antigua y Barbuda, Antillas Francesas (Guadalupe y Martinica), Bahamas, Barbados, Belice, Benín, Brasil, Caribe Neerlandés (San Eustaquio e Isla de Saba), China, Colombia, Costa Rica, Cuba, Curazao, Dominica, Egipto, Estados Federados de Micronesia, Estados Unidos de América EUA, Filipinas, Fiyi, Francia, Granada, Guam, Guayana Francesa, Guyana, Haití, Honduras, India, Islas Vírgenes, Islas Marianas del Norte, Italia, Jamaica, Madagascar, Malasia, Malawi, Martinica, Mauricio, México, Montserrat, Mozambique, Nicaragua, Nigeria, Palaos, Panamá, Polinesia Francesa, Puerto Rico, República Dominicana, Reunión, San Cristóbal y Nieves, San Vicente y las Granadinas, Santa Lucía, Senegal, Seychelles, Sierra Leona, Singapur, Sudáfrica, Surinam, Tanzania, Tailandia, Taiwán, Trinidad y Tobago, Uganda, Vietnam y Zimbabue (Howard, 1978; Fosberg *et al.*, 1979; Smith, 1985; Nicolson *et al.*, 1991; Sherley, 2000; Idárraga *et al.*, 2001; Space y Flynn, 2001; Allen, 2003; Kairo *et al.*, 2003; Kueffer y Lavergne, 2004; Kueffer y Mauremootoo, 2004; Sánchez-Silva, 2004; Chong *et al.*, 2009; Acevedo-Rodríguez y Strong, 2012; Sankara y Suresh, 2013; Jacobs *et al.*, 2015; CABI, 2018e; base de datos este informe) (Fig. 48).

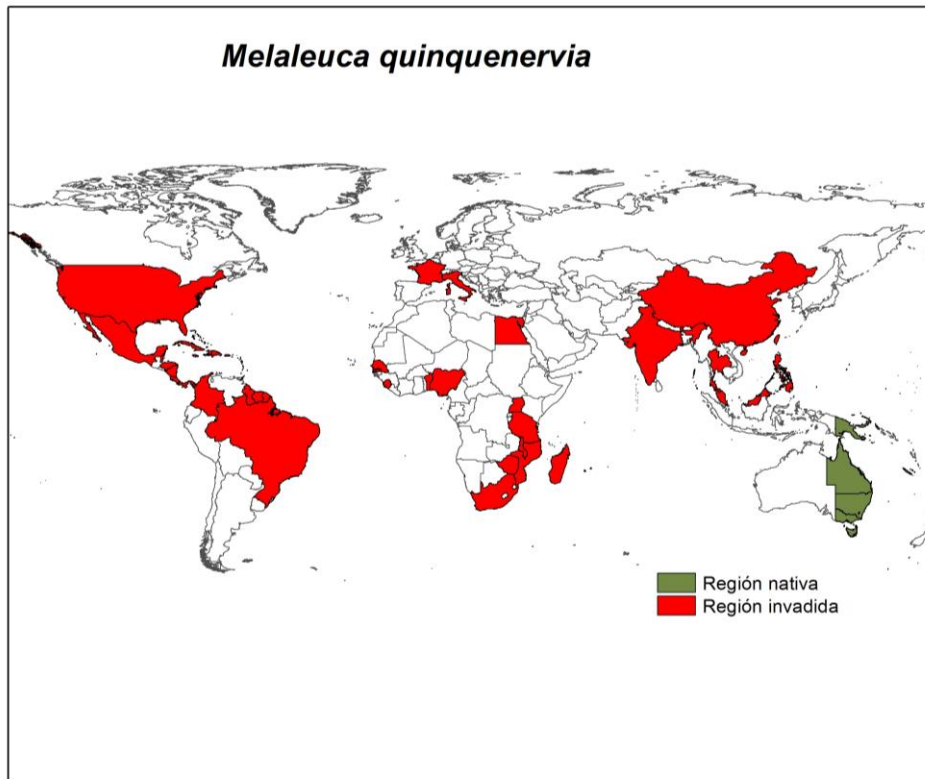


Figura 48. Mapas mostrando la distribución nativa de *Melaleuca quinquenervia*, así como en los países donde se le ha introducido y es exótica, invasora. Fuente: elaboración con base en los registros indicados en los apartados de distribución nativa y de invasión.

1.4.3 Distribución en México

En México se encuentra en Aguascalientes, Morelos y Jalisco (base de datos del proyecto) (Fig. 49).



Figura 49. Mapa mostrando la distribución de *Melaleuca quinquenervia* en México, por estados. Fuente: registros de la base de datos del proyecto.

2. Rutas de introducción

Las semillas de *Melaleuca quinquenervia* que se producen por millones por árbol son pequeñas y pueden ser dispersadas por el viento, por el agua y por animales, como las aves (Wade *et al.*, 1980). También los huracanes y tormentas tropicales son una ruta de introducción potencial (ver Ecología). El agua puede ser un mecanismo importante de

transporte a grandes distancias (ver Biología; Serbesoff-King, 2003). Sus semillas, brotes y raíces se pueden transportar a través de maquinarias, ya que la tierra que se remueve con ellas puede llevar estos propágulos al moverse entre sitios. Los humanos y sus actividades son el principal vector para la introducción y dispersión de *M. quinquenervia*, pudiendo ser por vehículos terrestres y botes que los llevan hacia otros sitios (ver Ecología).

Se desconoce la forma en que entró a México, pero parece ser por el comercio de plantas de ornato.

2.1 Origen e historia de los individuos comercializados

En Florida hubo una serie de introducciones repetidas de *Melaleuca quinquenervia*. El primer registro que se tiene es de 1886, aunque se desconoce la procedencia de las semillas; fue importado por Pliny Reasoner, Royal Palm Nurseries. La segunda introducción fue en 1898 por Henry Nehrling, trayendo las semillas de Italia. De 1900 a 1902, USDA realizó importaciones de Francia. Por otro lado, se ha indicado que fue un nativo del norte de Australia y Nueva Guinea quien lo introdujo en el sur de EUA alrededor de 1900 como un árbol ornamental (Randall y Marinelli, 1996). En 1906 y 1908 se introdujo de Australia por John Gifford. Las poblaciones de *M. quinquenervia* de la Costa Atlántica de Florida provienen de semillas importadas en 1906 desde el Real Jardín Botánico de Sidney, Australia y probablemente de semillas importadas de una casa de semillas de Melbourne, Australia, durante 1912 (Dray *et al.*, 2009). En 1911, 1930 y 1959 se introdujeron semillas de Australia por USDA. En 1916, 1917 y 1943, USDA introdujo semillas de Madagascar (Allen, 2003). La idea de sembrar los árboles a lo largo de la Costa del Golfo de EUA era con fines ornamentales, al igual que en Bahamas (Allen, 2003). La propagación del árbol en los Everglades a principios del siglo XX fue con fines ornamentales y para tener una planta que diera soporte a la idea de drenar el pantano. Esto sucedió cuando el gobernador de Florida proclamaba la grandeza de los proyectos de drenaje para promover el crecimiento en el estado. Posteriormente, en un intento de reforestar los Everglades, en 1936 se dispersaron desde un avión semillas de *M. quinquenervia* (Quentin y Fuller, 2001). También se piensa

que esas semillas fueron lanzadas para secar los Everglades. El resultado es que esta especie invasora es ahora una amenaza importante para los Everglades y para otros humedales en el sur de la Florida (Scher *et al.*, 2015). Las actividades del hombre han alterado permanentemente todas las áreas restantes de los Everglades, y las invasiones de plantas exóticas ocupan un lugar destacado en estas alteraciones (Bodle *et al.*, 1994).

En Bahamas, se recibieron semillas de plantas de *M. quinquenervia* de Florida, EUA, germinadas a partir de semillas recibidas de Australia entre 1907 y 1911 (Allen, 2003). En Puerto Rico, el primer registro de siembra de melaleuca fue en el primer cuarto del siglo XX; se realizó un estudio de las plantas puertorriqueñas desde agosto de 1923 hasta junio 1926 y ya registraron a este árbol (Pratt *et al.*, 2005).

En Cuba se introdujo *M. quinquenervia* en Ciénaga de Zapata, aproximadamente en el año 1962. El árbol fue plantado como ornamental en las áreas verdes de los centros turísticos de La Boca y Guamá. Posterior a esa primera introducción registrada, entre los años 1988 y 1990 se plantaron tres pequeñas parcelas en diferentes puntos de Cuba para la reforestación de áreas cenagosas e invade a partir de estas acciones (Medina *et al.*, 2017).

No se encontró información para México sobre el origen de las plantas que se encuentran en los estados.

2.2 Historia de la comercialización en México

No se encontró información para México sobre la historia de la comercialización.

2.3 Usos y comercialización

Melaleuca quinquenervia se ha comercializado con el fin básico de usarse como planta de ornato. Pero se le han dado otros usos, tales como cortinas rompe vientos y control de la erosión; ayuda en las regiones para restaurar suelos y contra la erosión, con lo que tiene un impacto positivo en las actividades agrícolas. La madera y el corteza tienen distintos usos,

como leña que consideran excelente porque es moderadamente fuerte y es resistente a la pudrición en tierra y en agua; también la madera puede usarse para construcción de postes de cercas, soportes de minas, postes y pilotes. Los aceites esenciales foliares que se extraen en Nueva Caledonia, han demostrado tener usos en productos farmacéuticos, como aceite medicinal (Doran y Gunn, 1995; Marcar *et al.*, 1995; Doran *et al.*, 1997). Las hojas son fuente de un aceite esencial rico en cineolo, llamado aceite de niaouli; éste es usado en preparaciones farmacéuticas, como para condimentar las gotas para la tos, las gárgaras y las pastas de dientes y en aromaterapia. También se usa el aceite para el tratamiento de la tos, incluida la tosferina, reumatismo, neuralgia y catarro crónico de la membrana pulmonar (PROSEA, 1999). *M. quinquenervia* es una buena fuente de néctar y polen para las abejas: es una fuente importante de miel en Australia y Florida, la cual indican que es de baja densidad y aromática (CABI, 2018e).

La corteza se ha considerado como un aislante efectivo y se utilizó por primera vez en 1861 para empacar las paredes de las cámaras frigoríficas en Australia. Es resistente al moho y es duradero bajo el agua, por lo que se han utilizado láminas de corteza para calafatear barcos. Cuando está picado, hace un excelente relleno en las mezclas para macetas de vivero (Ayensu, 1983).

Puede ser usada como agente para control de insectos por químicos producidos (Wheeler y Ordnung, 2005). En Cuba, tratando el aceite esencial de *M. quinquenervia* al 0.2%, se encontró una acción insecticida sobre *Plutella xylostella*. La población de la plaga se redujo hasta valores inferiores a 0,5 larvas/planta (Silva *et al.*, 2014).

2.3.1 Análisis económico de la comercialización

No hay un análisis económico formal sobre los costos y las ganancias del comercio de *Melaleuca quinquenervia*. Pero se ha estimado que en cuanto a la producción mundial de aceite de niaouli, en 1997 tuvo un valor estimado de \$67,000 US dls. La producción en Nueva Caledonia se estimó en 2.0-2.5 toneladas en 1980, 4 toneladas en 1985 y 7-10 toneladas en 1998 de las que 19% se exportaba (CABI, 2019f); antes de la Segunda Guerra Mundial y durante la década de 1950 la producción era de 20 toneladas/año (PROSEA,

1999). Se ha explorado asimismo el potencial comercial de *M. quinquenervia* para la producción comercial de trans-nerolidol, un compuesto promisorio que se usa para perfumería (CABI, 2019e). No hay un análisis económico realizado en México para esta especie.

2.3.2 Manejo y condiciones de cultivo

Las características por las que han elegido a *Melaleuca quinquenervia* para cultivarla son su rápido crecimiento y la facilidad para cultivarla. Su fácil propagación en campo se debe a estos dos aspectos, con producción de abundantes plántulas que no requieren cuidado alguno y pueden cosecharse fácilmente a mano para trasplantes (Sánchez-Silva, 2004). Estos árboles son apreciados en plantaciones de Hawai porque plantas de cuarenta años en sitios buenos tienen un promedio del diámetro del tronco es de 50 cm y 18 m de altura; pueden sembrarse con una separación de 6 m x 6 m lo que es atractivo para los cultivadores. Los árboles más grandes alcanzan un diámetro de 90 cm y crecen 24 m de altura.

Por otro lado, los tocones brotan fácilmente. Las semillas necesitan tierra húmeda para la germinación y una vez establecidas las plántulas pueden sobrevivir a la inmersión completa durante varias semanas (Ayensu, 1983). Los rodales naturales de la especie no se han manejado para la producción de madera, por lo que no se han desarrollado sistemas silvícolas con ninguna práctica cultural para su manejo. En Hawai no se han manejado para producir madera (Geary, 1998).

En áreas tropicales de Costa Rica se siembran en semilleros de arena muy fina, sin cubrirlas. Se plantan a 2-3 metros de distancia entre ellas y necesitan limpieza durante los primeros 6 meses. Durante la producción, se hacen entresagues progresivos hasta dejar los últimos árboles, que se cosechan a los 40 años. Si el fin es usarlo para producción de leña, se pueden utilizar en rotaciones cortas. Retoña con facilidad (Geilfus, 1994).

En Cuba, el cultivo se hizo como planta ornamental. Posterior a la primera introducción registrada, se hizo un proyecto experimental para la reforestación de áreas cenagosas (Medina *et al.*, 2017). No se dan más detalles sobre el manejo y resultados.

3. Potencial de establecimiento y colonización

3.1 Potencial de colonización

M. quinquenervia se reproduce por semillas y vegetativamente, lo que junto a su tolerancia a ambientes distintos, hasta con cierta salinidad, le confieren ventajas para la colonización (Wade *et al.*, 1980; Turner *et al.*, 1998). Tiene una elevadísima producción de semillas por árbol cada año, y aunque la viabilidad no se considera muy elevada (15%; ver Biología), dado la enorme cantidad de semillas se tienen potencialidades muy altas de colonización por la dispersión de esas semillas. Los frutos pueden permanecer hasta un año con las semillas viables varios años (Boland *et al.*, 2006). Se puede reproducir a partir de raíces (Wade *et al.*, 1980). Asimismo, este es un árbol resistente y de rápido crecimiento (Bodle *et al.*, 1994) y muy competitivo con especies nativas. La producción de semillas de *M. quinquenervia* inicia a los dos o tres años de edad (Sánchez-Silva, 2004), lo cual para árboles de larga vida es temprano y rápido. Su prolífica producción de semillas, la adaptación que tiene al fuego, la tolerancia a las inundaciones y la falta de competidores naturales o depredadores le han permitido colonizar y establecerse en los humedales de agua dulce en el sur de Florida. Los árboles adultos liberan una gran cantidad de semillas después de un incendio, que pueden establecerse rápidamente (Randall y Marinelli, 1996). Crece en bosques naturales, en humedales, en arroyos, en zonas costeras y en manglares, así como en zonas degradadas (CABI, 2019e).

Melaleuca quinquenervia ha proliferado en Florida durante aproximadamente 100 años y ahora ocupa más de 160,000 hectáreas de humedales, litorales y, en menor grado, sistemas agrícolas en el estado lo que es un indicio de su potencial de colonización. *M. quinquenervia* es competitivamente superior a la mayoría de las plantas nativas y pastos de pastizales, con infestaciones que resultan en la degradación de hábitats nativos de vida silvestre y cursos de agua, incluidas partes del Parque Nacional Everglades y de las tierras de pastoreo

limitadas en el sur de la Florida (NRCS USDA, 2019e). En 1983, su tasa estimada de propagación era de 3 hectáreas por día, pero menos de una década después, la tasa se estimó en 20 hectáreas por día. Por lo tanto, se estima que melaleuca tiene el potencial de invadir todos los humedales del sur de la Florida en los próximos 50 años (FAO, 2000).

3.2 Potencial de dispersión

El potencial de dispersión de *M. quinquenervia* es alto, ya que las semillas diminutas pueden ser dispersadas por el viento a grandes distancias. Asimismo, las semillas y raíces pueden ser dispersadas por el agua. Esta dispersión es relevante en época de huracanes y cuando hay gran cantidad de agua corriendo por los arroyos. La gente juega un papel importante en la dispersión también, dado el comercio e importación a otros países. Los mamíferos y las aves pueden recibir accidentalmente una semilla de *M. quinquenervia* y transportarla por kilómetros en su pelo, piel y cuerpo (Serbesoff-King, 2003) (ver Ecología).

3.3 Factores que favorecen su establecimiento y dispersión

Ambas formas de reproducción, la sexual y vegetativa, le dan a *Melaleuca quinquenervia* potencialidades para su propagación e invasión en grandes extensiones y a distancias amplias. Entre los factores que favorecen el establecimiento de *M. quinquenervia* uno de los principales es su elevadísima producción de semillas; otros son la adaptación al fuego, la tolerancia a las inundaciones, su alta supervivencia y la falta de competidores naturales o depredadores; presenta una invasión explosiva de humedales de agua dulce, y se establece en distintos tipos de hábitat (Wade *et al.*, 1980; Randall y Marinelli, 1996; ver Ecología). También puede establecerse en campos agrícolas, escapar de cultivos e invadir furteamente áreas naturales (ver Ecología). Otro factor, es que *M. quinquenervia* produce aleloquímicos, con lo que puede suprimir la germinación y el crecimiento de otras especies y colonizar más fácilmente (Di Stefano y Fisher, 1984). En un experimento inhibió el crecimiento de otra planta, Lemna, siendo la segunda especie con mayor poder inhibitorio

del crecimiento entre 6 especies de plantas seleccionadas (Allan y Adkins, 2005). En conclusión, se afecta de esta manera a la biodiversidad de los sitios.

Entre los factores que favorecen su dispersión, el humano es el principal, tanto por el comercio como ornamental, como para estabilizar suelos, y para desecar pantanos (ver Usos y comercialización). También el hombre puede dispersarla grandes distancias de manera incidental, en la maquinaria. Dentro de los sitios, las aves y algunos animales pueden dispersar su semillas en sus cuerpos, no internamente porque no consumen sus frutos. El agua es uno de los mecanismos que favorecen la dispersión a largas distancias, así como por el incremento en sus tasas de germinación en el agua (ver Ecología).

4. Evidencias de impactos

4.1 Impactos a la salud

Hay impactos benéficos y negativos en la salud. Los aceites esenciales de *M. quinquenervia* tienen una alta capacidad antiséptica. El aceite de niaouli se usa principalmente para infecciones pulmonares, especialmente para resfriados y bronquitis. El aceite niaouli tiene una alta capacidad de penetración y difusión que genera una inmunización eficiente contra infecciones latentes (Trilles *et al.*, 2006). Desde hace más de una década se ha incrementado el uso como desinfectante natural del té del árbol de aceite en Europa y EUA; este té se obtiene en Australia a partir de *Melaleuca alternifolia*, y se hacen pruebas para ver si *M. quinquenervia* es también adecuada para este fin (Doran *et al.*, 1997).

También se usa el aceite de niaouli como un repelente de mosquitos, considerándose el tercer compuesto más efectivo de entre 40 extractos de plantas que fueron probados contra los mosquitos *Aedes*, *Anopheles* y *Culex*, siendo efectivo 100% para 8 horas (Amer y Mehlhorn, 2006). Por otro lado, se han aislado de las hojas por primera vez 4 derivados del

ácido polifenólico y 3 ellagitaninos, observándose efectos en la reducción de niveles de azúcar en la sangre de ratones (Moharram *et al.*, 2003).

En cuanto a los impactos negativos, se ha encontrado que las flores y su follaje nuevo producen emanaciones volátiles que causan serios problemas parecidos al asma o una erupción fina y ardiente combinada con dolor de cabeza y náuseas en personas sensibles (Randall y Marinelli, 1996) y han sido implicadas como la causa de problemas respiratorios agudos en Florida (Ayensu, 1983; PROSEA, 1999). La melaleuca causa dermatitis de contacto y problemas respiratorios (Wade *et al.*, 1980). Se han hecho evaluaciones relativas a salud pública por *M. quinquenervia* encontrándose que es frecuente que se presenten alergias en piel y respiratorias por causa del polen, por las resinas volátiles y las pequeñas partículas de corteza que se generan (Sánchez-Silva, 2004).

4.2 Impactos ambientales y a la biodiversidad

Se ha evaluado y encontrado que *Melaleuca quinquenervia* es una maleza que disminuye la biodiversidad de las áreas naturales (Wheeler *et al.*, 2007). *M. quinquenervia* es un buen ejemplo de una especie de árbol introducido que escapó del control del hombre, particularmente en Florida, EUA. Es también un ejemplo de especies que han sido de poco beneficio para las áreas en las que se introdujeron y que posteriormente se han convertido en graves problemas ecológicos (Di Stefano y Fisher, 1984). Como especie invasora en Florida, melaleuca ha incrementado su abundancia y distribución en la región del bosque de pantano mixto, florísticamente muy complejo, mismos que se han afectado a las especies sobre todo en las partes de bordes externos a los bosques (Serbesoff-King, 2003).

Las plantas inmaduras de *M. quinquenervia* forman matorrales de plántulas o plantas jóvenes, mientras que las etapas avanzadas consisten de monocultivos de hasta 25 m de altura dominantes y árboles co-dominantes, que producen toldos superiores continuos con entramados compuestos casi en su totalidad por árboles más pequeños, transformando finalmente pantanos en bosques de *M. quinquenervia* (Rayamajhi *et al.*, 2006). Es un problema grave para los humedales desde su introducción a principios de 1900 (Burrows y

Balciunas, 1997). La invasión de *M. quinquenervia* ha creado un cambio en los regímenes de fuego en las zonas húmedas de Florida, que es un sistema donde anteriormente los fuegos no eran importantes. En las zonas invadidas las perturbaciones como el fuego excesivo a menudo resultan en el desplazamiento de pinos nativos y en cambios en la distribución de la fauna (Wade *et al.*, 1980).

Al realizar un estudio sobre la comunidad de nemátodos con relación a la introducción de *M. quinquenervia* en EUA, se identificaron 86 géneros de nemátodos en todos los sitios y años, de los cuales más de la mitad se vieron afectados por el origen de la vegetación (nativa vs. exótica) durante 2004 a 2006. Casi el 80% de todos los géneros de nemátodos identificados no mostraron respuesta a la invasión de *M. quinquenervia* y éstos incluyeron predominantemente los que tienen alimentación bacteriana y los taxones omnívoros/nemátodos depredadores. Aproximadamente el 20% de los géneros de nemátodos respondieron cambiando su abundancia o composición porcentual, al cambiar la vegetación de nativa a bosques dominados por *M. quinquenervia*, e incluyeron representantes de todos los grupos tróficos, excepto los algívoros (Porazinska *et al.*, 2007).

En Cuba, melaleuca invade hábitats naturales y deviene en bosques mono-específicos; genera problemas en los hábitat de la flora nativa y tiene un muy alto ritmo de evapotranspiración, por lo que tiene potencial para decrecer la cantidad de agua dulce almacenada; afecta a especies tales como el cocodrilo cubano, el manjuarí, las tortugas, peces locales, anfibios y aves (Rodríguez *et al.*, 2014). En Ciénega de Zapata se está desplazando al 80-90% de la vegetación nativa, disminuyendo consideradamente la calidad del suelo, del agua y la fisionomía de los paisajes típicos. Además, *M. quinquenervia* consume de manera excesiva el recurso agua de los humedales, dada la gran velocidad con que absorbe agua a través de las raíces y la evapora por las hojas (Oviedo, 2013).

En un bosque de humedales en el Condado Collier, Florida se encontró que las áreas invadidas están compuestas por poblaciones dispersas de árboles maduros de *M. quinquenervia* con densas poblaciones de árboles jóvenes, que pueden exceder las densidades de 100 plantas m², en lo que históricamente estuvo compuesto por una mezcla de árboles nativos *T. distichum* – *P. elliottii* (Martin *et al.*, 2010). Entre los efectos de su

invasión en los everglades de Florida por *M. quinquenervia* se encuentra el cambio estructural y funcional que han provocado al transformar grandes áreas de marismas abiertas cubiertas de hierbas a bosques pantanosos con dosel cerrado (Simberloff y Rejmánek, 2011).

El potencial de invasión de melaleuca tiende a diferir entre las comunidades de plantas en el sur de Florida. Las áreas más húmedas son más propensas a la invasión de *M. quinquenervia* que las áreas más secas. En general, las comunidades xéricas, como los matorrales, tienden a ser resistentes, pero no inmunes, a la invasión de melaleuca. Sin embargo, cuando temporalmente las comunidades más secas se tornan más húmedas de lo normal, pueden volverse más susceptibles a la invasión. A la inversa, si un sitio se inunda continuamente durante periodos prolongados, las semillas de melaleuca pueden ser incapaces de germinar. Aunque la inundación prolongada inhibe la germinación de las semillas y el establecimiento de plántulas, no parece afectar a los árboles establecidos (Bodley *et al.*, 1994).

M. quinquenervia se ve favorecida para invadir un sitio por su producción de aleloquímicos, ya que puede suprimir la germinación y el crecimiento de otras especies y competir vigorosamente con la vegetación ya establecida (Di Stefano y Fisher, 1984). En conclusión, se afecta de esta manera a la biodiversidad de los sitios.

4.3 Impactos a actividades productivas

Hay impactos económicos negativos al considerar los costos del control de las invasiones, así como las pérdidas de servicios ambientales que son grandes, como el de los flujos de agua, control de fuego y pérdida de biodiversidad (Laroche, 1999; Center *et al.*, 2000). Los altos requerimientos de agua de los árboles de melaleuca pueden afectar actividades productivas de la zona donde se encuentren.

4.4 Impactos económicos

No existe información de valoraciones de los impactos en costos para remediación, control y erradicación de *Melaleuca quinquenervia*. Pero en un análisis económico se ha analizado desde el punto de vista de los costos de eliminar y extraer las plantas de *M. quinquenervia* en zonas invadidas, incluido el combustible y el salario del operador; el costo para la operación y el mantenimiento de una máquina y un operador fue de aproximadamente \$125 US dls/hr. Los costos reportados aquí son mucho más altos que los costos operativos reportados para la extracción de madera en el sureste de los EUA (Stocker, 1999).

Por otro lado, los economistas y ecólogos han estimado que el valor de los servicios prestados por los humedales es del orden de \$14,785 US dls por hectárea por año (Costanza *et al.*, 1997). Y el valor perdido de los servicios debido a las infestaciones de *M. quinquenervia* totalizaron casi \$30 millones de US dls por año (Center *et al.*, 2000). Sin embargo, se estima que de fallar el control habría un costo de \$161 millones de US dls (Laroche, 1999). En esto, se originan costos relacionados con salud pública que se estima entre 0.5 y 2.0 millones de US dls/año. Es decir, esta estima se ha hecho por los registros problemas en salud pública por alergias (Sánchez-Silva, 2004).

5. Control y mitigación

Las técnicas de control de *Melaleuca quinquenervia* incluyen métodos de control químico con herbicidas, biológicos, mecánicos y físicos. Es probable que se requiera de la integración de todas las técnicas de control disponibles para eliminar efectivamente a *M. quinquenervia*. Pero el control con herbicida ha sido la técnica más práctica y económicamente viable para limitar la expansión de la especie en una región. Al menos, esa fue la experiencia en los Everglades de Florida. La extracción mecánica resulta muy costosa y puede dañar hábitats particulares sensibles. A la fecha, el control biológico de *M. quinquenervia* no se maneja fácilmente. Los insectos dependientes de esta especie de

planta (sea porque la usen como alimento, por poner sus huevos o pupar en ellas), son los candidatos para el control biológico. El primer insecto candidato, fue el gorgojo de la *Melaleuca* (*Oxyops vitiosa*) que fue aprobado para un estudio de cuarentena en EUA en mayo de 1992 (Bodle *et al.*, 1994).

El mecanismo mecánico que se se ha seguido con *M. quinquenervia* consiste en usar por ejemplo, un recolector de árboles. El operador de la cosechadora debe cortar árboles lo más cerca posible del suelo optimizando el tiempo para cortar cada árbol (Stocker, 1999).

Los métodos mecánicos incluyen la tala de árboles y la extracción manual de árboles jóvenes, que generalmente se limita a árboles menores de 2 m. Estos métodos requieren mucha mano de obra y solo son factibles en áreas pequeñas. Hay métodos físicos que incluyen el uso de quema prescrita y de inundación, pero como *M. quinquenervia* es tolerante al fuego, no es un método recomendable.

Por otro lado, se ha visto que las operaciones de manejo, como el tratamiento con herbicidas o la tala de árboles, generalmente desencadenan la caída masiva de semillas y el posterior reclutamiento de una multitud de plántulas. Por ello, se debe de tener cuidado de no inducir la proliferación de la planta invasora, máxime que se sabe que *M. quinquenervia* mantiene los frutos con semillas por varios años, y liberan cantidades enormes de semillas por cada árbol.

Los brotes epicórmicos y los brotes de raíz también complican el control. Los brotes epicórmicos a menudo se forman después de la tala. Los árboles maduros sujetos a tratamiento con herbicida parecerían haber muerto durante varios meses porque lucen deshojados, pero es muy factible que vuelvan a foliar a partir de brotes del tallo o brotes epicórmicos. Asimismo, inmediatamente después de aplicar el herbicida, las plantas de *M. quinquenervia* crecen a partir de las semillas (Lopez *et al.*, 2004). Es necesario monitorear y vigilar para asegurar la eficacia de un programa de control químico y mecánico en esta especie (Turner *et al.*, 1998).

En relación a las técnicas y tipos de tratamiento con químicos, se han aplicado a los tocones, y las raíces dañadas y las coronas radicales pueden requerir la aplicación de herbicida

para prevenir la brotación y que vuelvan a crecer (Stocker, 1999). Se ha dado tratamiento a *M. quinquenervia* con el herbicida Velpar (hexazinona, 3-ciclohexil-6- (dimetilamino) - 1-metil-1,3,5-triazina-2,4 (1H, 3H) -diona) (Martin, 2011). Solo la hexazinona a 4,5 kg/ha y tebutiurón a 11,2 kg/ha produjeron un control superior al 80%. Pero la hexazinona ha estado fuera del mercado para el control de melaleuca desde el 1 de enero de 1995. Otros estudios realizados en la Reserva Nacional Big Cypress (BCNP) en junio de 1993 indicaron que una combinación de imazapyr a 1,68 kg/ha y glifosato a 3 kg/ha aplicado con un surfactante de aceite de semilla metilado ha dado un control de 95% de *M. quinquenervia* (Laroche, 1998).

En cuanto al control biológico, se buscan insectos herbívoros que estresen al árbol *M. quinquenervia* de tal manera que se reduzca su tasa de crecimiento y vitalidad, así como se disminuya la propagación de la semilla y se incremente la mortalidad de plántulas/retoños (Turner *et al.*, 1998). Es importante considerar que es probable que una sola especie de insecto no proporcione un control efectivo. Los agentes que se han probado son:

1. El gorgojo que come las hojas, *Oxyops vitiosa* (Pascoe) (Coleoptera: Curculionidae) (Center *et al.*, 2000) y el psílido *Boreioglycaspis melaleuca* Moore (Homoptera: Psyllidae). Los psílidos son comunes en *M. quinquenervia* durante todo el año, aunque las densidades son más altas desde fines del otoño hasta la primavera, antes del inicio de la temporada de lluvias. Este estudio informó que: (1) altas densidades de psílidos (ninfas P15 por las plántulas) fueron requeridas para reducir la supervivencia, el crecimiento y la biomasa de las plántulas; (2) los gorgojos no redujeron la supervivencia, el crecimiento y la biomasa de las plántulas; y (3) los psílidos y los gorgojos no interactúan en sus efectos sobre las plántulas (Sevillano *et al.*, 2010).

2. *Lophodiplosis trifida* (Diptera: Cecidomyiidae), *Boreioglycaspis melaleuca* (Homoptera: Psyllidae), *Eucercoris suspectus* (Homoptera: Miridae), *Lophyrotoma zonalis* (Hymenoptera: Pergidae), *Pomponatus typicus* (Homoptera: Coreidae), *Fergusonina* sp. (Diptera: Fergusoninidae), *Lophodiplosis indentata* (Diptera: Cecidomyiidae), *Poliopaschia lithochlora* (Lepidoptera: Pyralidae). Son varios agentes de control biológico, y la estrategia es introducir múltiples especies de agentes que atacan muchos tipos diferentes de tejidos

vegetales para minimizar la competencia entre los agentes y agregar estrés a muchas partes diferentes de la planta (Turner *et al.*, 1998; Van Driesche *et al.*, 2007). Se había observado que las larvas del himenóptero *Lophyrotoma zonalis* hojas vorazmente y ocasionalmente defoliar grandes árboles de *M. quinquenervia* en Australia (Buckingham, 2001), así como producen un daño extenso por lo que es capaz de reducir el vigor de esta especie de planta así como su competitividad con especies vegetales adyacentes (Burrows y Balciunas, 1997).

3. El uso de la mosca específica del hospedero (*Fergusonina turneri* Taylor; Diptera: Fergusoninidae) y un nemátodo mutualista (*Fergusobia quinquenerviae* Davies y Giblin-Davis), ambos insectos provocan agallas sobre *M. quinquenervia* en Australia (Van Driesche *et al.*, 2007). El riesgo que tenía el uso de la larva de la mosca sierra no fue aceptable y no se autorizó introducirlo. Los investigadores de control biológico temían que las aves paserinas que arriban hambrientas a la Florida después de la migración de primavera pudiesen ser envenenadas si devoraban las larvas tóxicas (Van Driesche *et al.*, 2007).

En resumen, hasta la fecha se desarrollaron y lanzaron tres agentes de control biológico en *M. quinquenervia*, todos se han establecido y generalizado en melaleuca en Florida. *Oxyops vitiosa*, un gorgojo que se alimenta del follaje fue lanzado en 1997. *Boreioglycaspis melaleucae*, un psílido alimentador de savia fue lanzado en 2002. *Lophodiplosis trifida*, un mosquito formador de agallas fue lanzado en 2008. El ataque de estos agentes ha logrado una reducción de hasta 99% en la producción de semillas; también una reducción de más de 85% en el número de árboles semilleros, y la biomasa del árbol se redujo hasta en 77%; las poblaciones en el campo se han vuelto hasta un 84% menos densas, la tasa de crecimiento de las plantas se redujo en 50%; los árboles son ahora 36.5% más susceptibles al fuego, y entre 30-40% más susceptibles a los herbicidas. De manera relevante, a partir de estos controles la diversidad de plantas nativas ha aumentado hasta cuatro veces (NRCS USDA, 2019e).

6. Normatividad

En México esta considerada como especie exótica invasora DOF: 07/12/2016.

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5464456&fecha=07/12/2016

Asimismo, en México está considerada como maleza nociva en la Norma Oficial Mexicana NOM-043-FITO-1999. Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer las especificaciones para prevenir la introducción y el eventual establecimiento y dispersión de especies de malezas de importancia cuarentenaria. Los vegetales, sus productos y subproductos que se pretendan introducir al país, que estén sujetos al cumplimiento de otra(s) norma(s) oficial(es) mexicana(s), independientemente de los requisitos señalados en las mismas, deberán venir libres de *Melaleuca quinquenervia*.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/204078/NOM-043-FITO-1999_01032000.pdf

En México existen además algunos recursos bibliográficos donde se considera a *Melaleuca quinquenervia* como especie invasora, pero sin ningún carácter legal, tales como:

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>

Considerada como invasora en la Lista de especies exóticas invasoras para México SEMARNAT.

<https://www.gob.mx/semarnat/documentos/listado-de-plantas>

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/221050/Melaleuca_quinquenervia.pdf

A continuación, se resumen las leyes, normas y regulaciones emitidas en los diferentes países con respecto a la exclusión, prohibición, restricción o autorizaciones para la introducción, de *Melaleuca quinquenervia*. Las localidades para hacer la búsqueda se obtuvieron de CABI, GRIIS, PIER, Convention of Biological Diversity; también se consultaron otras fuentes y de la base de datos del proyecto.

CABI. 2018e. *Melaleuca quinquenervia* [original text by Julissa Rojas-Sandoval, Department of Botany-Smithsonian NMNH, Washington DC, USA, Pedro Acevedo-Rodríguez, Department of Botany-Smithsonian NMNH, Washington DC, USA]. In: Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International.

<https://www.cabi.org/ISC/datasheet/34348>

GRIIS: Global register of introduced and invasive species.

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

Se presenta la normatividad nacional y posteriormente la internacional para *Melaleuca quinquenervia*.

6.1 Legislación Mexicana

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

6.2 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 Brasil, quarantine species of Brasil, list pest of Brasil, list weeds of Brasil, list invasive plants in Brasil, list of noxious weeds in Brasil.

Países que la consideran Exótica o Introducida Invasiva

Australia

Considerada como hierba con categoría Nn 1A, 2ª, 3, 4 y 5. The introduced flora of Australia and its weed status. CRC for Australian Weed Management. Department of Agriculture and Food, Western Australia.

Categorías:

Nn: esta planta es una especie nativa australiana que se ha naturalizado más allá de su rango nativo dentro de Australia.

1: Esta planta ha sido registrada como una maleza del entorno natural.

2: Esta planta ha sido registrada como que puede escapar del cultivo.

3: Esta planta ha sido registrada como una maleza de la agricultura.

4: Esta planta ha sido registrada como una maleza nociva (declarada). Esta es una categoría legal y puede tomar la forma de una prohibición de entrada, venta y movimiento para cumplir los requisitos para erradicar o controlar.

5: Esta planta ha sido registrada como una especie invasora. Este es el criterio más serio que puede aplicarse a una planta y se utiliza generalmente para malas hierbas ambientales y / o agrícolas de alto impacto que se propagan rápidamente y muchas veces crean monocultivos.

https://www.une.edu.au/_data/assets/pdf_file/0019/52372/2007.-The-introduced-flora-of-Australia-and-its-weed-status.pdf

Bahamas

Considerada como especie invasora con la categoría de erradicación. Critical situation analysis (CSA) of invasive alien species (IAS) status and management, the Bahamas, 2013. Department of marine resources, ministry of agriculture, marine resources and local government, Nassau, the Bahamas.

BEST Commission (2003), The National Invasive Species Strategy for The Bahamas. BEST, Nassau, The Bahamas, 34 pp.

Considerada como especie invasora. Invasive Alien Species Database for Caribbean Region, (Last updated Wednesday April 25th, 2012).

Bullard, JM. (2013). Critical Situation Analysis (Csa) of Invasive Alien Species (Ias) Status and Management, The Bahamas, 2013. Nassau: Department of Marine Resources.

Considerada como especie introducida invasora. Moultrie, S. (2013). Bahamas Invasive Species Field Guide 2013. Nassau, The Bahamas: Department of Marine Resources.

http://www.ciasnet.org/wp-content/uploads/2013/10/CSA-Bahamas-2013_Final.pdf

<https://brief.org/wp-content/uploads/2015/07/BahamasInvasiveSpeciesFieldGuide.pdf>

<http://edepot.wur.nl/198282>

<http://www.friendsoftheenvironment.org/wp-content/uploads/2012/08/Bahamas-National-Strategy-for-Invasive-Species.pdf>

<http://www.ciasnet.org/wp-content/uploads/2012/11/IAS-in-the-Caribbean-Database-.pdf>

http://www.ciasnet.org/wp-content/uploads/2013/10/CSA-Bahamas-2013_Final.pdf

<http://www.ciasnet.org/wp-content/uploads/2014/05/Bahamas-IS-Field-Guide-ebook.pdf>

Cuba

Considerada como especie exótica invasora agresiva y con mayor plasticidad ecológica de prioridad para trabajar intensamente, considerando su alta agresividad en diferentes ecosistemas cubanos. IV Informe Nacional al Convenio Sobre la Diversidad Biológica República de Cuba.

<https://www.cbd.int/doc/world/cu/cu-nr-04-es.pdf>

Estados Unidos de América (EUA)

Se encuentra en la lista del gobierno federal de EUA como hierba nociva o en la lista de algunos estados, NRCS Invasive Species Policy e Invasive Species Executive Order 13112.

<i>Estados Unidos de América</i>	<i>Hierba Nociva</i>
Alabama	Clase A hierba nociva
California	Cuarentena
Florida	Hierba nociva, Planta acuática prohibida Clase 1
Carolina del Norte	Clase A hierba nociva
Carolina del Sur	Planta acuática invasiva, plaga
Massachusetts	Cuarentena
Oregon	Prohibida
Texas	Planta nociva
Vermont	Clase A hierba nociva

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

<https://plants.usda.gov/java/noxComposite>

<https://www.cbd.int/invasive/doc/legislation/United-States.pdf>

Listada como plantas de mayor invasión en Bioinvasión and Global Environmental Governance: The Transnational Policy Network on Invasive Alien Species United States' Action on IAS. United States Department of Agriculture.

<https://www.invasivespeciesinfo.gov/profile/melaleuca>

<https://www.cbd.int/invasive/doc/legislation/United-States.pdf>

Alabama

Considerada como invasora con la categoría Clase A: hierba nociva. Division of Plant Industry. 2003. Summary of plant protection regulations (20 October 2003). Alabama Department of Agriculture and Industries.

<https://plants.usda.gov/java/noxious?rptType=State&statefips=01>

California

Considerada en la lista de hierbas nocivas de California en calidad de cuarentena. California Department of Food and Agriculture 107.1 Plant Quarantine Manual 06-09-14 California Quarantine Policy – Weeds. California Department of Food and Agriculture 613.1.

https://www.cdffa.ca.gov/pdcp/Documents/Regulations/3658_TxtOfReg.pdf

<http://pi.cdffa.ca.gov/pqm/manual/pdf/107.pdf>

<http://pi.cdffa.ca.gov/pqm/manual/pdf/INDEX-M.pdf>

http://pi.cdffa.ca.gov/pqm/manual/html/pqm_index.htm#federal

Carolina del Norte

Considerada como invasora con la categoría Clase A: hierba nociva. North Carolina Department of Agriculture. 2003. Regulations for state noxious weeds (20 October 2003). North Carolina Department of Agriculture.

<https://plants.usda.gov/java/noxious?rptType=State&statefips=37>

Carolina del Sur

Considerada como planta invasora ilegal en Carolina del Sur considerada como peste. Regulada por South Carolina Code of Regulations. Chapter 27. Clemson University (Statutory Authority: 1976 Code §§ 46-9-40; 46-13-30; 46-13-55). Article

10. Seed Irish Potatoes 27-135. Designation of Plant Pests.

<http://www.dnr.sc.gov/water/envaff/aquatic/illegal1.html>

<http://www.dnr.sc.gov/water/envaff/aquatic/aquaticlaws.html>

Florida

Considerada con la categoría 1: Exótica invasora que altera las comunidades de plantas nativas al desplazar las mismas, cambia las estructuras de la comunidad o las funciones ecológicas, o hibrida con las especies nativas. Esta definición no se basa en la gravedad económica o el alcance geográfico del problema, sino en el daño ecológico causado documentado. List of Invasive Plant Species, Florida Exotic Pest Plant Council's 2019.

[http://bugwoodcloud.org/CDN/fleppc/plantlists/2019/2019 Plant List ABSOLUTE FINAL.pdf](http://bugwoodcloud.org/CDN/fleppc/plantlists/2019/2019_Plant_List_ABSOLUTE_FINAL.pdf)

Considerada como naturalizada e invasora en el listado de The 74 alien forestry species found to be associated with naturalization or invasion events in North America.

Haysom, K.A. & Murphy, S.T. 2003. The status of invasiveness of forest tree species outside their natural habitat: a global review and discussion paper. Forest Health and Biosecurity Working Paper FBS/3E. Forestry Department. FAO, Rome (unpublished).

<http://www.fao.org/3/J1583E/J1583E00.htm>

Massachusetts

Considerada como invasora, la importación y propagación está actualmente prohibida dentro del estado de Massachusetts. Massachusetts Prohibited Plant List. Department of Agricultural Resources of Massachusetts.

<https://www.mass.gov/service-details/massachusetts-prohibited-plant-list>

https://www.mass.gov/files/documents/2017/11/15/prohibited_plant_list_sciname_0.pdf

Oregon

Considerada como hierba nociva prohibida. Oregon Administrative Rules. 2006. Quarantine; noxious weeds, Chapter 603-52-1200 (24 May 2006). State of Oregon. Oregon Department of Agriculture. 2006. Noxious weed policy and classification system (24 May 2006). Oregon Department of Agriculture.

<https://plants.usda.gov/java/noxious?rptType=State&statefips=41>

Texas

Considerada como planta nociva en la categoría de prohibida. Texas Department of Agriculture - Noxious Weed List.

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

https://www.texasinvasives.org/plant_database/tda_results.php?offset=10

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

<https://statutes.capitol.texas.gov/?link=AG>

Vermont

Considerada como invasora con la categoría Clase A: hierba nociva. Vermont State-listed Noxious Weeds. Vermont Department of Agriculture, Food and Markets. 2003. Quarantine #3 - noxious weeds (20 October 2003). Vermont Department of Agriculture, Food and Markets.

<https://plants.usda.gov/java/noxious?rptType=State&statefips=50>

Fiji

Considerada como invasora en Invasive species present in American Samoa, Fiji, French Polynesia, Hawai'i, Samoa or Tonga but not present in the Cook Islands. Report to the Government of the Cook Islands on Invasive Plant Species of Environmental Concern.

138 Records of Species that are Invasive in Philippines.

<https://piln.sprep.org/content/74281>

https://www.sprep.org/att/IRC/eCOPIES/Countries/Cook_Islands/17.pdf

Guam

Considerada como invasora en el listado: Invasive species present in Fiji, Guam, Hawai'i, the Marshall Islands, Nauru, Samoa or Tonga but not present in Kiribati. Report to the Republic of Kiribati on Invasive Plant Species on the Islands of Tarawa, Abemama, Butaritari and Maiana.

Considerada en el listado de probables especies invasoras. Shine, C., J.K. Reaser, & A.T. Gutierrez. (eds.). 2003. Invasive alien species in the Austral. Pacific Region: National Reports & Directory of Resources. Global Invasive Species Programme, Cape Town, South Africa.

<https://piln.sprep.org/content/74283>

<https://www.sprep.org/att/IRC/eCOPIES/Countries/Kiribati/11.pdf>

<https://www.sprep.org/attachments/52.pdf>

Considerada en el listado preliminar de plantas invasoras en Guam. Invasive species in the Pacific: A technical review and draft regional strategy. South Pacific Regional Environment Programme.

http://www.issg.org/cii/Electronic%20references/pii/references/sherley_invasivespecies_in_the_pacific_a_technical_review_and_draft_regional_strategy.pdf

Guyana

Considerada como invasora por the Environmental Protection Agency (EPA) Guyana. Invasive alien species in Guyana: Assessment report, national strategy and action plan 2012. Para mayor información sobre la legislación y control en la liga.

<https://www.cabi.org/Uploads/isc/caribbean-legislation/BEAP-IAS-guyana-national-strategy-nov-2011.pdf>

Hawaii

Considerada como invasora en Invasive species present in American Samoa, Fiji, French Polynesia, Hawai'i, Samoa or Tonga but not present in the Cook Islands. Report to the events in the Pacific region. Government of the Cook Islands on Invasive Plant Species of Environmental Concern.

Considerada como naturalizada e invasora en: The 57 alien forestry species found to be associated with naturalization or invasion. Haysom, K.A. & Murphy, S.T. 2003. The status of invasiveness of forest tree species outside their natural habitat: a global review and discussion paper. Forest Health and Biosecurity Working Paper FBS/3E. Forestry Department. FAO, Rome (unpublished).

<https://piln.sprep.org/content/74281>

https://www.sprep.org/att/IRC/eCOPIES/Countries/Cook_Islands/17.pdf

<http://www.fao.org/3/J1583E/J1583E00.htm>

Considerada en el listado preliminar de plantas invasoras en Hawaii. Invasive species in the Pacific: A technical review and draft regional strategy. South Pacific Regional Environment Programme.

http://www.issg.org/cii/Electronic%20references/pii/references/sherley_invasivespecies_in_the_pacific_a_technical_review_and_draft_regional_strategy.pdf

Islas Solomon

Considerada como prohibida. Biosecurity Act 2013 Prohibition of Imports Order. Minister for Agriculture and Livestock Development. Supplement to the Solomon Islands Gazette.

http://www.paclii.org/cgi-bin/sinodisp/sb/legis/sub_leg/ba2013poi192016481/index.html?stem=&synonyms=&query=Melaleuca%20quinquenervia

Jamaica

Considerada como especie invasora en National Strategy and Action Plan on Biological Diversity in Jamaica 2016-2021. Fourth and Fifth National Report for Jamaica. National Environment and Planning Agency (NEPA), Jamaica.

<https://www.cbd.int/doc/world/jm/jm-nbsap-v2-en.pdf>

<https://www.cbd.int/doc/world/jm/jm-nr-04-en.pdf>

<https://www.cbd.int/doc/world/jm/jm-nr-05-en.pdf>

Considerada como especie exótica invasora. The Institute of Jamaica is an agent of the Ministry of Tourism, Entertainment and Culture. Naturalised and invasive alien plant species in the Caribbean Netherlands: status, distribution, threats, priorities and recommendations.

<http://www.jamaicachm.org.jm/Biodiversity/intro.asp>

<http://edepot.wur.nl/198282>

<http://www.oas.org/dsd/iabin/component2/Jamaica/I3N-InstituteOfJamaica/Poster.pdf>

Madagascar

Considerada como especie posiblemente invasora. Fifth National Report to the Convention on Biological Diversity – Madagascar. Ministry of Environment and Forests Madagascar.

<https://www.cbd.int/doc/world/mg/mg-nr-05-en.pdf>

Malasia

Considerada como especie invasora en: 106 Records of Species that are Invasive in Malaysia. ASEAN Clearing House Mechanism.

Considerada como no nativa. Malaysia Biodiversity Information System (MyBIS.).

<https://www.mybis.gov.my/sp/30906>

http://chm.aseanbiodiversity.org/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=310

Micronesia

Considerada en el listado preliminar de plantas invasoras en Micronesia. Invasive species in the Pacific: A technical review and draft regional strategy. South Pacific Regional Environment Programme.

http://www.issg.org/cii/Electronic%20references/pii/references/sherley_invasivespecies_in_the_pacific_a_technical_review_and_draft_regional_strategy.pdf

Mozambique

Considerada como cultivada. Hyde, M.A., Wursten, B.T., Ballings, P. & Coates Palgrave, M. (2019). Flora of Mozambique: Cultivated plants: genus page: Melaleuca.

https://www.mozambiqueflora.com/cult/genus.php?genus_id=2112, retrieved 18 July 2019

https://www.mozambiqueflora.com/cult/genus.php?genus_id=2112

Polinesia Francesa

Considerada en el listado de plantas presentes y potencialmente dañinas en la Polinesia. Arrêté n° 740 C M du 12 juillet 1996 fixant la liste des organismes nuisibles des végétaux et produits végétaux susceptibles de véhiculer des organismes nuisibles et dont l'importation en Polynésie française est interdite ou autorisée sous certaines conditions.

Considerada como invasora en Invasive species present in American Samoa, Fiji, French Polynesia, Hawai'i, Samoa or Tonga but not present in the Cook Islands. Report to the Government of the Cook Islands on Invasive Plant Species of Environmental Concern.

http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&esrc=s&source=appssearch&uact=8&cd=0&cad=rja&q&sig2=8LvcE0cjNoQ1If_SacLyHg&ved=0ahUKEwi26pPkgIPjAhUcs98KHXMSCBI4ABABKAAwAA&url=http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/FPL159890.pdf&usg=AOvVaw2g4jXbFpPhnCEAX2otEy6a

<https://piln.sprep.org/content/74281>

https://www.sprep.org/att/IRC/eCOPIES/Countries/Cook_Islands/17.pdf

Puerto Rico

Considerada como prohibida por la Ley N° 28 - Ley para prohibir en Puerto Rico la posesión, venta, siembra y el transporte de semillas del árbol *Melaleuca quinquenervia*.

Se prohíbe en Puerto Rico la posesión, venta, siembra y el transporte de semillas del árbol *Melaleuca quinquenervia* a menos que haya obtenido permiso previo de parte del

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, asignar al Cuerpo de Vigilantes de Recursos Naturales y Ambientales la función de velar por el cumplimiento de esta Ley, para disponer penalidades por el incumplimiento de la misma.

Considerada como especie invasora. Invasive Alien Species Database for Caribbean Region, (Last updated Wednesday April 25th, 2012).

Considerada como naturalizada e invasora. The 114 alien forestry species found to be associated with naturalization or invasion events in South America.

Haysom, K.A. & Murphy, S.T. 2003. The status of invasiveness of forest tree species outside their natural habitat: a global review and discussion paper. Forest Health and Biosecurity Working Paper FBS/3E. Forestry Department. FAO, Rome (unpublished).

http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&esrc=s&source=appssearch&uact=8&cd=0&cad=rja&q&sig2=lbtqknl_dKNPvHObzyjhSA&ved=0ahUKEwiFqJeU9YLjAhVCwnsKHY0IBQA4ABABKAAwAA&url=http://extwprlegs1.fao.org/docs/texts/pue79014.doc&usg=AOvVaw38bih2NkJ9aaqD2NdBXEu3

<http://www.ciasnet.org/wp-content/uploads/2012/11/IAS-in-the-Caribbean-Database-.pdf>

<http://www.fao.org/3/J1583E/J1583E00.htm>

Considerada como naturalizada e invasora en el listado de The 114 alien forestry species found to be associated with naturalization or invasión events in South America.

Haysom, K.A. & Murphy, S.T. 2003. The status of invasiveness of forest tree species outside their natural habitat: a global review and discussion paper. Forest Health and Biosecurity Working Paper FBS/3E. Forestry Department. FAO, Rome (unpublished).

<http://www.fao.org/3/J1583E/J1583E00.htm>

República Dominicana

Considerada como invasora en el documento: Estrategia nacional de especies exóticas invasoras por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Se encuentra prohibida para usarla para reforestación.

Regulada por la ley marco ambiental en la República Dominicana que es la Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ley 64-00). Artículo 144, la referida ley prohíbe la introducción de especies exóticas que puedan tornarse invasoras o perjudiciales para la biodiversidad, salud humana o económica del país, estableciendo lo siguiente:

“Se prohíbe la introducción al país de especies o ejemplares de fauna y flora exótica que puedan perjudicar los ecosistemas naturales o la flora y la fauna endémica o nativa, puedan constituirse en plagas o puedan poner en peligro la vida y la salud de los seres humanos u otras especies vivas o puedan servir como objeto o como participantes activos en actividades de caza que impliquen o tiendan a la eliminación, sacrificio, maltrato, hostigamiento o tortura de ejemplares únicos o sus crías”.

Dentro del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Vice-Ministerio de Áreas Protegidas y Biodiversidad cuenta con un procedimiento para la emisión de permisos y certificación de no objeción para importación y exportación de especies reguladas por la Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre (Cites), así como de las especies silvestres no contempladas en esta convención.

Por su parte el Ministerio de Agricultura tiene entre sus funciones la de certificar la condición de inocuidad fitosanitaria de las plantas y derivados (semillas, esporas, esquejes, etc.) para evitar la introducción accidental de plagas de artrópodos, moluscos o microorganismos patógenos de los productos agrícolas (Ley No. 8, 1965). Dada la importancia del impacto económico de estas especies sobre las actividades de desarrollo agropecuario, el Ministerio de Agricultura cuenta con áreas especializadas para el control de los productos de origen biológico que ingresan al país, como un mecanismo de prevención en la introducción de plagas y patógenos a las áreas nacionales de producción. Esta dependencia es la Dirección de Sanidad Vegetal, la cual cuenta con procedimientos de inspección y cuarentena, personal de vigilancia en aeropuertos y puertos del país.

Para mayor detalle de la información verificar las siguientes ligas:

<http://ambiente.gob.do/especies-invasoras/>

<http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/Estretega-Nacional.pdf>

<http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/Analisis-Situacion-Critica.pdf>

<http://edepot.wur.nl/198282>

Seychelles

Considerada como planta potencialmente invasora. Cousin and Cousine islands.

Status and Management of Alien Invasive Species. Improving management of NGO and privately-owned Nature Reserves and high biodiversity islands in Seychelles. Para información de control y legislación verificar la siguiente liga:

<http://www.natureseychelles.org/knowledge-centre/scientific-papers-database/scientific-papers/42-status-of-invasive-species-on-cousine-and-cousin-islands-seychelles/file>

Sudáfrica

Considerada como invasora, se encuentra dentro del listado: Alien Invasive Plants List For South África 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 de medio ambiente 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.

National Environmental Management: Biodiversity Act, (NEMBA) (2014). Government Gazette, 12 February 2014. 584, No. 37320:

Southern African Plant Invaders Atlas (SAPIA) (2014). SAPIA News. 33,

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). (http://www.reabic.net/journals/bir/2016/4/BIR_2016_Howard_etal.pdf) 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>

Tailandia

Considera como especie invasora. Global invasive plants in Thailand and its status and a case study of *Hydrocotyle umbellata* L. Zungsontiporn, S. (2006, September). Global invasive plants in Thailand and its status and a case study of *Hydrocotyle umbellata* L. *In*: Proceedings of International Workshop on Development of Database (APA5D) for Biological Invasion. Sin caracter legal.

Considerada como especie invasora en el listado: 113 Records of Species that are Invasive in Thailand. ASEAN Clearing House Mechanism.

http://chm.aseanbiodiversity.org/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=314

http://en.fftc.org.tw/htmlarea_file/activities/20110826121346/paper-615244292.pdf

Trinidad y Tobago

Considerada con establecida y potencialmente invasora. Trinidad and Tobago Invasive Alien Species (IAS). Gobierno de Trinidad y Tobago.

<http://www.biodiversity.gov.tt/home/trinidad-a-tobago-biodiversity/invasive-alien-species.html>

7. Resultados del análisis de riesgo de *Melaleuca quinquenervia*

A continuación, se presenta la justificación y las referencias consideradas para cada pregunta dentro del análisis de riesgo WRA (Weed Risk Assessment; Pheloung, 1995; Pheloung *et al.*, 1999) con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.* (2010) para *Melaleuca quinquenervia* (ver Apéndice 1):

Historia/Biogeografía

1. Domesticación/Cultivo

1.01. ¿Es una especie domesticada?

R= No (0). *M. quinquenervia* se ha transportado con fines comerciales, ornamentales y de sombra, como cortinas rompe vientos y para el control de la erosión, como leña, así como con fines medicinales tradicionales (Marcar *et al.*, 1995) (ver Usos y comercialización). Puede escapar de cultivos, se le considera una maleza escapada de cultivos, dañina para los mismos.

2. Clima y Distribución

2.01. Especie adecuada a climas en México

R= Sí (2). Alta en algunas partes de México. De acuerdo a los registros, *M. quinquenervia* puede ocurrir en una variedad de climas. En México, con base en los registros obtenidos en este proyecto (cinco registros), se presenta solo en climas del tipo subtropical con invierno seco y semiárido cálido. De acuerdo a la modelación y al análisis de similitud climática realizados se puede ver una alta adecuación a los climas en gran parte de México (Anexo 2, cuadros 1, 2).

2.02. Calidad de la similitud climática

2.02. Calidad de la similitud climática

R= Alta (2). Basado en el alto número de registros de distribución nativa e introducida de *M. quinquenervia*, la planta presenta una alta coincidencia con climas similares de México,

presentando un modelo robusto (ver modelos de similitud climática, Fig. 5 dentro de Apéndice 2).

2.03. Especie adaptable a un rango ambiental muy amplio

R= Sí (1). *M. quinquenervia* ocurre en una amplia variedad de hábitats, en sitios con climas subtropicales, tropicales y templados-cálidos, con condiciones estacionales tanto secas como húmedas durante seis meses del año (Quentin & Fuller, 2001; CABI, 2018e). Los árboles pueden crecer con precipitación anual entre 1,020-5,080 mm (ver Ecología); se le ha visto invadiendo fuertemente donde hay suelo húmedo y pantanoso; tolera inundaciones (Scher *et al.*, 2015) y ambientes degradados. Crecen óptimamente a temperaturas anuales promedio de 24°C a 18°C, pero a elevaciones altas los árboles crecen a temperaturas aún más bajas (Geary, 1998). En Australia crece en áreas con temperaturas medias anuales que oscilan entre 18°C y 34°C, y a altitudes bajas del nivel del mar hasta 500 m en el cinturón costero, comúnmente en los pantanos estacionales y en los bordes de las aguas de marea. En cambio en Hawai, crece bien en condiciones húmedas de hasta 1,400 m de altitud (ver Ecología).

En México, *M. quinquenervia* crece en climas variados (ver 2.01). Analizando los registros que se obtuvieron 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 *M. quinquenervia* se le encuentra en climas del tipo tropical monzónico, ecuatorial o tropical húmedo, subtropical sin estación seca con verano cálido, semiárido cálido, oceánico verano suave, tropical seco o de sabana con invierno seco. De acuerdo a los registros del área invadida, los climas van del tipo tropical monzónico, ecuatorial o tropical húmedo, tropical seco o de sabana con invierno seco, subtropical con invierno seco, semiárido cálido, templado con invierno seco, árido cálido, mediterráneo verano suave, oceánico verano suave, subtropical sin estación seca con verano cálido (Tabla 1, en Apéndice 2). Por todo lo anterior concluimos que la especie tiene un alto grado de versatilidad ambiental.

2.04. Nativo o naturalizada en hábitats con periodos extensivos de sequía

R= Sí (1). *M. quinquenervia* es resistente a la sequía. En México, de acuerdo a los registros de ocurrencia en la base de datos *M. quinquenervia* se presenta en zonas con periodos prolongados de sequías, tales como los estados de Aguascalientes, Jalisco y Morelos (de acuerdo a datos del SMN; Apéndice 3).

2.05. Hay evidencia de introducciones repetidas fuera de su rango de distribución natural?

R= Sí. *M. quinquenervia* fue introducido a EUA hacia 1886 por Florida como planta de ornato. La segunda introducción fue en 1898 con semillas de Italia. De 1900 a 1902 USDA realizó importaciones de Francia. En 1906, 1908, 1911, 1921, 1930 y 1959 se introdujeron de Australia. En 1916, 1917 y 1943 USDA introdujo semillas de Madagascar (Allen, 2003; ver Origen de individuos comercializados e Historia de la comercialización). En Bahamas se recibieron semillas de plantas de Florida, EUA (Allen, 2003). Una historia de la invasión en Florida se ha presentado con detalle (ver Dray *et al.*, 2009). En Puerto Rico, el primer registro de siembra de melaleuca fue en el primer cuarto del siglo XX (Pratt *et al.*, 2005). Posteriormente, en un intento de reforestar los Everglades o desecarlos, en 1936 se dispersaron desde un avión semillas de *M. quinquenervia*. En Cuba se introdujo aproximadamente en el año 1962, con un fin de uso ornamental (ver Origen de individuos comercializados e Historia de la comercialización).

3. Maleza en cualquier sitio

3.01. Naturalizado fuera de su rango nativo de distribución

R= Sí (2). *M. quinquenervia* se ha introducido a 61 países incluyendo islas (ver Estatus y Legislación). Se considera un árbol invasor (Richardson, 2011), y una maleza, naturalizada, invasora (Randall, 2012) (ver apartado Estatus y base de datos del proyecto).

3.02. Maleza de jardines o de espacios de uso público urbano

R= No (0). No hay evidencias. *M. quinquenervia* puede escapar de cultivos (Randall, 2012) además de que tolera ambientes degradados (Di Stefano y Fisher, 1984), por lo que es factible que invada zonas urbanas siendo además ornamental. Pero en jardines y espacios públicos urbanos no parece generar impactos negativos.

3.03. Maleza agrícola, hortícola o forestal

R= Sí (4). *M. quinquenervia* se cultiva como árbol ornamental y para reforestación, y de allí puede invadir cualquier zona. Se le considera como una maleza, escapada de cultivos, dañina, que la gente debe controlar, inclusive se recomienda cuarentena (Randall, 2012).

3.04. Maleza ambiental (campo)

R= Sí (4). *M. quinquenervia* se categoriza entre las 100 peores especies invasoras en el mundo (Lowe *et al.*, 2004). Se ha catalogado como una maleza asociada con cuerpos de agua, que crece en zonas alteradas o como ruderal; es poco exigente en nutrimentos del suelo (Sánchez-Silva, 2004). Invade hacia zonas naturales como en Hawai y los humedales boscosos y no boscosos del sur de Florida, EUA, en los everglades (Burrows y Balciunas, 1997; Rayamajhi *et al.*, 2006; CABI, 2018e; NRCS USDA, 2019e). Se ha provocado en los everglades que las que antes eran áreas de marismas abiertas cubiertas de hierbas sean ahora bosques pantanosos con dosel cerrado, afectando la función del sistema (Simberloff y Rejmánek, 2011). Se le considera una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos (Randall, 2012)

3.05. Relación filogenética cercana con especies de malezas

R= No (0). No se han encontrado reportes.

Biología/Ecología

4. Rasgos indeseables

4.01. Produce espinas, o estructuras ganchudas

R= No (0). No presentan estas estructuras (ver apartado de Descripción de la especie).

4.02. Alelopática

R= Sí (1). Estudios muestran que *M. quinquenervia* produce sustancias alelopáticas, que libera al ambiente (Di Stefano y Fisher, 1984). La producción de aleloquímicos le permite

colonizar sitios de mejor manera, ya que suprime la germinación y el crecimiento de otras especies, a la vez que compite fuertemente con vegetación ya establecida. En un experimento inhibió el crecimiento de otra planta, Lemna, siendo la segunda especie con mayor poder inhibitorio del crecimiento entre seis especies de plantas seleccionadas (Allan y Adkins, 2005; ver Ecología).

4.03. Parásita

R= No (0). *M. quinquenervia* es una planta de crecimiento arbóreo (ver apartado de Descripción de la especie).

4.04. No adecuado para animales de pastoreo

R= No (-1). No hay evidencias (ver apartado de Usos y comercialización)

4.05. Tóxica a animales

R= No (0). No hay evidencias de su toxicidad para animales, inclusive distintas especies de abejas usan el néctar y el polen (ver Ecología); sin embargo, a partir de la planta se han empezado a generar insecticidas para controlar algunas especies de insectos (Silva *et al.*, 2014).

4.06. Hospedero de plagas o patógenos reconocidos

R= No (0). No hay registros de plagas o patógenos que puedan afectar la producción agrícola de una región.

4.07. Causa alergias o es tóxico para los humanos

R= Sí (1). Se ha reportado que es frecuente que se presenten alergias en piel y respiratorias por causa del polen, de las resinas volátiles y las pequeñas partículas de corteza de *M. quinquenervia*. Las flores y su follaje nuevo producen emanaciones volátiles que causan serios problemas parecidos al asma o una erupción fina y ardiente combinada con dolor de cabeza y náuseas en personas sensibles (Randall & Marinelli, 1996), además han sido implicados como la causa de problemas respiratorios agudos en Florida (Ayensu, 1983; PROSEA, 1999). La melaleuca causa dermatitis de contacto y problemas respiratorios (Wade

et al., 1980); se han registrado problemas de salud pública por alergias (Sánchez-Silva, 2004) (ver Impactos a la Salud).

4.08. Crea un riesgo de incendio en sistemas naturales

R= Sí (1). La invasión de *M. quinquenervia* ha creado un cambio en los regímenes de fuego en las zonas húmedas de Florida, que es un sistema donde anteriormente los fuegos no eran importantes. Es un promotor de fuego, cambiando los regímenes de fuego en zonas donde no existía el fuego o tenía una menor frecuencia (Simberloff y Rejmánek, 2011). Los árboles adultos liberan una gran cantidad de semillas después de un incendio, mismas que pueden establecerse rápidamente en el suelo húmedo y formar matorrales densos (Randall y Marinelli, 1996). En las zonas invadidas las perturbaciones como el fuego excesivo a menudo resultan en el desplazamiento de pinos nativos y en cambios en la distribución de la fauna (Wade *et al.*, 1980).

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

R= No (0). No hay evidencia de que así ocurra.

4.10 Crece en suelos de México

R= Sí (1). Aunque no es suficiente para considerarlo relevante, pues de acuerdo a los 5 registros de la base de datos se encuentra que *M. quinquenervia* crece en México solo en suelos tipo phaeozem (Apéndice 4) (ver apartado Ecología).

4.11. Hábito trepador

R= No (0). *M. quinquenervia* es un árbol (ver apartado de Descripción).

4.12. Crecimiento cerrado o denso

R= Sí (1). *M. quinquenervia* forma matorrales densos al colonizar e ir invadiendo (Rayamajhi *et al.*, 2006; Martin *et al.*, 2010).

5. Tipo de planta

5.01. Acuática

R= No (0). Es un árbol terrestre. Ver apartado de Descripción.

5.02. Pastos (Poaceae)

R= No (0). Es un árbol terrestre. Ver apartado de Descripción.

5.03. Plantas fijadoras de Nitrógeno

R= No (0). Ver apartado de Descripción y Biología e Historia Natural.

5.04. Geófita

R= No (0). Ver apartado de Descripción.

6. Reproducción

6.01. Evidencia de bajo éxito reproductivo en su lugar de origen

R= No (0). No hay reporte de estas evidencias (ver apartado de Biología e Historia Natural).

6.02. Produce semillas viables

R= Sí (1). La literatura indica que las semillas tienen una alta viabilidad (Ayensu, 1983). *M. quinquenervia* produce un gran número de semillas, pudiendo producir hasta 100 millones por árbol (GBIF, 2019), de las cuales hasta un 15% contienen embriones y de éstos 62% son viables (GBIF, 2019). Cada árbol de esta especie produce millones de pequeñas semillas por año, que se mantienen en cápsulas en el árbol, a veces durante años, por lo que su potencial reproductivo es alto. Las semillas retienen su viabilidad en el suelo durante dos o tres años (Thai *et al.*, 2005; GBIF, 2019), pudiendo permanecer los frutos en el árbol con las semillas viables varios años (Boland *et al.*, 2006); en algunos sitios es viable menos de 10 meses (Wade *et al.*, 1980). Se puede asumir que la viabilidad es alta si consideramos que un gramo de semillas contiene alrededor de 30,000 semillas, de las que 3,000 llegan a desarrollar plantas (Medina *et al.*, 2017). Quiere decir que la germinación de semillas fue elevada si se piensa que pudieron morir un 70% de las semillas en el proceso para llegar a fase de plántula (Gunderson, 1983; Boland *et al.*, 2006; ver Biología e historia natural y Potencial de dispersión).

6.03. Híbrida de manera natural

R= No (-1). No hay reportes ni evidencias de híbridos.

6.04. Autofecundación

R= No (-1). Parecen requerir entrecruzamientos obligados (CABI, 2018e).

6.05. Requiere de polinizadores especialistas

R= No (0). No se reportan polinizadores especialistas.

6.06. Reproducción vegetativa

R= Sí (1). *M. quinquenervia* se reproduce asexualmente también, produciendo nuevos individuos a partir de las raíces y de brotes epicórmicos en el tronco (Wade *et al.*, 1980; Turner *et al.*, 1998).

6.07. Tiempo generacional mínimo

R= (0) Los árboles jóvenes de *M. quinquenervia* comienzan a florecer y producir semillas a los 3 años, con menos de 1 m de altura (Sánchez-Silva, 2004; CABI, 2019e).

7. Mecanismos de dispersión

7.01. Los propágulos probablemente puedan ser dispersados no intencionalmente

R= Sí (1). Sus semillas, brotes y raíces se pueden transportar a través de maquinarias, ya que la tierra que se remueve con ellas puede llevar estos propágulos al moverse entre sitios, pudiendo ser por vehículos terrestres y botes que los llevan hacia otros sitios (Gunderson, 1983; Sánchez-Silva, 2004) (ver Rutas de introducción).

7.02. Los propágulos se dispersan intencionalmente por el humano

R= Sí (1). Las semillas de esta especie se han introducido intencionalmente para el cultivo de la especie desde distintos sitios a EUA e inclusive desde este país a otros, como sucedió en las Bahamas y Puerto Rico (Bodle *et al.*, 1994; Allen, 2003; Pratt *et al.*, 2005; Dray *et al.*, 2009; Estrada *et al.*, 2017) (ver Rutas de introducción e Historia de la comercialización).

7.03. Los propágulos pueden ser dispersados como contaminantes de productos

R= No (-1). No existe evidencia.

7.04. Propágulos adaptados a dispersarse por el viento

R= Sí (1). El potencial de dispersión de *M. quinquenervia* es alto, ya que las semillas diminutas pueden ser dispersadas por el viento a grandes distancias; inclusive con semillas viables hasta 1 km de distancia del sitio de liberación del fruto (Wade *et al.*, 1980; Gunderson, 1983; Sánchez-Silva, 2004; PIER, 2007; CABI, 2018e).

7.05. Propágulos con capacidad de flotación exclusivamente en ambientes terrestres

R= Sí (1). Las semillas y raíces pueden ser dispersadas por el agua. Esta dispersión es relevante en época de huracanes y cuando hay gran cantidad de agua corriendo por los arroyos (Gunderson, 1983; PIER, 2007; CABI, 2018e).

7.06. Propágulos dispersados por aves

R= Sí (1). Es probable que la semilla se disperse en el cuerpo de las aves (Wade *et al.*, 1980; Serbesoff-King, 2003) (ver Ecología).

7.07. Propágulos dispersados por animales (de manera externa)

R= Sí (1). Cualquier mamífero (como venado, zarigüeya, mapache), puede recibir accidentalmente una semilla de *M. quinquenervia* y transportarla por kilómetros en su pelo y piel (Serbesoff-King, 2003) (ver Ecología).

7.08. Propágulos dispersados por animales (de manera interna)

R= No (-1). No hay evidencia de que las aves o los pequeños mamíferos dispersen las semillas vía frugivoría (Hofstetter, 1991; Serbesoff-King, 2003) (ver Ecología).

8. Atributos de persistencia

8.01. Producción de semillas prolífica

R= Sí (1). Cada árbol de *M. quinquenervia* produce millones de pequeñas semillas cada año (aproximadamente 30,000 semillas por g; Ayensu, 1983), estimándose que un árbol puede

producir 100 millones de semillas, y que en una hectárea habría hasta 25 millones de semillas almacenadas (Van y Center, 2005; Center *et al.*, 2006).

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

R= Sí (1). Las pequeñas semillas producidas cada año se mantienen en cápsulas en el árbol, a veces durante muchos años, hasta 10 años. Las cápsulas se abren cuando se muere la ramita a la que están adheridas, ya sea a través de la mortalidad natural o el fuego. Las semillas se dispersan fácilmente por el viento y el agua, y retienen su viabilidad en el suelo durante dos a tres años (Thai *et al.*, 2005). Es menor el tiempo de viabilidad en sitios de inundación estacional y permanente (Thai *et al.*, 2005). En Cuba tiene frutos todo el año, y las semillas tienden a persistir hasta un año (Boland *et al.*, 2006) (ver de Biología e historia natural).

8.03. Es controlado por herbicidas

R= Sí (-1). El control por herbicidas es actualmente la técnica más práctica y económicamente viable para controlar y limitar la expansión *M. quinquenervia* en los sitios donde ha invadido, como en los Everglades de Florida, EUA (Bodle *et al.*, 1994). Se ha usado el herbicida Velpar® (hexazinona, 3-ciclohexil-6- (dimetilamino)-1-metil-1,3,5-triazina-2,4 (1H, 3H) -diona) (Martin *et al.*, 2011). Se está investigando el uso y efectividad de herbicidas de actividad foliar en Florida. Los herbicidas activo-foliares son generalmente más selectivos y tienen tiempos de residencia en el suelo más cortos que los herbicidas activos en el suelo. Las aplicaciones foliares suelen hacerse diluyendo el herbicida en agua y aplicándolo a las hojas con equipo de tierra o aéreo. La dilución suele ser de aproximadamente 20:1 para aplicaciones aéreas y de 50 a 400:1 para aplicaciones desde el suelo. Las aplicaciones en el suelo pueden ser aerosoles diluidos o concentrados que se aplican directamente a la base de árboles individuales o formulaciones herbicidas granulares que se aplican directamente a los suelos (Bodle *et al.*, 1994). En áreas remotas, los tocones cortados se tratan con un herbicida Imazapyr aprobado para humedales mezclado 20 por ciento con agua. Los árboles también pueden estar rodeados con una motosierra y el área de corte tratada con Imazapyr

diluida al 50 por ciento con agua. Los herbicidas de aplicación básica no son efectivos (Hammer, 1996).

8.04. Es tolerante o se beneficia de mutilación, corte, cultivo o fuego

R= Sí (1). *M. quinquenervia* posee frutos serotinosos (cápsulas) que liberan muchas semillas pequeñas después del fuego, que es una situación en que las condiciones de competencia se reducen y el suelo se ha enriquecido con las cenizas, las cuales promueven el establecimiento y el rápido crecimiento de las plántulas (Turner *et al.*, 1998). La capacidad que tienen las raíces de brotar, junto con la presencia de brotes epicórmicos en el tronco, es lo que permite que los árboles reanuden el crecimiento después del fuego (Turner *et al.*, 1998). Por otro lado, el daño producido por un corte puede inducir el crecimiento de nuevos brotes desde las raíces, dando como resultado árboles o copias de troncos múltiples. Debido a estas respuestas al daño, los árboles más viejos a menudo tienen múltiples tallos (Bodle *et al.*, 1994). Posteriormente, puede escapar de los cultivos (Randall, 2012).

8.05. Enemigos naturales efectivos en México

R= No (1). No hay evidencia para México.

8. Riesgo de invasión de *Melaleuca quinquenervia* en función de la similitud climática

M. quinquenervia presenta un elevado riesgo de invasión en pocas y localizadas regiones de México considerando la similitud climática que hay en México con las áreas de su distribución nativa (Fig. 50a); si se considera la distribución de invasión, el riesgo se eleva en algunas zonas, en la costa del Pacífico pero sobre todo en la del Golfo de México, hacia Chiapas y una porción de la península de Yucatán y en la parte más sureña de Baja California (Fig. 30b). No queda restringida ni limitada su zona de invasión en el caso de considerar el clima de la región invadida. Para Norteamérica el riesgo es alto en la zona sureste, de la zona cercana a la costa de Texas y en Florida; en la zona del Pacífico, hay una franja estrecha en California, Oregón y parte del estado de Washington; para Centroamérica el riesgo es muy alto (Fig. 50c).

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 2). Asimismo, se denota la variedad de climas que le son adecuados en México (Apéndice 2).

Melaleuca quinquenervia

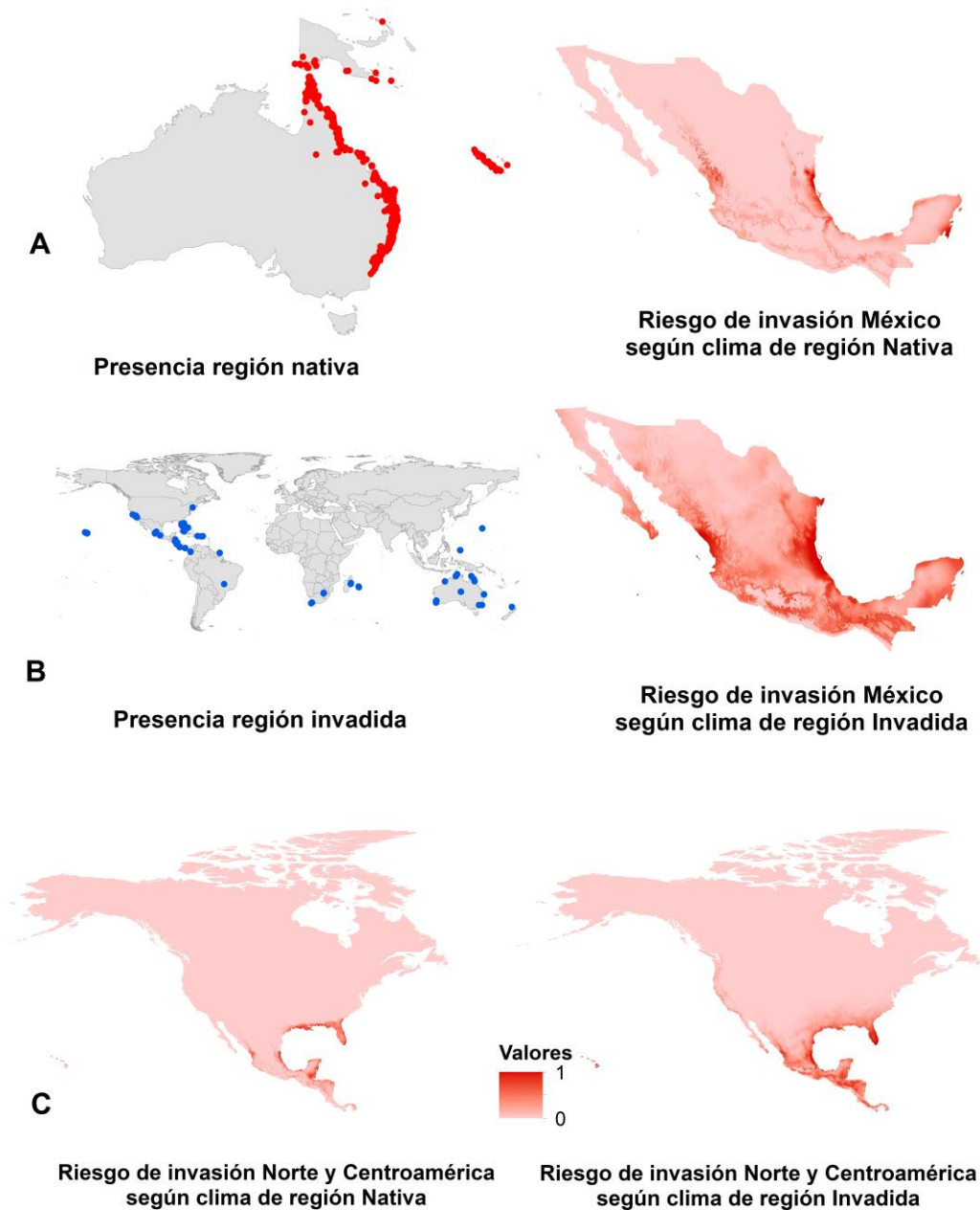


Figura 50. Modelos de Maxent para *Melaleuca quinquenervia* calibrados en su región nativa (A) y de invasión (B) y proyectados a Norte y Centroamérica (C); notar el riesgo para México dentro de esta región. Los mapas de distribución geográfica potencial de la derecha indican las áreas con condiciones climáticas y topográficas adecuadas para el establecimiento de *Melaleuca quinquenervia*. Los puntos rojos y azules representan la presencia de la especie en la región nativa e invadida respectivamente.

9. Resultado del Análisis de riesgo de *Melaleuca quinquenervia*

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, con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.* (2010) para *Melaleuca quinquenervia* fue de **27**. Debido a que el puntaje es mayor que 6 (ver Anexo 1 sobre estos valores), el taxón debe ser **Rechazado**.

10. 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 *Melaleuca quinquenervia* debe ser **rechazada** y considerada como una especie invasora (maleza) 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. De acuerdo al riesgo de invasión obtenido por modelación en función de la similitud climática, se denota que hay un elevado riesgo en la costa del Pacífico, pero sobre todo en la del Golfo de México, hacia Chiapas y una porción de la península de Yucatán y en la parte más sureña de Baja California.

Azadirachta indica

1. Introducción

Azadirachta indica es un árbol nativo de zonas secas, áridas de Birmania, Afganistán, Pakistán, India, Sri Lanka, Bangladesh y China. *A. indica*, conocido como neem, es un árbol de 12-15 m de altura que generalmente es perennifolio pero que en regiones secas es caducifolio. Tiene importancia comercial, ya que es usado como árbol forestal, en la estabilización de suelos previniendo la erosión y por sus propiedades medicinales y biopesticidas (Richardson, 2011; Tomar y Kaushik, 2011). Inclusive se está proponiendo para hacer plantaciones a gran escala para la producción de biocombustibles (Richardson, 2011). Ha sido ampliamente introducido en un gran número de países desde 1951, y en 1992 el National Research Council reportó que se habían plantado más de 70,000 plantas de neem en Florida, Puerto Rico y México. Se le encuentra en 112 países incluyendo islas, y a México. Se encuentra en 13 estados de México. *A. indica* está incluida en el Compendio Global de Malezas (Randall, 2012), se considera un árbol invasor.

1.1 Taxonomía

***Azadirachta indica* A. Juss.**

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Orden: Sapindales Juss. ex Bercht. & J. Presl

Familia: Meliaceae Juss.

Género: *Azadirachta* A. Juss.

Especie: *Azadirachta indica* A. Juss.

1.1.1 Sinónimos

Melia azadirachta L.

Melia indica (A. Juss.) Brandis.

Antelaea azidirachta (L.) Adelb.

1.1.2 Nombres comunes

Español: Neem, margosa, paraíso de la India, árbol del nin, padrenuestro, lila pérsica (Parrotta y Chaturvedi, 1994; Lemmens *et al.*, 1995; Saldaña-Álvarez, 1999; Oviedo-Prieto, 2012).

Inglés: Neem, Hindi, nim, reen tree, raaygosa tree, indian lilac (Benthall, 1946; Parrotta y Chaturvedi, 1994).

El género *Azadirachta* se integra por dos especies, ambas de origen de la región Indo-Malaya por lo que no existen congéneres en México.

1.2 Descripción

Es un árbol perennifolio y en regiones secas es caducifolio, de tamaño mediano a grande, con un promedio de 12-15 m de altura, pero que puede alcanzar los 30 m de altura y 2.5 m de circunferencia; el dosel del árbol es denso y redondeado. La superficie de la corteza es lisa, volviéndose fisurada y escamosa, de color marrón-rosado o rosado-grisáceo; en los árboles viejos se vuelve pálido-pardo o grisáceo. La madera es dura, de grano fino, albura gris y el duramen es de color rojo-anaranjado. El crecimiento durante el primer año es moderado, al final del primer año la planta mide de 10 a 20 cm de altura (Troup, 1921).

Anualmente puede crecer 80 cm (Nicoletti *et al.*, 2012). En el sur de Sonora, el crecimiento del neem es rápido, ya que a los dos años de edad tiene una altura de 3.6 m, con diámetro del tronco de 10.8 cm y un dosel de 2.6 m. Anualmente puede crecer 88 cm, en árboles de seis años (Morales, 2001). El árbol de neem sobrevive entre 200 a 300 años (Tinghui *et al.*, 2001).

Las hojas son imparipinadas y alternas, miden de 20 a 38 cm, tiene dos pares de glándulas en la base del pecíolo; los folíolos son lanceolados a elípticos, de tamaño reducido hacia el extremo de cada raquis, con margen entero o dentado, glabro. Los folíolos son alternos a opuestos, 2.5-7.0 cm de largo, 1.5-4.0 cm de ancho, ovados, subsésiles, acuminados. Inflorescencias son tirso axilares, paniculadas con muchas flores blancas. Brácteas minutas y cáducas. En una misma panícula puede haber flores bisexuales y masculinas, actinomorfas, 5-meras, fragantes; cáliz con lóbulos imbricados. Sépalos obovados, 1.5 mm de long., puberulentos, imbricados. Pétalos 6 mm long, obovados a oblongos, blancos, de margen ciliado; pétalos libres o dialipétala, imbricadas; estigma trífido. El tubo estaminal de 5 mm longitud, pubérulo, 10-estriado, 10-dentado; los dientes 2-lobados; anteras oblongas, basifijas. Ovario sub-globoso; estilo linear, aprox. 2.5 mm de long. Con 10 estambres, filamentos unidos para formar un tubo cilíndrico estaminal con 8-10 apéndices apicales pequeños, anteras sésiles, libres, de dos celdas, basifijadas, insertadas opuestas a los apéndices; disco anular fusionado a la base del ovario; ovario superior, 3-locular, con 3 óvulos axilares en cada célula, estilo simple, estigma capitado, 3-lobulado. Hojas alternas, aglomeradas en el extremo de las ramas, imparipinadas, pulvinosas en la base.

El fruto es drupáceo, elipsoide, de color verde, que al madurar se vuelve amarillo. Semilla solitaria, ovoide, con una fina testa membranosa, con una pequeña sarcotesta adaxial, que huele a ajo cuando se corta; cotiledones desiguales. Plántula con germinación fanerocotilar, eófilas opuestas, trifoliolada; hojuelas profundamente incisas, pinnatífidas o parciales (Troup, 1921; Kirtikar y Basu, 1918; Parrotta y Chaturvedi, 1994; Lemmens *et al.* 1995; Ahmed y Idris, 1997; Abdulla, 2005b).

1.3 Biología e historia natural

1.3.1 Biología

Azadirachta indica parece tener su centro de origen en los bosques secos de Burma, Birmania o en los bosques del sur de la India, en Karnatka (Gamble, 1902; Schmutterer, 1995; Puri, 1999), aunque puede ser en el oeste de los Himalaya. A partir de aquí irradió al resto de países en su distribución.

A. indica se puede reproducir tanto sexualmente como de manera vegetativa; se pueden reproducir a partir de semillas, plántulas, retoños o rebrotes, raíces, ramillas y tejidos (CIAD, 1988; NRC, 1992; Scandé, 2000; Darwin Initiative, 2003; Dos Santos y Kiwango, 2010; Csurhes, 2016).

Durante el primer año el neem se desarrolla moderadamente y al final del primer año la planta mide de 10 a 20 cm de altura (Troup, 1921). Anualmente puede crecer 0.8 a 1 m (NRC, 1992; Nicoletti *et al.*, 2012). En el sur de Sonora, el crecimiento del neem es rápido, a los dos años de edad tiene una altura de 3.6 m, con diámetro del tronco 10.8 cm y un dosel de 2.6 m. Anualmente crece 0.88 m, en árboles de seis años (Morales, 2001), similar a lo indicado en su rango nativo. El árbol de *A. indica* puede crecer 4.21 m en 5 años y tener un diámetro de 8.69 cm, con una sobrevivencia de 85% (Singh *et al.*, 2008). El árbol del neem sobrevive de 200 a 300 años de edad, dentro de China (Tinghui *et al.*, 2001).

Esta planta comienza a florear entre los tres y cinco años de edad (NRC, 1992). En ocasiones puede presentarse una segunda temporada de floración, al iniciar las lluvias. Los frutos maduran al comenzar la temporada de lluvias (Benthall, 1946). *A. indica* inicia la fructificación entre los 2 y 5 años de edad, alcanzando su máxima producción entre los 10 a 15 años de edad (Tinghui *et al.*, 2001; Csurhes, 2016). Generalmente esta especie se autopoliniza y ocasionalmente es polinizada por insectos (Puri, 1999). *A. indica* es anemófila (Puri, 1999).

Hay variaciones en las épocas de floración y de producción de frutos entre las poblaciones del rango nativo y de invasión. En el rango nativo puede haber una o dos temporadas de floración y fructificación. En el rango nativo solo hay una temporada.

<i>Azadirachta indica</i>	<i>Rango nativo</i>	<i>Rango de invasión</i>
Biología	En India este árbol florece de marzo a mayo, y los frutos maduran de julio a agosto, coincidiendo con la temporada de lluvias (Parker, 1918; Troup, 1921; Singh <i>et al.</i> , 2008).	<p>En el norte de Queensland, Australia, florece en la temporada seca, comprendiendo el invierno y la primavera (Csurhes, 2016). En el este de Kimberley, Australia florece de agosto a septiembre y los frutos aparecen en octubre (Beames <i>et al.</i>, 2017).</p> <p>En la región central de Veracruz, México, se presentan dos temporadas de floración. La primera inicia en abril, produciendo frutos de junio a agosto e iniciando la maduración entre agosto y septiembre; la segunda temporada de floración inicia de julio a agosto, y los frutos maduran entre septiembre y octubre (Sosa-Martínez <i>et al.</i>, 2003). En Córdoba, Veracruz, solo se presenta una temporada de floración de febrero a mayo, y los frutos maduran de agosto a septiembre (Ramos <i>et al.</i>, 2004).</p> <p>En Todos Santos, Baja California Sur, México, en una plantación de neem de 2.5 años de edad, se reportan dos temporadas de floración, la primera iniciando de enero a febrero; la segunda temporada de floración de mayo a septiembre, formándose los frutos de junio a septiembre, y presentándose su maduración de</p>

		<p>septiembre a enero (Osuna y Meza, 2001).</p> <p>En plantaciones del sureste de México, ocurren dos temporadas de floración, la primera de febrero a abril, la segunda de julio a agosto, empezando la fructificación de julio a agosto (Marín <i>et al.</i>, 2001).</p> <p>En el sur de Sonora, México, empieza a producir flores y frutos a los dos años de edad, la floración se da de mayo a agosto y la fructificación de julio a noviembre (Morales, 2001). Puede tomar entre 10-12 semanas entre la floración y la fructificación (Singh <i>et al.</i>, 2008).</p>
--	--	---

En India se ha determinado que hay un retraso en la floración de sur a norte de aproximadamente 4.5 días por cada 1° de latitud que se incrementa entre los 20° y 30°. De esta manera la floración ocurre entre 2 a 5 semanas más temprano en el sur con respecto a regiones del norte (Singh *et al.*, 2008).

Los frutos tienen una semilla y a veces dos semillas. Previamente, se pensaba que la semilla no tenía una viabilidad larga (Troup, 1921). Sin embargo, al parecer la viabilidad de la semilla puede variar de acuerdo a distintos factores como diferencias genéticas, la etapa de maduración de la semilla o fruto, la temperatura y tasa de secado, la temperatura y contenido de humedad durante el almacenaje y el método de rehidratación. En condiciones de almacenaje, existe controversia en cuanto el tipo de viabilidad de la semilla del neem, ya que se les ha considerado como semillas recalcitrantes, intermedias y ortodoxas (Scandé, 2000).

Cada árbol de *Azadirachta indica* puede producir de 11 a 50 kg de semillas al año. En un kilogramo de semillas hay entre 4,000 a 4,500 semillas, por lo que se estimaría que la

producción anual de semillas por árbol es de 44,000 a 200,000 (Acqua *et al.*, 2015; Csurhes, 2016).

En condiciones de cultivo, la semilla tiene una latencia de 1 a 2 meses si es que se mantiene a temperatura ambiente. Puede soportar entre 2-6 meses antes de que las semillas pierdan su viabilidad. La semilla germina entre 6 a 8 días, con un porcentaje de germinación del 60 al 70%. Se obtiene mejores resultados a temperatura de 28°C (CIRAD, 1988; NRC, 1992). Las semillas secadas al aire libre a temperatura ambiente y almacenadas herméticamente reducen su viabilidad de 60 a 85% después de un mes; la viabilidad de la semilla se reduce 45% a temperatura de 6°C (Acqua *et al.*, 2015).

Dentro de su área de invasión en Kimberley, Australia, se ha observado que la semilla tiene una viabilidad de 5 meses en condiciones secas y hasta seis meses en almacenamiento. En condiciones favorables la viabilidad de la semilla es de 12 meses (Beames *et al.*, 2017). Se ha propuesto que almacenando las semillas sin endocarpo, un 40% de las semillas podrán seguir viables hasta por 5 años (NRC, 1992).

Bajo condiciones naturales, una vez que la semilla de *A. indica* llega al suelo, la germinación ocurre una o dos semanas después en temporada de lluvia (Troup, 1921). Las semillas tienen mayor posibilidad de germinar y sobrevivir si están bajo el árbol progenitor, que las que son dispersadas (Puri, 1999). La raíz del árbol es profunda y extensa lateralmente por lo que busca la humedad y el agua (Csurhes, 2016). Esto es una ventaja competitiva sobre otras especies.

El árbol del neem tiene más de 50 componentes bioactivos en diferentes partes del árbol y la semilla tiene más de 300 componentes; un tercio de los constituyentes pertenece a los limonoides. Los limonoides que se encuentran en el aceite de la semilla son azadiron y azadirachtina; en las hojas frescas se encuentra amooratina; en los granos de semilla hay genudinas y en las hojas y semillas frescas se encuentra salannin (Nicoletti *et al.*, 2012).

En Birmania, hay evidencia de hibridación natural de *Azadirachta indica* con *A. siamensis* (Puri, 1999).

1.3.2 Ecología

Azadirachta indica crece en condiciones áridas en su rango nativo, y se establece además bien en ambientes cálido-húmedos en las regiones de invasión (Sosa-Martínez *et al.*, 2003). En su rango nativo crece en zonas de bosques secos. En India, se encuentra en bosques tropicales deciduos secos, bosques tropicales espinosos y bosque tropical siempreverde seco (Puri, 1999; Scandé, 2000). En el sur de India crece junto con *Acacia latronum*, *A. nilotica*, *Albizzia amara* (Troup, 1921). En Birmania, *A. indica* crece en bosques de matorral abierto en asociación con *Acacia catechu* (Troup, 1921).

Se ha reportado como invasora en campos agrícolas barbechados, sabanas y bosques áridos y secos, en bosques costeros en Ghana, en bosques monzónicos de las tierras bajas en Indonesia y en los bosques siempre verde y seco deciduo en África (CABI, 2018f).

Azadirachta indica	Rango nativo	Rango de invasión
Ecología	Se le puede encontrar desde el nivel del mar hasta a 1,500 msnm (CIRAD, 1988).	Las plantaciones de <i>A. indica</i> en Koussountou, Togo, se localizan a 356 msnm (Drechsel <i>et al.</i> , 1991). En Todos Santos, Baja California Sur, las plantaciones de <i>A. indica</i> se encuentran a 160 msnm (Osuna y Meza, 2001). En Córdoba, Veracruz, México, una plantación se encuentra a 927 msnm (Cruz-Fernandez, 1998; Ramos <i>et al.</i> , 2004). En Tuxpan, Veracruz, la plantación se ubica a 14 msnm (Cruz-Fernandez, 1998).

		<p>En Marín, Nuevo León, México, la plantación se encuentra a 360 msnm (Cruz-Fernandez, 1998).</p> <p>En Tapachula, Chiapas, México, se estableció una parcela a 435 msnm (Grajales et al., 2001).</p> <p>En Iguala, Guerrero, una parcela de neem se ubica a 744 msnm (Grajales et al., 2001).</p>
	<p>Ocurre en sitios con temperaturas anuales de 21-32°C, pero puede crecer en sitios con temperaturas hasta de 50°C. Es una especie que necesita luz para desarrollarse.</p> <p>No resiste el frío extremo (menores a 4°C); es sensible a las heladas (Troup, 1921).</p>	<p>En Todos Santos, Baja California Sur, México, las plantaciones de <i>A. indica</i> se encuentran a una temperatura media anual de 22.1°C (Osuna y Meza, 2001).</p> <p>En Córdoba, Veracruz, México, se encuentra creciendo a una temperatura media anual de 20°C (Cruz-Fernandez, 1998; Ramos et al., 2004). En Tuxpan, Veracruz, crece en un clima cálido subhúmedo, con temperatura media anual de 24°C (Cruz-Fernandez, 1998).</p> <p>En Tapachula, Chiapas, México, crece en un clima cálido subhúmedo, con temperatura media anual de 27°C (Grajales et al., 2001).</p> <p>En Río Grande, Oaxaca, México, se encuentra en un clima cálido subhúmedo, con temperatura media anual de 27°C (Ovando, 2001).</p> <p>En Iguala, Guerrero, se reporta creciendo a una temperatura de 27°C (Grajales et al., 2001).</p> <p>En Marín, Nuevo León, México, crece a una temperatura media anual de 22°C (Cruz-Fernandez, 1998).</p>

	<p>En general, se encuentra en sitios con precipitación anual de 400 a 1,200 mm, y puede soportar largos períodos de sequías, de 5 a 7 meses; inclusive se ha reportado que árboles establecidos pueden soportar sequías de 7 a 8 meses.</p> <p>En Birmania, el clima en que se encuentra es seco, y prospera mejor en sitios con precipitación de 450 a 1,100 mm. No crece bien en suelos sujetos a inundación, puesto que la raíz tiende a pudrirse en suelos muy húmedos (Troup, 1921).</p> <p>En el sur de India, <i>A. indica</i> crece donde la precipitación se encuentra entre 500 a 1,000 mm (Parker, 1918; Troup, 1921).</p>	<p>Las plantaciones de <i>A. indica</i> en Koussountou, Togo, reciben una precipitación media anual de 1,180 mm (Drechsel <i>et al.</i>, 1991).</p> <p>En México, hay plantaciones de árboles de neem desarrollándose bajo diferentes condiciones de precipitación. En Todos Santos, Baja California Sur, México, las plantaciones de <i>A. indica</i> reciben una precipitación media anual de 204.3 mm (Osuna y Meza, 2001).</p> <p>En Córdoba, Veracruz, México, recibe una precipitación anual de 900 mm (Cruz-Fernandez, 1998; Ramos <i>et al.</i>, 2004). En Tuxpan, Veracruz, la precipitación anual de 1,351 mm (Cruz-Fernandez, 1998).</p> <p>En Tapachula, Chiapas, México, recibe una precipitación anual de 2,500 mm (Grajales <i>et al.</i>, 2001).</p> <p>En Río Grande, Oaxaca, México, <i>A. indica</i> recibe una precipitación anual de 1,700 mm (Ovando, 2001).</p> <p>En Iguala, Guerrero, recibe una precipitación anual de 976 mm (Grajales <i>et al.</i>, 2001).</p> <p>En Marín, Nuevo León, México, recibe una precipitación anual de 500 mm (Cruz-Fernandez, 1998).</p>
		<p>En Koussountou, Togo, las plantaciones de <i>A. indica</i> se presentan en un tipo de suelo acrisol férrico con textura arenoso-limoso y subsuelo arcilloso (Drechsel <i>et al.</i>, 1991).</p>

		<p>En Córdoba, Veracruz, crece en un suelo de textura arcillosa, moderadamente ácido, rico en materia orgánica en la capa de 0 a 20 cm (Cruz-Fernandez, 1998; Ramos <i>et al.</i>, 2004).</p> <p>En Tapachula, Chiapas, México, crece en suelos de migajón arenoso (Grajales <i>et al.</i>, 2001).</p> <p>En Koussountou, Togo, <i>A. indica</i> se reporta crece en suelos de tipo acrisol férrico con textura arenoso-limoso y subsuelo arcilloso (Drechsel <i>et al.</i>, 1991).</p>
--	--	---

Es una especie que necesita luz para desarrollarse. Crece en distintos tipos de suelos, en suelos poco profundos, arenosos, secos pedregosos, arcillosos, vertisoles, lateríticos, calizos, verticales e incluso en suelos salinos; su crecimiento es muy lento en suelos ferruginosos. Prefiere suelos ligeros y profundos o al menos suelos sin horizontes endurecidos. Crece óptimamente en suelos con pH de 6.2, pero soporta pH hasta de 5 (Troup, 1921; CIRAD, 1988; NRC, 1992). Bajo condiciones naturales, las plántulas de neem se establecen bien donde hay arbustos espinosos que los protegen, y también en suelos pobres y secos a los que presenta resistencia (Troup, 1921).

Tanto en su región nativa como donde se le ha introducido, las plántulas de neem no son muy competitivas, en especial con la vegetación herbácea o inclusive con la regeneración de su misma especie; cuando hay competencia crece lentamente (Troup, 1921; CIRAD, 1988). Se ha encontrado que al estar los árboles demasiado juntos, en un espacio menor de 4m x 4m, su crecimiento decrece (Boa, 1995). Este crecimiento también se ve afectado por la contaminación (Boa, 1995). En el sur de Sonora, México en su rango de invasión, se ve afectado por fuertes vientos, reportando velocidades del viento de 70 km/hr afectaron 60% de los árboles de una plantación (Morales, 2001).

Se ha encontrado que *A. indica* es tolerante a las sustancias alelopáticas que producen los eucaliptos *Eucalyptus tereticornis* en zonas de cultivos, lo que lo hace competitivo comparativamente a otras especies (Kumaran *et al.*, 2005). En los bosques fragmentados del sur de Togo el árbol *A. indica* es una especie potencialmente invasora ya que se registraron 19 especies exóticas en la región, y el porcentaje de frecuencia de *A. indica* fue de 53.9%, superior a la de las otras especies exóticas. La densidad de plantas juveniles de neem fue de 5,597.4 plantas/ha, mayor a la densidad de las especies nativas que fue de 4,500.76 plantas/ha (Radji *et al.*, 2010). Lo anterior demuestra su capacidad de desplazar tanto a especies nativas como exóticas.

En zonas de invasión, en Queensland, Australia, *A. indica* se propaga en lugares con acceso al agua, tales como a lo largo de orillas de arroyos, ríos, desagües (Csurhes, 2016). En Venezuela, crece en una zona de bosque muy seco tropical de forma silvestre y se desarrolla bien bajo la sombra de *Prosopis juliflora* (Vera *et al.*, 2007).

La flor de neem atrae a una gran cantidad de insectos debido a su aroma dulce. En Queensland, Australia, el neem es polinizado por abejas y otros insectos (Csurhes, 2016). Las aves y murciélagos se alimentan de los racimos de fruto y dispersan las semillas (Benthall, 1946; Csurhes, 2016). Se sabe que en África los principales dispersores de la semilla son las aves y los murciélagos, las cuales pueden hacer dispersión a larga distancia (CIAD, 1988; Scandé, 2000; Miller y Beames, 2018). En Ghana se ha reportado el consumo intenso de frutos del neem introducido en esta región de África occidental por el murciélago nativo *Epomophorus gambianus* que es frugívoro y dispersa sus semillas; también otro murciélago *Eidolon helvum* se alimentaba en la misma área de frutos y néctar (Ayensu, 1974). En Ghana los babuinos comen las abundantes semillas que produce el neem y las diseminan (Chamberlain *et al.*, 2000). En el norte de Australia, han observado a aves, como *Chlamydera nuchalis* (pergolero grande), murciélagos y otros animales, como cerdos silvestres alimentándose de los frutos de neem y por tanto dispersando sus semillas (Csurhes, 2016; Beames *et al.*, 2017). La movilidad de estos animales ayuda a la propagación de la semilla del neem a través de sus excretas en áreas naturales (Csurhes, 2016; Beames *et al.*, 2017). En otra área de invasión, en Ghana, el principal vector de dispersión y

promotor de invasión son los babuinos, que se comen las semillas (Chamberlain *et al.*, 2000).

En India, en su rango nativo, se pueden encontrar en el árbol de *A. indica* insectos como *Pulvinaria azadirachtae*, *Ceroplastes ceriferus* y *C. pseudoceriferus*; insectos como *Chrysocraspeda cornaria*, *Helopeltis antonii*, *Enarmonia koenigiana* se alimentan de las hojas jóvenes, y los parásitos plecópteras se alimentan y hospedan en el neem. El neem es atacado por los insectos *Aspidiotus orientalis* y *Pulvinaria máxima*, y por *Araecerus suturalis* que pone sus huevos en sus frutos (Beeson, 1911).

En Nigeria, rango de invasión, el neem es atacado por plagas de 14 especies de insectos y una de parásito, que afectó su crecimiento y la generación de ramas pero no fueron ataques serios. En la región Sahel del oeste de África, el insecto escama *Aonidiella orientalis* (Hemiptera) se volvió una plaga seria para *A. indica* (NRC, 1992). *A. orientalis* parasita a *A. indica*, se alimenta de la savia del follaje, peciolas y ramas pequeñas, ataca árboles de cualquier edad. Sin embargo, en su rango nativo se ha observado a este insecto en el neem, pero no al nivel de infestarlo, como plaga. Se especula que en África, el neem es más susceptible a este insecto debido a la estrecha base genética de los primeros árboles introducidos desde India (Boa, 1995). *Aonidiella orientalis* y otros insectos escamas infestan árboles algunas veces en el centro y sur de India, y aunque no dañan a los árboles adultos, pueden matar a las plántulas.

Otras plagas de insectos incluyen (NRC, 1992):

- Insectos escama *Pinnaspis strachani*, muy común en Latinoamérica, Asia y África.
- Hormigas cortadoras de hojas *Acromyrmex* spp, que son defoliadores de árboles jóvenes de neem en Centro y Sur América.
- La palomilla *Adoxophyes aurata* (Tortricidae), que ataca las hojas en Asia, incluyendo Papua Guinea.
- El mosquito del té *Helopeltis theivora* (Hemiptera, Miridae) que se considera una plaga del neem en el sur de India.

- La palomilla *Hypsipyla* spp. (Lepidoptera, Pyralidae), que ataca los brotes de neem en Australia.
- También varias termitas pueden matar árboles de neem débiles.

En África, el ave *Ploceus cucullatus* construye sus nidos sobre el dosel de *A. indica*. *Cephalophus rufilatus* (antílope pequeño conocido como duiker de flancos rojos) se alimenta de la corteza del neem; *Hystrix indica* (puercoespín de la India) se alimenta de la base del tronco, y puede llegar a matar los árboles jóvenes del neem; *Laevicaulis alte* (babosa parda africana) se alimenta de ramas y hojas de las plántulas (Boa, 1995).

En Queensland, Australia, *A. indica* es afectada por la bacteria *Pseudomonas solanacearum*, causándole marchitamiento (Diatloff *et al.*, 1993). Por otro lado, entre las enfermedades que atacan a el hongo basidiomiceto *Ganoderma lucidum*, ataca las raíces; el hongo patógeno *Corticium salmonicolor* ataca ramas; el hongo patógeno de la mancha de las hojas *Cercospora subsessilis* y cenicilla del hongo ectoparásito *Oidium* spp. y el tizón producido por el patógeno bacteriano *Pseudomonas azadirachtae*, todos atacan las hojas; varias pudriciones, marchitamientos y tizones incluyendo *Sclerotium*, *Rhizoctania* y *Fusarium*) atacan las plántulas (NRC, 1992).

1.3.3 Especies con las que *Azadirachta indica* puede hibridar

Azadirachta indica forma un híbrido con *Melia azadarach* (Cheng *et al.*, 2014). Fue Nanjing Jiukang Biological Development Co., Ltd., quien cultivó por primera vez el híbrido *Azadirachta indica* x *Melia azedarach*, mediante tecnología de hibridación somática. Este híbrido se ha plantado en Nanjing, China, y ha producido semillas viables. Este nuevo híbrido contiene altas concentraciones de sustancias insecticidas activas en las semillas y podría crecer en regiones con temperatura anual de 15°C (Cheng *et al.*, 2014).



a) Flor actinomorfa del árbol neem. Autor: Ricardo Rodríguez-Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.



b) Inflorescencia de neem. Autor: Kavith A., N. Deepthi, R. Ganesan & S. C. Gladwin Joseph^{CC}.



c) Inflorescencia de neem. Autor: Anónimo^{CC}.

Figura 51. Flores e inflorescencias de *Azadirachta indica*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Racimos de frutos de neem. Autor: Kevinsoorvan^{CC}



b) Frutos de neem. Autor: Sherrine



c) Racimos de frutos y semillas de neem. Autor: Kavith A., N. Deepthi, R. Ganesan & S.C. Gladwin Joseph^{CC}.



Figura 52. Frutos de *Azadirachta indica*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Hojas de neem. Autor: Prabhupuducherry^{CC}.



b) Hojas compuestas imparipinadas alternas del neem. Autor: Tux the penguin^{CC}.



c) Hojas compuestas de neem. Autor: Kavith A., N. Deepthi, R. Ganesan & S.C. Gladwin Joseph^{CC}.



d) Foliolos de las hojas compuestas del neem. Autor: Tatters^{CC}.

Figura 53. Detalles de hojas y foliolos de *Azadirachta indica*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Doseil y copa densa redondeada. Autor: Kavith A., N. Deepthi, R. Ganesan & S.C. Gladwin Joseph^{CC}.



b) Corteza fisurada y escamas del neem. Autor: Carrotmadman6^{CC}.



c) Tronco de árbol maduro de *A. indica*. Autor: World Agroforestry Centre^{CC}.



d) Ramas y troncos de árbol maduro de neem. Autor: Carrotmadman6^{CC}.

Figura 54. Porte del árbol y detalles del tronco de *Azadirachta indica*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Plántula propagada por semilla. Autor: Samarth Rajotra^{CC}.



b) Plántulas creciendo bajo dosel de neem y el acercamiento de la imagen. Autores: Ricardo Rodríguez-Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.



c) Rebrote de neem, después del corte y acercamiento de la imagen. Autor: Ricardo Rodríguez-Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.

Figura 55. Plántulas y rebrotes de *Azadirachta indica*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



Figura 56. Planta de neem en un campo de cultivo seco y abandonado en Burkina Faso.

Autor: TREE AID^{CC}. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Mariposa polinizando flor de neem. Autor: Rajesh Balouri^{DP}.



b) Tronco de *A. indica* juvenil afectado por enredadera^{CC}.

Figura 57. Interacciones de insectos y de planta enredadera con *Azadirachta indica*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

1.4 Estatus

Azadirachta indica es descrita como nativa de Birmania, Afganistán, Pakistán, India, Sri Lanka, Bangladesh y China (CABI, 2018f). Se ha presentado cierta confusión en el origen de la especie, ya que se ha considerado su centro de origen en los bosques del sur de la India, en Karnatka, o en los bosques secos de Burma en Birmania (Gamble, 1902). De acuerdo a un análisis de la forma de las hojas y de caracteres morfológicos autores consideran que se da soporte al origen en Birmania (Schmutterer, 1995; Puri, 1999). Anteriormente se incluía aparte de Birmania a Camboya, India, Sri Lanka, Pakistán, Bangladesh, Malasia y Tailandia (Parker, 1918; CIRAD, 1988; Scandé, 2000), pero después de los análisis se ha excluido a Camboya y Malasia. Troup (1921) describió que la especie no era nativa de India, pero no presentó información que diera sustento a su propuesta. El nem ha sido ampliamente introducido en un gran número de países desde 1951, y en 1992 el National Research Council reportó que se habían plantado más de 70,000 plantas de neem en Florida, Puerto Rico y México. Se ha introducido y establecido en 112 países incluyendo islas, y a México, donde se tienen registros en 13 estados. Del total de países que la mencionan en documentos en su legislación, en 19 países se le clasifica como una especie exótica invasora. *A. indica* se incluye en el Compendio Global de Malezas, se considera un árbol. Se le considera como una planta de interés para cultivo y para comercio forestal; puede crecer en zonas áridas en condiciones extremas. Es una planta que puede escapar de cultivos y que puede ser tóxica; se le considera una maleza, escapada de cultivo, naturalizada, invasora, una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos; es una maleza dañina que la gente debe controlar.

1.4.1 Distribución nativa

Es una especie de la región de nativa de Birmania, Afganistán, Pakistán, India, Sri Lanka, Bangladesh y China. Su centro de origen se considera más probable de los bosques secos

en Birmania (Gamble, 1902; Parker, 1918; NRC, 1992; Schmutterer, 1995; Puri, 1999; Koul, 2004; Scandé, 2000; CABI 2018f) (Fig. 58).

1.4.2 Distribución de invasión

Se ha introducido como especie exótica en países con climas cálidos subhúmedos a áridos, en países como Angola, Anguila, Antigua y Barbuda, Antillas Francesas (Guadalupe), Arabia Saudita, Argelia, Argentina, Australia, Barbados, Belice, Benín, Bolivia, Botsuana, Brasil, Burkina Faso, Burundi, Cabo Verde, Camboya, Camerún, Catar, Chad, Chile, Colombia, Congo, Costa de Marfil, Costa Rica, Cuba, Dominica, Ecuador, Egipto, El Salvador, Eritrea, Estados Federados de Micronesia, Etiopía, Filipinas, Fiyi, Gabón, Gambia, Ghana, Guam, Guatemala, Guayana Francesa, Guinea, Guinea Ecuatorial, Guinea-Bisáu, Guyana, Haití, Honduras, Indonesia, Irán, Iraq, Islas Cook, Islas Marshall, Islas Vírgenes, Jamaica, Kenia, Lesoto, Liberia, Libia, Madagascar, Malasia, Malawi, Maldivas, Mali, Marruecos, Mauricio, Mauritania, México, Montserrat, Mozambique, Namibia, Nepal, Nicaragua, Níger, Nigeria, Panamá, Papúa Nueva Guinea, Paraguay, Perú, Puerto Rico, República Centroafricana, República Dominicana, Ruanda, Samoa Americana, San Cristóbal y Nieves, San Vicente y las Granadinas, Santa Lucía, Santo Tomé y Príncipe, Senegal, Seychelles, Sierra Leona, Singapur, Somalia, Suazilandia, Sudáfrica, Sudán, Surinam, Tailandia, Tanzania, Togo, Trinidad y Tobago, Túnez, Uganda, Uruguay, Venezuela, Vietnam, Wallis y Futuna, Yemen, Yibuti, Zambia, Zimbabue (Fosberg, 1957; Ayensu, 1974; Howard y Kellogg, 1987; Koul, 2004; Koul *et al.*, 1990; NRC, 1992; Boa, 1995; Puri, 1999; Saldaña-Álvarez, 1999; Scandé, 2000; Space y Flynn, 2001; Reyes *et al.* 2003; Vander, 2003; Dhaliwal *et al.*, 2004; Estrada *et al.*, 2007; Orwa *et al.*, 2009; Dos Santos y Kiwango, 2010; Radji *et al.*, 2010; Galán y Ramírez, 2011; Csurhes, 2016; Párraga, 2016; CABI, 2018f; NRCS-USDA, 2019f, base de datos del proyecto) (Fig. 58).

En EUA se le ha citado para Hawaii, Florida, California, Arizona (NRC, 1992).

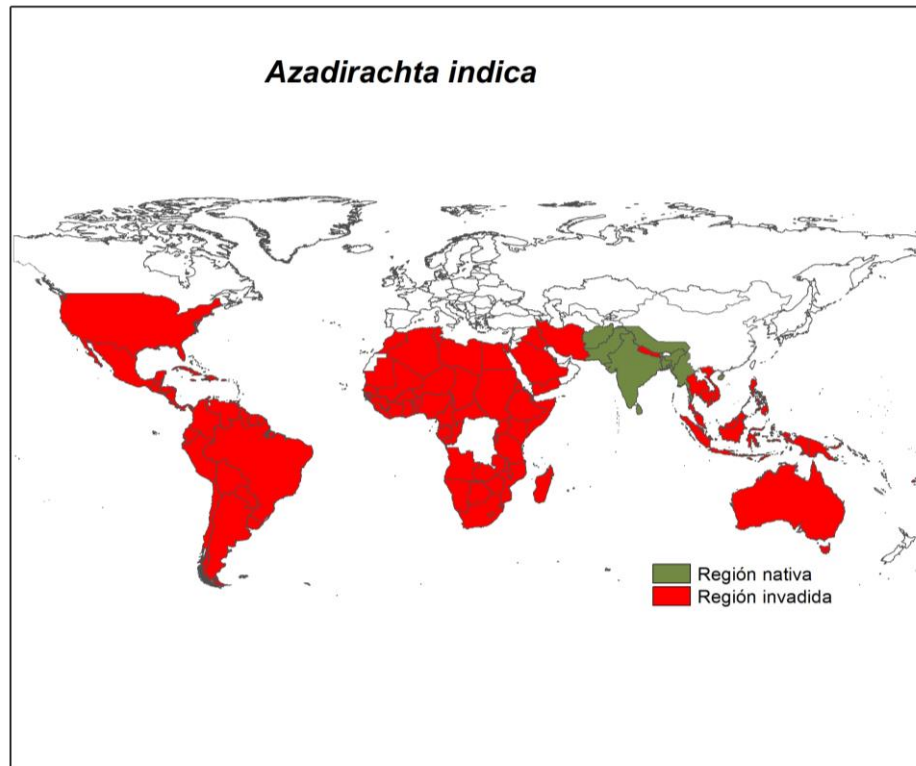


Figura 58. Mapas mostrando la distribución nativa de *Azadirachta indica*, así como en los países donde se le ha introducido y es exótica, invasora. Fuente: elaboración con base en los registros indicados en los apartados de distribución nativa y de invasión.

1.4.3 Distribución en México

Se encuentra en México en Baja California Sur, Campeche, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Veracruz y Yucatán (Base de datos del proyecto) (Fig. 59).



Figura 59. Mapa mostrando la distribución de *Azadirachta indica* en México, por estados. Fuente: registros de la base de datos del proyecto.

2. Rutas de introducción

Las semillas de *A. indica* son dispersadas por vertebrados, aves y murciélagos principalmente (ver Biología y Ecología). Sus semillas y esquejes se transportan sobre todo por la gente, para cultivos, siendo la propagación intencional. Se ha cultivado con fines

comerciales, forestales y ornamentales, por lo que ésta es la principal ruta de introducción en los países, incluido México. Debido a que se le considera una planta ornamental, la propagación intencional de *A. indica* se incrementó, vendiéndola en viveros (ver Usos y comercialización).

En el inicio de los movimientos entre países del neem, se piensa que se introdujo por trabajadores que recordaban el valor del árbol en los poblados de la India. En otros casos fue directamente por silvicultores, para comercializar.

2.1 Origen e historia de los individuos comercializados

Se ha documentado el uso de *Azadirachta indica* desde hace unos 4,500 años como medicina tradicional. Se han encontrado diversos compuestos terapéuticos en ruinas de excavaciones en el norte y noroeste de India (Saldaña-Álvarez, 1999). *A. indica* empezó a comercializarse a principios de 1900, llevándolo desde la India a África, y posteriormente se fue a Australia, Indonesia, Filipinas y varios países del Caribe entre 1940 y 1980 (NRC, 1992; CIRAD, 1988; Ciesla, 1993; Dhaliwal *et al.*, 2004; Csurhes, 2016).

Los árboles de *Azadirachta indica* han provenido sobre todo de India, que es el principal país productor, procesador y distribuidor de productos a base de neem. Se introdujo a África a principios de 1900s. En África, *Azadirachta indica* se introdujo por primera vez en Ghana. Se registró que en 1915 entró en Ghana (CIRAD, 1988), pero también puede ser que se introdujeron plántulas por primera vez entre 1919 y 1927 traídas de la India plantándose en el norte del país (NRC, 1992). En 1916 se introdujeron por primera vez a Sudán plantas originarias del centro de Nagpur, India (CIRAD, 1988). En 1928 el árbol fue introducido por primera vez a Nigeria, desde Birmania, Sri Lanka e India (CIRAD, 1988; NRC 1992). En 1974, CARE International inició un programa para plantar cortinas rompevientos en el Valle de Mejjia, Nigeria, y entre las especies usadas estuvo el neem; se plantaron dos filas de árboles como cortinas rompevientos en más de 500 km (Ciesla, 1993). En Australia, se plantó por primera vez entre 1940 y 1944, y en 1960 como una iniciativa del gobierno se plantó en calles como ornamento y para dar sombra (Csurhes, 2016). En Indonesia, se introdujo en la

década de los cuarenta por inmigrantes de la India y Malasia (Dhaliwal *et al.*, 2004). En Filipinas, en 1978 se introdujo por científicos del Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz, usando semillas procedentes de India, África e Indonesia (Saldaña-Álvarez, 1999; Dhaliwal *et al.*, 2004). En varios países del Caribe fue introducido el árbol y se cree que fue por inmigrantes hindús. En Haití, a fines de los años 1970s se importaron semillas de África, mediante un proyecto financiado por USAID, que consistía en embellecer las carreteras; se plantaron 200,000 árboles (NRC, 1992). A principios de los 1980s se llevaron a cabo programas de plantación de neem en países del Caribe y Centro América; en Haití se plantaron más de 400,000 plántulas, y también se plantaron en Nicaragua en programas más pequeños (Boa, 1995). En Brasil, se introdujo por primera vez de forma oficial en 1986, usando semillas procedentes de Filipinas; y en 1989 se volvió a introducir con semillas de la India, Nicaragua y República Dominicana (Neves y Carpanezzi, 2008). En China, en 1986 se empezaron a introducir árboles de neem en algunas regiones a escala experimental. En 1995, el Instituto de Desarrollo de Recursos Biológicos Luxi, reintrodujo a *A. indica* a China, y las semillas eran de India, Tailandia y Birmania; en 1999 este mismo instituto cultivó más de 1,000,000 de plántulas para plantarlas en el país (Tinghui *et al.*, 2001). En Venezuela, se introdujo por primera vez en la década de los 1990s para ensayos de plantaciones y se utilizó como planta ornamental en avenidas y como linderos de fincas y terrenos (Reyes *et al.*, 2003; Vera *et al.*, 2007). En Cuba, en 1990 inició un programa para la siembra generalizada del neem en diferentes provincias del país, con un objetivo enfocado a la agricultura urbana, con particular atención en los organopónicos y las instalaciones de cultivo protegido (Estrada *et al.*, 2007).

En Arabia Saudita, *A. indica* se ha plantado ampliamente habiéndose introducido al año 1992 desde hacía más de 65 años (NRC, 1992). En Filipinas, se introdujo el neem en 1978 por el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz, con semillas procedentes de India, África e Indonesia (Saldaña-Álvarez, 1999; Dhaliwal *et al.*, 2004). En 1990, este instituto distribuyó 120,000 plántulas de neem en al menos ocho islas de Filipinas (NRC, 1992). En Papúa Nueva Guinea el neem fue introducido a principios de la década de 1980

(NRC, 1992). En Hawaii, EUA, fue introducido en 1984, siendo el gobierno del estado de Hawaii quien apoyó la investigación y desarrollo de *A. indica* en 1989 (NRC, 1992).

Los principales productores en el continente americano son Nicaragua, Cuba, República Dominicana, Las Bahamas y Puerto Rico (creyéndose que la mayoría de ellos provenían de India) (Espinoza-Alvarez, 1998). En Filipinas se introdujo a partir de semillas de India, África e Indonesia (Dhaliwal *et al.*, 2004). En estas zonas de cultivos intensivos, posteriormente se exportan a distintos países. Inclusive dentro de los mismos países de distribución nativa se han llevado de una región a otra para cultivarlos, como por ejemplo dentro de prácticamente toda India donde puede crecer bien, como en bosques subtropicales y semiáridos, así como en bosques secos. También en Pakistán, Sri Lanka, Bangladesh se ha registrado este patrón de re-introducción para cultivarlo.

2.2 Historia de la comercialización en México

En México, aunque el árbol del neem se registra actualmente en 13 estados se desconoce la ruta de introducción y los fines para todos ellos. Se sabe que fue introducido en 1989 a Baja California Sur por un grupo privado de productores dedicados a la horticultura orgánica en San José del Cabo; los árboles eran procedentes de Filipinas (Osuna, 2001a). En 1998, el INIFAP financió el proyecto “Aprovechamiento del neem (*Azadirachta indica*, A. Juss) para el control fitosanitario en la agricultura”, mismo que se realizó en el Campo Experimental Todos Santos, Baja California Sur; en 1999, este proyecto se extendió a Sonora, Sinaloa, San Luis Potosí, Nayarit, Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Yucatán, Quintana Roo y Campeche (Osuna, 2001a). Aunque este autor menciona también Guerrero y Morelos, no se encontraron evidencias en registros. En 1990, se llevó a cabo el proyecto “Importación y disseminación del árbol del nim en México”, y como parte del proyecto la Facultad de Agronomía UANL (Universidad Autónoma de Nuevo León) repartió árboles de neem, procedentes de Filipinas, en varios estados del país. No se mencionan los estados en los que se introdujo (Cruz-Fernandez, 1998). En Oaxaca, fue introducido en 1992 por la organización Ecosta Yutu Cuii (que quiere decir “árbol verde” en mixteco), en coordinación con otras organizaciones

campesinas y PROAFT (Programa de Acción Forestal Tropical), con el objetivo de usarlo como plaguicida y para la reforestación de cuatro municipios en la costa de Oaxaca; al proyecto lo llamaron “El árbol de nim, su contribución a la conservación”. La reintroducción del neem en Oaxaca se hizo en 1993, 1994, 1995 y 1996, apoyado por el INI (Instituto Nacional Indigenista), CETAMEX (Centro de Estudios de Tecnologías Apropriadas para México) y PROAFT; para 1996 ya se habían plantado 15,000 árboles en 20 hectáreas. Las semillas tenían procedencia de Senegal, Filipinas, República Dominicana y la India (Reyes y Flores, 2001). En 1990, se introdujeron por primera vez 10 plantas de neem en Sonora, al parecer relacionado al proyecto “Importación y diseminación del árbol del nim en México” de la Facultad de Agronomía UANL (Muñoz, 2002). En el sur de Sonora, se introdujeron árboles de neem a partir de 1993, procedentes de Indonesia, por parte de la Asociación de Productores de Hortalizas del Valle de Yaqui y Mayo para el control natural de las plagas. Desde 1994, *A. indica* ha sido plantado a lo largo de carreteras como ornato, sombra y como cortina rompevientos (Muñoz-Valenzuela *et al.*, 2007). En Chiapas, la Fundación Produce Chiapas, A.C., introdujo en 1998 el árbol con semillas procedentes de Cuba (Grajales *et al.*, 2001). En la Huasteca potosina, se introdujo y se inició su establecimiento en 1999, iniciando en el Campo Experimental Ébano, ubicado en Tamaulipas y el Campo Experimental Huichihuayán, ubicado en San Luis Potosí (Cruz-Fernandez y Ángel-Sánchez, 2004).

El National Research Council reportó en 1992 que se habían plantado más de 70,000 plantas de neem en Florida, Puerto Rico y México (en específico, en Yucatán y la península de Baja California) (NRC, 1992). También se documentó que en 1996, en el sur de Sonora, el vivero del 60° Batallón de Infantería produjo 29,891 árboles de neem y en 1997 produjo 72,313; esta producción aumentó debido al aparente interés de la población en este árbol (Saldaña-Álvarez, 1999). En Baja California Sur actualmente es utilizado de forma común por los pobladores de La Paz como un árbol de sombra.

2.3 Usos y comercialización

Azadirachta indica es una especie que tiene importancia comercial, ya que es usada como árbol forestal, en la estabilización de suelos previniendo la erosión, como madera para combustible y por sus propiedades medicinales y biopesticidas (Richardson, 2011; Tomar y Kaushik 2011). Inclusive se está proponiendo para hacer plantaciones a gran escala para la producción de biocombustibles (Richardson, 2011).

Uno de los productos más importantes del neem es el aceite del fruto, conocido comercialmente como aceite de margosa, aunque también se comercializan los gránulos de hojas, polvos de corteza y polvo de semillas (Benthall, 1946; Tomar y Kaushik 2011; Tinghui *et al.*, 2001). En India y en varios países, el neem se usa en la fabricación de jabón, pasta de dientes, biopesticidas, complementos alimenticios, productos agrícolas y productos veterinarios (Benthall, 1946; Tinghui *et al.*, 2001). La madera del neem es dura y de grano fino, por lo que era muy usada en la fabricación de carruajes, construcción naval, implementos agrícolas, juguetes y muebles (Benthall, 1946). En la industria cosmética, el aceite de neem se ha usado en cremas, lociones y champús (Norten, 1999). Los residuos que quedan después de obtener el aceite, son usados como fertilizante, por su contenido de nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio (Norten, 1999).

A. indica tomó una mayor importancia a nivel global después de que se identificaron propiedades pesticidas contra la langosta hacia los años 1960s (Tomar y Kaushik, 2011). El uso de insecticidas a base del ingrediente activo del neem, azadirachtina, ha tenido buena aceptación en EUA, sobretodo en cultivos en hileras y en cultivos en invernaderos, debido a su aparente bajo impacto ambiental y la seguridad con que se usa, su amplio espectro contra plagas, su acción disuasoria alimentaria y su acción sistémica en plantas (Isman, 2004).

El Departamento de Agricultura de EUA (USDA) ha llevado a cabo desde 1975 investigaciones de las propiedades de control de plagas destacando *Azadirachta indica*, ya que mostró efectos sobre 60 insectos, de los cuales 45 son muy dañinos para cultivos y productos almacenados de EUA. En 1985, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) empezó a usar el insecticida Margosa-O[®], hecho a base de aceite de neem, en cultivos no alimenticios, primordialmente en invernaderos. En el mercado de insecticidas de EUA, se

encuentran productos a base de neem como, Azatin, Turplex y Align; tanto el insecticida Margosa-O como Align, son usados en cultivos alimentarios. Para el cuidado del césped, están disponibles los productos formulados de neem, como BioNeem y Benefit (NRC, 1992). No obstante, se está probando todavía el impacto de los químicos elaborados a base de neem sobre las plagas, así como sus efectos secundarios.

Los efectos farmacológicos que se le atribuyen al neem, principalmente en India, rara vez han sido probados a través de ensayos rigurosos con controles, por lo que su eficacia médica es dudosa; incluso estudios sugerían que comer productos de neem era peligroso para la salud (NRC, 1992).

En India, *A. indica* era considerado como un árbol sagrado; de hecho, los ídolos hindús están hechos de madera de neem. A estos árboles de neem no los destruían hasta los años 1930s (Benthall, 1946). En toda India y Birmania se ha cultivado con fines comerciales, y en muchas localidades ha escapado de los cultivos y se ha naturalizado (Troup, 1921). En 1994, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), creó La Red Internacional del Neem, con el objetivo de mejorar la calidad genética y adaptabilidad del neem además de mejorar su utilización en todo el mundo (FAO, 2019).



a) Separando la pulpa del fruto para obtener semillas; uso en Camerún. Autor: Silvia^{CC}.



b) Infusión de hojas de neem. Autor: Yogita Mehra^{CC}.



c) El neem en sistema agroforestal. Autor: ABHIJEET^{CC}.



d) Plántulas de neem en bolsas de polietileno en un vivero. Autor: Scamperdale^{CC}.



e) Árboles de neem como ornamental y de sombra en las calles de La Paz, BCS. Autor: Ricardo Rodríguez-Estrella & Alma A. Sánchez^{PA}.

Figura 60. Diversos usos de *Azadirachta indica*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

2.3.1 Análisis económico de la comercialización

El árbol de *Azadirachta indica* se recomienda para programas de reforestación, para combatir la desertificación, siendo adecuado para el mejoramiento de suelos degradados y pobres de nutrientes. Se usa como cortina rompevientos, para estabilizar suelos y controlar la erosión. En cuanto a ayudar a problemas globales ambientales como la deforestación, desertificación, erosión del suelo a través de su restauración, debe tener implicaciones de dinero positivas importantes pero no han sido cuantificadas económicamente. Se ha hecho una estimación de servicios ambientales que puede proveer cada uno de los árboles de neem pensando en que tengan 200 a 300 años de vida; considerando un beneficio de \$10 US dls por mes debido a captura de carbono y limpieza del aire, estabilización de suelos, productos que se obtienen del árbol, se obtendría un total de entre \$24,000 a \$36,000 US dls a lo largo de su vida (NRC, 1992). Sus usos maderables y como combustible son de importancia regional en India sobre todo. La madera es pesada y resistente a las termitas y otros insectos que destruyen la madera, por lo que se utiliza la madera para construcción; se usa también para combustible (Scandé, 2000). Estos servicios ambientales dados por los usos producen beneficios socioeconómicos.

Azadirachta indica ha sido considerado como uno de los árboles con un gran potencial económico sobre todo para el manejo de plagas, para la protección ambiental y desde el punto de vista de medicina (Nicoletti *et al.*, 2012). Se estimaba que en India los árboles de neem producían aproximadamente 3.5 millones de toneladas de semilla anualmente, de las cuales se podían obtener 700,000 toneladas de aceite. A finales de la década de los ochenta la producción anual fue de 150,000 toneladas y en 1990 exportaron 34 toneladas de aceite de neem, con un valor de \$21,000.00 US dls (Tinghui *et al.*, 2001). Por otro lado, la producción de semilla en India no se ha visto como redituable para los productores, ya que en promedio la tonelada de semilla tiene un precio de 500 a 2,500 rupias (\$7.26 a \$36.30 US dls); inclusive si la semilla es de buena calidad, la semilla se vende a 4,000 rupias por tonelada (\$58.06 US dls por tonelada) (Export-Import Bank of India, 2013).

Entre 1985 y 1987 aumentó 80% la venta de productos a base de neem, principalmente plaguicidas (Espinoza-Alvarez, 1998). Las semillas de neem empezaron a usarse en la

producción de insecticida y aceite industrial; el costo de la semilla se duplicó, pasó de \$100.00 US dls a \$200.00 US dls por tonelada (Isman, 2004). Los insecticidas de neem que contienen el 3% de azadiractina en su formulación, se venden en \$125.00 US dls por litro, por lo que el gramo está en \$2.60 US dls. En Alemania los insecticidas de neem que contienen 1% de azadiractina se venden en 35.00 US dls por litro (Isman, 2004). En 1998 en el sur de Sonora un kilo de semilla se cotizaba en \$11.44 US dls (Espinoza-Alvarez, 1998). La empresa Plasma Power Private Limited, vende el kilogramo de gránulos de hoja de neem a \$1.8 US dls, el kilogramo de polvo de corteza a \$1.26 US dls y el kilogramo del polvo de semilla a \$4.68 US dls (Tinghui *et al.*, 2001).

En el mercado de EUA, en 1985 se usaron por primera vez los extractos de la semilla de neem con fines no alimentarios; en 2001 el principal proveedor de productos a base de neem en EUA era la compañía Thermo Trilogy que anualmente vendía \$125 millones de US dólares (Tinghui *et al.*, 2001).

La producción de cultivos en distintas partes del mundo con los distintos fines comerciales, han generado empleos para la gente e ingresos a las comunidades. Pero esto no se ha cuantificado.

2.3.2 Manejo y condiciones de cultivo

La propagación de *Azadirachta indica* para cultivo se hace principalmente por reproducción sexual usando semillas, aunque también se hace por la asexual, de forma vegetativa, en que se pueden usar las ramas o los brotes de ramas. Las plantas de neem que son producidas por semillas desarrollan raíces extensas, lo que les ayuda a obtener humedad y nutrientes de estratos más profundos y mayor anclaje; por ello han recomendado que se usen estas plantas en programas de mejoramiento y conservación de suelo, y como cortina rompevientos. Por otro lado, la reproducción vegetativa se ha recomendado para plantaciones de producción y contenido de ingredientes activos (Osuna y Parra, 2001). Se ha observado en algunas regiones que las plantas de neem propagadas por semilla desarrollan mayor altura que las plantas propagadas por estaca o esqueje, por ejemplo en Todos Santos, B.C.S. (Osuna y Meza, 2001).

Para la propagación por semilla, se debe recolectar el fruto maduro, retirarles la pulpa y lavarlos al momento de recolectarlos; posteriormente, se dejan secar. Es aconsejable sembrar dos semanas después de cosechar los frutos y si la semilla se almacenó en frío, debe remojarse durante 24 horas en agua dulce (CIRAD, 1988).

Para la propagación vegetativa, los métodos tradicionales incluyen injertos, esquejes de raíces, esquejes de tallos y cortes de muñones, los cuales se plantan a inicios de la temporada de lluvias. Se obtienen mejores resultados si los esquejes o muñones se obtienen de árboles jóvenes, de edades a partir de dos años (Chamberlain *et al.*, 2000). Antes de plantar los esquejes herbáceos, se deben humedecer con enraizadores, tales como ácido indolbutírico al 0.5% (CIRAD, 1988).

La siembra directa de *A. indica* consiste en colocar 3 semillas por ubicación, sin alterar el suelo; este método de siembra se recomienda en caso de tener abundantes semillas maduras, provenientes de la temporada correcta y de zonas en donde la precipitación anual sea de 600 mm. Para sembrar en suelos degradados se recomienda que haya suficiente humedad durante las etapas iniciales (CIRAD, 1988; Puri, 1999).

En India se ha recomendado establecer plantaciones de neem en suelos pobres, con baja fertilidad (Acquah *et al.*, 2015). En Ghana, los agricultores propagan el árbol rompiendo ramas pequeñas o grandes de árboles maduros, plantándolas directamente en el suelo (CIRAD, 1988; Chamberlain *et al.*, 2000).

En plantaciones de neem en Todos Santos, B.C.S., México, la reproducción del árbol se ha hecho a través de semillas y de esquejes. Las semillas de neem se sembraron con tierra migajón arenoso tratada con bromuro de metilo; se regó ligeramente, y las semillas germinaron entre 13 y 18 días después de la siembra. En cuanto a los esquejes, fueron de 20 cm de largo y 1.5-2.0 cm de ancho; a los esquejes se les hicieron tres incisiones longitudinales de 2 cm, se humedecieron con Captan 50%, PH y con ácido Indol-3-butirico. Los esquejes se plantaron a 10 cm de profundidad en bolsas de polietileno negro de 12 x 25 cm, con tierra migajón arenoso tratada con bromuro de metilo; se cubrió con plástico transparente con el fin de acelerar la brotación foliar y el enraizamiento. Antes de

trasplantar las plántulas, se preparó el suelo, realizando barbecho y rastreo cruzado en temporada seca; el marco de siembra fue de 8 x 8 m, se construyeron cepas de 60 x 60 x 60 cm y en el fondo se agregó composta mezclada con tierra; se trasplantó la plántula y se cubrió con tierra hasta el cuello de la raíz y a nivel de suelo (Osuna y Meza, 2001).

3. Potencial de establecimiento y colonización

3.1 Potencial de colonización

Entre los factores que incrementan el potencial de colonización del neem, es que esta especie se puede reproducir sexualmente y de forma vegetativa (ver Biología). *Azadirachta indica* tiene una muy alta producción de semillas, estimándose que puede producir entre 44,000 a 200,000 semillas por árbol anualmente, con una viabilidad oscilando entre 60-85% (Acquah *et al.*, 2015; Csurhes 2016; ver Biología). El neem crece bien en ambientes adversos debido a su baja demanda de agua y nutrientes. En zonas con condiciones favorables, como la alta precipitación, crece rápidamente (Scandé, 2000).

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 permite se incremente la viabilidad de las semillas y el reclutamiento de plántulas (Brown y Grace, 2006). Su sistema radicular tiene la capacidad de producir retoños después de ser dañada (Csurhes, 2016).

Este árbol no requiere de sitios con condiciones especiales para crecer, es muy resistente a la sequía, ya que puede crecer en sitios con solo 150 mm de precipitación anual (Scandé, 2000). Puede soportar entre 2-6 meses antes de que las semillas pierdan su viabilidad (CIRAD, 1988; NRC, 1992). Sin embargo, dentro de un área de invasión, se ha observado que la semilla tiene una viabilidad de 5 meses en condiciones secas; en condiciones favorables la viabilidad se incrementa a 12 meses (Beames *et al.*, 2017) (ver Biología). El banco de

semillas de *A. indica* es muy grande, la germinación y propagación ocurren en temporadas muy húmedas; no obstante, en un experimento de control y erradicación de *A. indica* en el Parque Nacional Saadani, Tanzania, mostraron que en temporadas de muy baja humedad habían germinado las semillas de neem, llegando a producir una cantidad alta de plántulas en un año (Dos Santos y Kiwango, 2010). *A. indica* es tolerante a las sustancias alelopáticas que producen los eucaliptos, lo que le da un mayor potencial de colonización sobre otras especies en zonas de cultivo (Kumaran *et al.*, 2005). El neem tiene la capacidad de regenerarse fácilmente (CIAD, 1988), puede tolerar o beneficiarse de daños naturales, de cortes y del fuego (Beames *et al.*, 2017). En un experimento llevado a cabo en Ghana, se quemaron parcelas con árboles nativos y árboles de neem, encontrando que los que tuvieron mayor supervivencia fueron los árboles de neem, sobre todo los de mayor talla (Darwin Initiative, 2003).

En bosques fragmentados del sur de Togo, este árbol tiene un alto potencial de colonización, ya que la densidad de plantas juveniles de neem fue de 5,597.4 plantas/ha, mayor a la densidad de las especies nativas que fue de 4,500.76 plantas/ha (Radji *et al.*, 2010). Es decir, que la fragmentación del hábitat le beneficia para la colonización de sitios.

En condiciones de cultivo, los árboles se establecen de inicio por esquejes o ramas que fueron sembradas por el hombre. Esto quiere decir que hay un potencial de establecerse por reproducción vegetativa (Osuna y Parra, 2001).

Dentro de su alto potencial de colonización, se ha documentado que puede desarrollarse y crecer adecuadamente en zonas áridas y semiáridas, secas, aunque también se presenta en zonas con precipitaciones que pueden llegar a los 1,200 mm en zonas de selvas y bosques tropicales deciduos secos, bosques tropicales espinosos y bosque tropical siempreverde seco. También puede colonizar campos agrícolas barbechados, savanas, bosques costeros bosques monzónicos y bosques siempre verde y seco deciduo (CABI, 2018f). Puede encontrarse desde el nivel del mar hasta a 1,500 msnm (CIRAD, 1988). Es decir, su tolerancia le permite colonizar exitosamente una variedad de ambientes.

3.2 Potencial de dispersión

Las semillas de *A. indica* pueden ser dispersadas por el viento (anémocoria), por los animales (endozoocoria) y vegetativamente (Puri, 1999; Scandé, 2000; ver Ecología). De esta manera, los propágulos (semillas, ramas, raíces) pueden ser dispersados por el agua a grandes distancias e ir colonizando e invadiendo. Las inundaciones pueden provocar la dispersión de las semillas, de fragmentos de raíz o ramas de la planta, al ser arrastradas por el agua. En zonas de invasión, en Australia se ha visto que la planta se propaga en lugares con acceso al agua, tales como a lo largo de orillas de arroyos, ríos, desagües (Csurhes, 2016).

No obstante, se considera que la gran capacidad de dispersión de la semilla de *A. indica* se debe a los animales, como aves y murciélagos, que las consumen con frecuencia y las semillas sobreviven el paso a través del intestino con lo que son eficientemente dispersadas (CIAD, 1988; Scandé, 2000; Dos Santos y Kiwango, 2010; ver Ecología). Se han registrado plántulas de neem bajo las líneas eléctricas debido a la dispersión por aves (Scandé, 2000). En Australia, el fruto es alimento para las aves (como *Chlamydera nuchalis*), murciélagos y otros animales, como cerdos silvestres. Las aves han dispersado ampliamente las semillas, especialmente debajo de los árboles en los que descansan o posan (Miller y Beames, 2018). Otro importante dispersor de la semilla son las personas (Dos Santos y Kiwango, 2010). Se ha visto por ejemplo que en los viveros, la propagación del neem se hace por semilla, con lo que es el hombre obviamente el dispersor (Scandé, 2000).

3.3 Factores que favorecen su establecimiento y dispersión

Entre los factores que favorecen el establecimiento de *Azadirachta indica* uno de los principales es su elevada viabilidad; otros son su versatilidad ambiental, presentándose en regiones áridas, y en ambientes cálido-húmedos; que prefiere temperaturas anuales de 21-

32°C, pero puede soportar hasta 50°C; las zonas abiertas, donde hay pocas plantas, le favorecen (ver Ecología). También puede establecerse en campos agrícolas y escapar de cultivos (ver Ecología). Le favorece su resistencia a sustancias alelopáticas.

Entre los factores que favorecen su dispersión, el humano es el principal para zonas donde se ha introducido. Dentro de los sitios, son las aves y algunos animales que dispersan su semillas; asimismo, zonas donde corra el agua que puede transportar los propágulos como semillas y ramas (ver Ecología). Las inundaciones parecen ser un buen medio para dispersarse los propágulos. En la década de 1980s, en Queensland, Australia, el árbol del neem fue altamente promovido como cultivo para la producción de insecticida, pero esta industria no se desarrolló y muchas plantaciones se abandonaron, con lo que se extendió rápidamente, infestando vastas áreas (Beames *et al.*, 2017).

4. Evidencias de impactos

4.1 Impactos a la salud

Los impactos a la salud por el uso de las distintas partes de *A. indica* con fines medicinales son por un lado positivos e importantes en algunas regiones. En India, es un árbol ampliamente utilizado por sus propiedades medicinales, usando la corteza del tronco, la corteza de la raíz, los frutos, semillas, flores, hojas y la goma que producen. Se emplea como antiséptico, tónico estomacal, estimulante local, un antimalario, antiinflamatorio, antihelmíntico, antimicrobiano, antiviral, antipirético y como tónico demulcente, o sea una sustancia que ejerce protección local ante tratamientos diversos como los señalados (Kirtikar y Basu, 1918; Nicoletti *et al.*, 2012).

Probando la efectividad de las hojas molidas de neem en el tratamiento de la sarna, se encontró que de 824 casos, el 98% se curó en 3 a 15 días. También se ha desarrollado un producto tópico a base de neem que parece aumentar la defensa del cuerpo contra infecciones en el lugar donde se aplica; se probó contra infecciones vaginales y para

prevenir embarazo, ya que actúa como espermaticida (NRC, 1992), pero no se encontraron los resultados de estas pruebas.

Para la producción de aceite de neem que es usado como medicamento o como alimento, es importante que las semillas estén completamente secas porque son susceptibles a ataques por hongos, mismos que contienen sustancias carcinógenas y otros venenos, como micotoxinas. Cuando las semillas tienen hongos y son consumidas pueden causar daños al hígado y pueden dañar el cerebro. En la década de 1980 se registró la muerte de niños pequeños porque los padres les dieron dosis de aceite de semilla de neem, que tenían toxinas (NRC, 1992; Norten, 1999). Asimismo, una dosis de 5 a 30 ml al día de aceite de neem dada a niños de cuatro años o menores se ha documentado que produce daño a la masa encefálica, hígado e inflamación en otros órganos internos (Osuna, 2001b).

Por otro lado, en una investigación se administró a cabras y cobayas entre 50 a 200 mg de suspensión acuosa de hojas verdes o secas de neem, por vía oral, durante ocho semanas. Se encontró que a estos animales lo administrado les produjo una disminución progresiva del peso corporal, debilidad, inapetencia, disminuyó el ritmo cardiaco, la tasa de respiración y el pulso; además de que a los individuos que se les administraron hojas frescas presentaron diarrea. En las cabras que consumieron las dosis más altas, se presentaron temblores y ataxia en los últimos días del tratamiento. La necropsia mostró evidencia de diversos grados de hemorragias, congestión y degeneración en el hígado, riñones, pulmones, duodeno y cerebro (Ali, 1987).

4.2 Impactos ambientales y a la biodiversidad

El impacto de *Azadirachta indica* en los países donde ha escapado y se ha naturalizado está poco documentado (Csurhes, 2016). Entre los impactos se ha encontrado el que resulta de que las semillas del neem germinan de manera abundante alrededor de los árboles progenitores, con lo que desplazan e inhiben que crezca vegetación nativa (Beames *et al.*, 2017; Miller y Beames, 2018). Sus raíces producen ventosas lo que permite que los rodales densos se desarrollen y ahoguen a la demás vegetación (Beames *et al.*, 2017). Asimismo, el

extenso sistema de raíces de este árbol compite con los cultivos más cercanos, por lo cual difícilmente se puede usar en sistemas de agroforestería, y si no se controla, puede volverse un invasor agresivo (Radwanski y Wickens, 1981; CIRAD, 1988).

Los suelos arenosos rojizos tienen en promedio pH de 5.4 en la primera y segunda capa del suelo, pero este mismo tipo de suelo bajo árboles de neem aumenta el pH a 6.8 en la capa superficial del suelo; este incremento se debe a la acumulación y descomposición de hojarasca. Se ha medido que el pH de las hojas de *A. indica* es de 8.2 (Radwanski y Wickens, 1981). Estos cambios a un pH más básico tendrán incidencia sobre otras especies y sobre el suelo, salinizándolo. Por ello, hay efectos en la biodiversidad y en la calidad del ambiente.

Se sabe que en el área invadida, Kimberley, Australia, el 37% de los árboles nativos boab *Adansonia gregorii* están siendo sofocados por árboles de neem creciendo pegados a sus bases (Csurhes, 2016); también que están afectando a *Eucaliptus (ex-Corymbia) practica*, sofocando a los árboles padres grandes y reduciendo la germinación de nuevos rodales; también encontraron que compite por disponibilidad de agua y nutrientes con otras especies de plantas. La distribución que tienen ahora ha resultado de la propagación de la semilla por las aves que se posan en estos árboles (Miller y Beames, 2018; Reynolds *et al.*, 2018). En el lago Kununurra, Australia, el neem se ha extendido a lo largo del lago, y en algunas secciones ha crecido para crear rodales puros que hacen que el suelo sufra los daños de la erosión al excluir a las plantas del sotobosque (OLW, 2009; 2011). En la Estación Rockyview, Australia, la rápida invasión de *A. indica* ha creado una infestación impenetrable, que tiene el potencial de restringir el acceso a áreas y alterar las comunidades de plantas y animales (Beames *et al.*, 2017).

En Ghana, *A. indica* está invadiendo los bosques secos en la zona costera, amenazando a especies en peligro de extinción como el árbol endémico *Talbotiella gentii* (Fabaceae) (Chamberlain *et al.*, 2000). En las llanuras de Accra, Ghana, han disminuido considerablemente las poblaciones de roedores nativos en aquellas zonas con poblaciones grandes de *A. indica* (Ayensu, 1974). En 1990, en la Reserva de Caza Shai Hills, Ghana había una población de *A. indica* por lo que se llevó a cabo una estrategia de manejo que consistió en cortar los árboles de neem; esta estrategia no funcionó porque para 2001 la población

de neem se había incrementado, reduciendo las poblaciones de plantas nativas (Darwin Initiative, 2003). En el Parque Nacional Saadani, Tanzania, se ha registrado que las plántulas de neem se encuentran debajo el dosel del árbol madre, y fuera del área del dosel del neem, es donde se encuentran establecidas otras especies, lo cual se considera podría ser un buen indicador de que *A. indica* tiene un efecto alelopático en otras especies (Dos Santos y Kiwango, 2010).

Por lo anterior, la propagación de árboles de neem puede provocar que se excluya la vegetación nativa, causando con ello una pérdida importante de la biodiversidad natural, inclusive de la más vulnerable endémica y con tamaños poblacionales pequeños.

Por otro lado, la expansión de una especie con tolerancia al fuego como es *A. indica* permite que se pueda regenerar fácilmente (CIAD, 1988), y puede alterar el régimen de fuego de una zona. Aún siendo resistente al fuego de baja intensidad, al sustituirse vegetación nativa por árboles de neem 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, al modificarse 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. Es decir, se suprime el efecto del fuego que de forma natural promueve la regeneración de la vegetación nativa.

En Haití, se ha registrado la muerte de tilapias por semillas de neem que cayeron en el estanque (NRC, 1992). Por otro lado, no existe evidencia de efectos dañinos en abejas y mariposas que consumen el néctar de las plantas tratadas con neem, pero podría tener efectos secundarios ligeros, como una reproducción reducida, si el insecto absorbe componentes del neem (NRC, 1992).

En México, ciertos estudios han considerado que *A. indica* no genera impacto ambiental, señalando que debido a que en Sonora se presenta intercalada con la vegetación nativa, como mezquite y palo fierro, no tiene efectos negativos; consideran también que la propagación descontrolada de la semilla no es una amenaza ya que la viabilidad de la semilla es de corto tiempo (Espinoza-Alvarez, 1998; Saldaña-Álvarez, 1999). No obstante, no hay

estudios experimentales ni con un diseño observacional en todo caso que avalen estas propuestas y promoción de incrementar su cultivo. Tampoco señalan en la propuesta que se ha encontrado que el tiempo de las semillas puede ser de hasta más de 1 año posterior a la liberación (ver Ecología); tampoco mencionan nada de los potenciales dispersores lo que es muy importante para entender las potencialidades de dispersión y sus efectos.

4.3 Impactos a actividades productivas

No hay registros de impactos a actividades productivas por la introducción e invasión del neem. Se ha encontrado en zonas de invasión impactos ambientales negativos, como lo es que impiden el crecimiento de plantas nativas al tener un crecimiento muy rápido por lo que pueden sofocar el crecimiento de las otras especies, así como es posible que tenga un efecto alelopático hacia ellas (Dos Santos y Kiwango, 2010; Csurhes, 2016). Este efecto puede tener implicaciones económicas dependiendo de las especies vegetales a las que la planta invasiva estuviera afectando.

4.4 Impactos económicos

No existe información de valoraciones de los costos de remediación, control y erradicación del neem. Se ha visto que las extensas raíces del neem pueden llegar a dañar las construcciones de canalización del agua, dañana los costos de la actividad agrícola por ejemplo (CIRAD, 1988). En pruebas de invernadero y de campo, también se ha encontrado el daño que pueden causar algunos componentes del neem sobre plantas de cultivos, tales como la formación de cabezales medianos de las coles, la destrucción del recubrimiento ceroso de las hojas de cebollas y el bajo rendimiento y crecimiento del tomate (NRC, 1992). Pero no hay valoraciones sobre los costos de pérdidas económicas causadas por estos efectos

Una valoración hecha fue en el control que se hizo de *A. indica* a lo largo de 8 km del Río Victoria, Australia, con un costo del control inicial de \$24,000 dls australianos por kilómetro (Cameron y Richter, 2015).

No se han hecho valoraciones por la invasión de zonas que pueden disminuir su productividad por desplazamiento de especies nativas.

5. Control y mitigación

De acuerdo a los puntos señalados como importantes para planificar el control de especies invasoras, tales como determinar el tamaño y densidad, tener los objetivos a corto y largo plazo del proyecto; la accesibilidad y tipo de sitio infestado y el tipo y cantidad de vegetación presente que sea endémica, nativa o deseable, *A. indica* se puede identificar fácilmente y las infestaciones son generalmente accesibles para el tratamiento. Lo demás, dependerá de los objetivos que se tengan para la especie en el área y del dinero disponible.

Debido a que esta planta es considerada benéfica en muchas regiones, no se han hecho muchos controles. Sin embargo, en algunas áreas en particular se han establecido estrategias de control. Por ejemplo, en el Parque Nacional Saadani, en Tanzania se hicieron pruebas para establecer el mejor método de control y erradicación de *Azadirachta indica* (Dos Santos y Kiwango, 2010).

Los tres métodos que usaron fueron:

Uso de anillo descortezador: se aplicó a árboles que medían más 3 cm de diámetro a 1.3 m del suelo. El descortezamiento se llevó a cabo entre 0.3 m a 1 m del suelo, dependiendo de la forma y tamaño del vástago. El ancho del anillo varió entre 0.3 m a 0.5 m. Se trataron 239 individuos con este método, resultando que 37% de los árboles se marchitó sin brotar; el resto de los árboles rebrotó.

Corte del árbol: todos los árboles adultos y juveniles se cortaron por la base del árbol. Todos los árboles que fueron cortados, rebrotaron después de un año.

Tratamiento químico: se inyectó herbicida glifosato, Rondopaz 48% LC (concentración del líquido), al tallo. Los vástagos con tallo de menos de 12 cm de DAP se perforaron con brocas de 60 mm de diámetro y los tallos con mayor DAP de 12 cm se perforó con brocas de 100 mm de diámetro. Se perforó a un ángulo de 45° y 10 cm de profundidad. La distancia entre cada agujero alrededor del tallo fue de 5 cm, que se llenaron inmediatamente con glifosato. Se inyectaron 105 árboles con glifosato, todos murieron sin signos de rebrotes.

Después de haber llevado a cabo el control del *A. indica*, realizaron un monitoreo cada tres meses, cuatro veces en un año de seguimiento; durante ese tiempo se produjeron 12,971 plántulas. Las plántulas fueron arrancadas antes de medir 20 cm de altura, ya que después de esa altura las raíces se anclan muy bien al suelo y es difícil extraerlas. El control continúa.

Hasta el 2011, la reserva el Paseo Botánico de Joonjoo en Derby-West Kimberley, Western Australia, estaba invadido por *A. indica* y lo erradicaron. El procedimiento fue el siguiente (Beames, 2016; Environs Kimberly, 2017a; 2017b; 2017c):

- Se cortó el tocón con una motosierra y se le agregó la mezcla del herbicida Access™ y diesel. Las ramas y madera se retiraron del lugar para evitar incendios.
- Las plántulas y plantas pequeñas de 30 cm de altura, se arrancaron; se facilita más si la planta se encuentra en tierra suelta o húmeda; se debe asegurar de sacar toda la raíz. El material vegetativo que fue eliminado, se apiló.
- Se quemó este material vegetativo y las semillas. También se quemó levemente la zona que estaba infestada, lo que aparentemente ayudaría a reducir el banco de semillas. Aunque se ha indicado que el árbol del neem es resistente al fuego, las plántulas no lo soportan; solo los árboles de más de 2 m se regeneran desde la base después de incendios de baja intensidad (Beames *et al.*, 2017). Es probable por tanto, que las semillas tampoco soporten el fuego.
- Se hizo un seguimiento rociando con herbicida y arrancando las plántulas nuevas, asegurándose de sacar toda la raíz.

Después de cinco años de que fue hecha la eliminación, la Reserva se mantuvo libre de árboles de neem maduros. Por lo anterior, han recomendado que cada cinco años se haga una revisión y acción para controlar la maleza (Environs Kimberly, 2017a).

El Northern Territory of Australia (2015) generó un plan de manejo de *Azadirachta indica* para su erradicación, proponiendo la eliminación a través de control químico, control mecánico y quema. A continuación se describe cada una de estas actividades.

A. Para el control químico, los herbicidas se pueden aplicar durante todo el año, aunque es mejor que se aplique cuando la planta está en crecimiento activo. Los métodos de aplicación son:

Aplicación foliar: Aminopyralid 8 g/L + Triclopyr 300 g/L + Picloram 100 g/L (Grazon™Extra) y Triclopyr 300 g/L + Picloram 100 g/L (varios nombres comerciales); solo se aplican cuando la planta está creciendo activamente, lo que permite la absorción del herbicida. Es efectivo para plántulas individuales y para infestaciones, menores de 2 m.

Aplicación en la corteza basal: para plantas juveniles individuales, menores de 5 cm de diámetro, Triclopyr 600 g/L (varios nombres comerciales), tratar hasta 45 cm del suelo; para plantas juveniles individuales, menores de 15 cm de diámetro, Fluroxypyr 333 g/L (Starane™Advanced) y Triclopyr 240 g/L + Picloram 120 g/L (Access™), tratar hasta 45 cm del suelo. Si la infestación es dispersa o remota se recomienda la aplicación del herbicida a través del descortezamiento basal, ya que se requiere menos mano de obra.

Aplicación en el corte del tocón: para plantas maduras, mayores de 5 cm de diámetro, Triclopyr 600 g/L (varios nombres comerciales), tratar hasta 45 cm del suelo en árboles individuales o infestaciones; para plantas maduras, mayores de 15 cm de diámetro, Fluroxypyr 333 g/L (Starane™Advanced) y Triclopyr 240 g/L + Picloram 120 g/L (Access™), tratar hasta 45 cm del suelo en árboles individuales o infestaciones. En caso del control de árboles maduros en zonas urbanas o jardines es mejor la aplicación del herbicida a través del corte de tocón.

B. Control manual, que se puede combinar con otros tipos de control, como la quema o la aplicación de herbicidas. Después de llevar a cabo este tipo de control, se debe dar

seguimiento y monitorear las zonas trabajadas, para evitar rebrotes y proliferación de plántulas.

Eliminación mecánica en plántulas y plantas juveniles: pueden ser eliminadas manualmente o con azadón y asegurarse que no queden raíces, para evitar rebrotes.

Cortar o triturar la planta: esto no ayuda a eliminar el árbol, pero facilita la aplicación de herbicidas y crearía oportunidad para que otras especies se establezcan.

Rastrillado: puede matar las plantas de neem y despejar caminos, pero se debe combinar con aplicación de fuego o herbicida.

C. La quema es un control que se usa cuando no es apropiado o posible usar el químico o mecánico. Se recomienda flamear a los árboles maduros durante 10 segundos alrededor de la base de cada planta.

En Brasil se ha recomendado el siguiente control para el neem:

Control mecánico: Arranque de plántulas. En Australia se sabe que la viabilidad de las semillas enterradas es menor que 3% después de 12 meses. Por lo tanto, se recomienda que las áreas de manejo de la especie sean monitoreadas por al menos un año después del control.

Control químico: Corte y aplicación de herbicida a base de triclopyr en el tocón. Anillamiento en la base del tronco con aplicación inmediata del herbicida diluido a 4-5% en aceite vegetal en la base del anillo. Si se produce un rebrote se deben eliminar cuando alcanzan entre 15 y 30 cm de altura mediante pulverización en las hojas, con glifosato diluido en agua al 2%. Los trabajos previamente realizados sugieren una tendencia de eliminación de las plantas con cuatro aplicaciones en los rebrotes.

Control biológico: En la región de la Caatinga, la especie es atacada por un hongo del género *Fusarium* cuando se encuentra bajo condición de estrés. El hongo tiende a ocurrir en el regazo de la planta, debilitándola.

Se ha llevado a cabo el control de *Azadirachta indica* a lo largo de 8 km del Río Victoria, Australia, y el costo del control inicial fue de \$24,000 dls australianos por kilómetro (Cameron y Richter, 2015).

Por otro lado, se sabe que es difícil la erradicación de árboles de neem que han sido plantados como ornato en jardines y calles porque a la gente le gusta el árbol y no quiere eliminarlos (Beames *et al.*, 2017).

A este respecto, *A. indica* se puede identificar fácilmente y las infestaciones son generalmente accesibles para el tratamiento. 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).

6. Normatividad

A continuación, se resumen las leyes, normas y regulaciones emitidas en los diferentes países con respecto a la exclusión, prohibición, restricción o autorizaciones para la introducción, de *Azadirachta indica*.

Parte de las búsquedas se hicieron en función de lo reportado en CABI y GRIIS.

CABI. 2018. *Azadirachta indica* [original text by Julissa Rojas-Sandoval, Department of Botany-Smithsonian NMNH, Washington DC, USA, Pedro Acevedo-Rodríguez, Department of Botany-Smithsonian NMNH, Washington DC, USA]. In: Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. <https://www.cabi.org/ISC/datasheet/8112>

GRIIS: Global register of introduced and invasive species. <http://www.griis.org/search3.php>

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

6.1 Legislación Mexicana

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

6.2 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 Exótica Introducida o Invasiva

África occidental

Considerada en el listado de plantas invasoras que afectan las Áreas Protegidas de África Occidental: Invasive plants affecting protected areas of West Africa.

IUCN/PACO (2013). Invasive plants affecting protected areas of West Africa.

Management for reduction of risk for biodiversity. Ouagadougou, BF: IUCN/PACO.

Para detalles, consultar el siguiente link:

<https://papaco.org/wp-content/uploads/2015/08/Invasive-plants-study.pdf>

Anguila

Considerada como especie invasora en el Anguilla Invasive Species strategy (2008) draft, Department of Environment Anguilla.

La gestión, control y erradicación de las especies invasoras exóticas es extremadamente crítica, y durante décadas han planteado grandes desafíos para los gestores ambientales. En un esfuerzo por gestionar y controlar eficazmente la introducción y posterior propagación de especies invasoras en Anguila, se deben implementar varias medidas de mitigación y otras técnicas. El protocolo establecido para el manejo de especies invasoras exóticas se describe a continuación: 1. Prevención; 2. Detección temprana y respuesta rápida; 3. Control y manejo; y 4. Rehabilitación y restauración.

Para detalles, consultar el siguiente link:

<https://www.cabi.org/Uploads/isc/caribbean-legislation/anguilla-invasive-species-strategy-2008.pdf>

Australia

Territorio del Norte de Australia

Considerada como invasora Clase B y C. Department of Environment and Natural Resources. Weeds Management Act (the Act). Una maleza declarada es una planta o especie de planta que ha sido identificada para control, erradicación o prevención a la entrada en todo o parte del Territorio Norte de Australia. Una persona puede solicitar un permiso para usar una maleza declarada en virtud del artículo 30 de la ley.

Clase B. Se debe controlar el crecimiento y la propagación. El área a la que se aplica la declaración es la totalidad del Territorio del Norte, a menos que se indique lo contrario.

Clase C. No debe ser introducida en el territorio. El área a la que se aplica la declaración es todo el Territorio del Norte.

https://nt.gov.au/_data/assets/pdf_file/0016/252133/declared-weeds-in-the-nt.pdf

<https://nt.gov.au/environment/weeds/weeds-in-the-nt/A-Z-list-of-weeds-in-the-NT>

Para detalles acerca de la ley: Weeds Management Act (the Act) en la siguiente liga:

<https://legislation.nt.gov.au/Legislation/WEEDS-MANAGEMENT-ACT>

Plan de manejo:

https://nt.gov.au/_data/assets/pdf_file/0020/231428/neem-management-plan.pdf

Queensland

Considerada como planta invasora sin embargo no está restringida ni prohibida bajo la ley Biosecurity Act 2014, pero por ley, se deben tomar medidas razonables y prácticas para minimizar los riesgos asociados con las plantas y los animales invasores bajo su control.

Para detalles ver:

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

https://www.daf.qld.gov.au/_data/assets/pdf_file/0006/63168/IPA-Neem-Tree-Risk-Assessment.pdf

Benin

Considerada como planta invasora en Benin. Strategie nationale et plan d'action Pour la conservation de la diversite biologique. Ministere de l'environnement, programme des nations unies De l'habitat et de l'urbanisme pour le developpement.

Quatrième Rapport National Du Benin Sur La Convention des Nations Unies Sur la Diversité Biologique. Ministere de L'Environnement et de la Protection de la Nature. Direction Générale des Forêts et des Ressources Naturelles. Point Focal Convention Des Nations Unies Sur La Diversite Biologique.

Cinquieme Rapport National Sur la Mise en Oeuvre de la Convention Sur la Diversite Biologique Au Benin. Ministre De L'environnement Charge de la Gestion Des Changements Climatiques, Du Reboisement et de la Protection des Ressources. Direction Generale des Forets et Des Ressources Naturelles Convention Sur La.

<https://www.cbd.int/doc/world/bj/bj-nbsap-01-fr.pdf>

<http://bj.chm-cbd.net/implementation/documents/fo191024/4eme-rapport-diversite-biologique.pdf/download/fr->

[BE/1/4%C3%A8me%20rapport%20diversit%C3%A9%20biologique.pdf](http://bj.chm-cbd.net/implementation/documents/fo191024/4eme-rapport-diversite-biologique.pdf/download/fr-BE/1/4%C3%A8me%20rapport%20diversit%C3%A9%20biologique.pdf)

<https://www.cbd.int/doc/world/bj/bj-nr-05-fr.pdf>

Bolivia

Considerada como especie invasora. Listado de especies incluidas en el relevamiento preliminar. Establecimiento en Bolivia de bases de datos sobre especies exóticas invasoras, como parte de la Red Interamericana de Información en Biodiversidad, –IABIN. Informe Final técnico y financiero.

[http://www.oas.org/dsd/iabin/component2/Bolivia/I3N-UMayordeSanAndres/Template_Informe_Final\[IE\].pdf](http://www.oas.org/dsd/iabin/component2/Bolivia/I3N-UMayordeSanAndres/Template_Informe_Final[IE].pdf)

Brasil

Considerada como especie invasora por I3N Invasives Information Network. No hay legislación que regule la especie.

<http://i3n.institutohorus.org.br/www/?p=Z2tiIXY%2BYzJibTBxfRoBS0xeD1oFVUdIRxFTNGdidDU3MQ%3D%3D>

Burkina Faso

Considerada como Especies de plantas invasoras introducidas o espontáneas reportadas en Burkina Faso. Cinquieme Rapport National du Burkina Faso a la Conference des Parties a la Convention Sur la Diversite Biologique. Burkina Faso. Unité-Progrès-Justice.

<https://www.cbd.int/doc/world/bf/bf-nr-05-fr.pdf>

Colombia

Considerada como planta invasora en el listado de especies introducidas en la región Amazónica. Plantas introducidas, establecidas e invasoras en Amazonia colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia.

En Colombia los temas relacionados con la introducción y movilización de plantas de una región a otra poseen un amplio marco normativo desde mediados del siglo pasado, el cual

se concreta en 1974 al expedirse el Código de los Recursos Naturales y Protección al Medio Ambiente (Gutiérrez, 2006).

A su vez, acuerdos internacionales como el Convenio de Diversidad Biológica CDB identifican las invasiones biológicas como una prioridad y en su artículo 8 define que cada país: “Impedirá que se introduzcan, controlará o erradicará las especies exóticas que amenacen a ecosistemas, hábitats o especies”. Por lo tanto, Colombia como país parte del convenio (Ley 165 de 1994), debe adelantar acciones que conduzcan al cumplimiento de la convención y las acciones priorizadas.

A continuación, se presenta una síntesis de la legislación colombiana que tiene relación con el control y manejo de las especies de plantas exóticas o introducidas y trasplantadas:

- Código de los Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente (Decreto-Ley 2811 de 1974): “La introducción o importación al país de especies animales o vegetales sólo podrá efectuarse previa autorización del gobierno nacional” (Art. 290). Y “Requiere autorización especial la importación, producción, venta o expendio de híbridos o nuevas especies logradas mediante el uso de recursos genéticos” (Art. 291).
- Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia (Decreto 622 de 1977): “Prohíbe la introducción transitoria o permanentemente de animales, semillas flores o propágulos de cualquier especie” (Art. 30, Núm. 12).
- Sistema Nacional Ambiental – SINA: (Ley 99 de 1993): “Se asigna al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial la función de otorgar la licencia ambiental para la introducción al país de parentales para la reproducción de especies foráneas de fauna y flora silvestres que puedan afectar la estabilidad de los ecosistemas o de la vida salvaje” (Art. 52, Numeral 12).
- Licencias Ambientales: (Decreto 1220 de 2005): Es competencia del MAVDT, otorgar la licencia ambiental para “La introducción al país de parentales, especies, subespecies, razas, híbridos o variedades foráneas con fines de cultivo, levante, control biológico, reproducción y/o comercialización, para establecerse o implantarse en medios naturales o artificiales, que puedan – 18 – Plantas introducidas, establecidas e invasoras en amazonia colombiana afectar la estabilidad de los ecosistemas o de la vida silvestre (Art. 8, Numeral 16).

Además, se establece la no autorización a “la introducción al país de especies, subespecies, razas o variedades foráneas que hayan sido declaradas como invasoras o potencialmente invasoras por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial con el soporte técnico y científico de los Institutos de Investigación Científica vinculados al Ministerio (Parágrafo 4).

Cárdenas López, D.; Castaño Arboleda, N.; & Cárdenas-Toro, J. Plantas introducidas, establecidas e invasoras en Amazonia colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas –Sinchi-, 2011

<https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/invasoras%20final%20web.pdf>

Costa Rica

Considerada como especie invasora con la categoría 2. Especies potencialmente invasoras con impacto medio y permanente. Estas son especies perennes para las que, dependiendo del nivel de impacto, se requieren tomar medidas de manejo y control. III informe de país implementación del convenio sobre la diversidad biológica (CDB) ANEXOS. Ministerio del Ambiente y Energía, Sistema Nacional de Áreas de Conservación de Costa Rica.

https://www.google.com/url?q=https://www.cbd.int/doc/world/cr/cr-nr-03-p2-es.doc&sa=U&ved=0ahUKEwjLkq2Cop7hAhWRpp4KHYYGD6Y4RhAWCAcwAQ&client=internal-uds-cse&cx=002693159031035132009:etadhtewsy4&usg=AOvVaw3cz4UTzL_1j-0LjXRJ6dxl

<http://copa.acguanacaste.ac.cr:8080/bitstream/handle/11606/356/Memoria%20Taller%20Sp%20Invasoras%20CR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cuba

Considerada como potencialmente invasora en el documento: lista nacional de plantas invasoras de Cuba-215, Programa Diversidad Biológica - CITMA/AMA.

Considerada como exótica en Invasive Alien Species Database for Caribbean Region.

<http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/520/3/Lista%20nacional%20de%20especies%20de%20plantas%20invasoras%20y%20potencialmente%20invasoras%20en%20la%20Rep%C3%ABblica%20de%20Cuba%20-%20202011.pdf>

<http://www.ciasnet.org/wp-content/uploads/2012/11/IAS-in-the-Caribbean-Database-.pdf>

Ghana

Considerada como especie invasora por el ministerio de Medio Ambiente, Ciencia y Tecnología e Innovación regulada por Invasive Alien Species Policy.

Considerada como una de las 20 plantas exóticas invasoras de África por Invasive Alien Plants and Their Management in Africa.

Considerada dentro de la lista preliminar de especies invasoras en países de África Occidental. Prevention and Management of Invasive Alien Species: Forging Cooperation throughout West Africa.

Considerada como especie invasora en el listado de Plantas invasoras que afectan las Áreas Protegidas de África Occidental. Invasive plants affecting protected areas of west Africa management for reduction of risk for biodiversity.

Considerada como naturalizada invasora en el listado de las 98 especies forestales exóticas que se encuentran asociadas con evento de naturalización o invasión en África.

CAB International (2004). Prevention and Management of Alien Invasive Species: Forging Cooperation throughout West Africa. Proceedings of a workshop held in Accra, Ghana, 9-11 March 2004. CAB International, Nairobi, Kenya.

IUCN/PACO (2013). Invasive plants affecting protected areas of West Africa. Management for reduction of risk for biodiversity. Ouagadougou, BF: IUCN/PACO.

Haysom, K.A. and Murphy, S.T. 2003. The status of invasiveness of forest tree species outside their natural habitat: a global review and discussion paper. Forest Health and Biosecurity Working Paper FBS/3E. Forestry Department. FAO, Rome (unpublished).

https://members.wto.org/crnattachments/2016/SPS/GHA/16_0951_00_e.pdf

<https://www.cabi.org/Uploads/CABI/publishing/promotional-materials/african-invasives-book.pdf>

https://www.doi.gov/sites/doi.gov/files/uploads/forging_cooperation_in_west_africa.pdf

<http://issg.org/pdf/publications/GISP/Resources/AP-2.pdf>

<https://papaco.org/wp-content/uploads/2015/08/Invasive-plants-study.pdf>

<http://www.fao.org/3/J1583E/J1583E00.htm>

<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2013-035.pdf>

Guatemala

Considerada como especie exótica en la lista gris de especies exóticas de Guatemala. El criterio de inclusión para especies en esta categoría es el siguiente:

Especies exóticas cuyo carácter invasor es conocido y el riesgo se puede asumir y manejar.

Especies cuyo carácter invasor no se conoce pero que representan una probabilidad u oportunidad razonable de entrada al país por la posibilidad de usos y fines derivados de la especie.

Especies cuyo potencial y riesgo de invasión aún no se conoce y de las cuales es necesario investigar y generar mayor información.

El espíritu de normativa para esta categoría es: No deben existir mayores regulaciones. Se debe fomentar la investigación con estas especies orientada a la determinación de impactos de introducción y las medidas de mitigación.

Reglamento de Especies Exóticas e Invasoras de Guatemala Documento Técnico (79-2010) CONAP (2011). Fortalecimiento de las Capacidades Institucionales para Abordar las Amenazas Provocadas por la Introducción de Especies Exóticas en Guatemala. Guatemala. Documento técnico No. (79-2010).

<https://www.cbd.int/invasive/doc/meetings/isaem-2015-01/DECISION%20SUPPORT%20TOOLS/iasem-guatemala-dst-04-esp.pdf>

Honduras

Considerada como invasora, pero no se han realizados estudios sobre su ecología. Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA).

<https://www.google.com/url?q=https://www.cbd.int/doc/world/hn/hn-nr-03-es.doc&sa=U&ved=0ahUKEwi9kqDyng7hAhXTHDQIHYP8Cig4UBAWCA4wBQ&client=internal-uds-cse&cx=002693159031035132009:etadhtewsy4&usg=AOvVaw1tXKKMITvTwb7sThSVrDir>

Mauritania

Considerada como especie exótica introducida. Strategie et Plan d'action National de la Biodiversite 2011 – 2020. Ministere de L'environnement et du Developpement Durable Coordination des Programmes Biodiversite.

<https://www.cbd.int/doc/world/mr/mr-nbsap-v2-fr.pdf>

Mozambique

Considerada en el listado de las principales especies invasoras. Bioinvasion and Global Environmental Governance: The Transnational Policy Network on Invasive Alien Species Mozambique's Actions on IAS.

Legislación acerca de las especies invasoras. Forest and Wildlife Act (No. 10/1999), Land Act (No. 19/97), Environmental Act (No. 20/1997).

<https://www.cbd.int/invasive/doc/legislation/Mozambique.pdf>

Nicaragua

Considerada como especie exótica invasora. Presencia de especies forestales exóticas invasoras identificadas en el Departamento de León, Nicaragua, 2016. No se encontró información sobre legislación gubernamental.

<http://repositorio.una.edu.ni/3598/1/tnk10g216e.pdf>

Niger

Considerada en el listado de especies exóticas invasoras en países de África occidental. Prevention and Management of Invasive Alien Species: Forging Cooperation throughout West Africa.

Considerada en el listado de las especies en las que se han producido cambios significativos en la población en los últimos 10 años. National Biodiversity Strategy and Action Plan.

<http://issg.org/pdf/publications/GISP/Resources/WAfrica-EN.pdf>

<http://issg.org/pdf/publications/GISP/Resources/AP-2.pdf>

Nigeria

Considerada como especie exótica que se ha incrementado en los últimos 10 años posteriores al 2006. National Biodiversity Strategy and Action Plan-2006.

<https://www.cbd.int/doc/world/ng/ng-nbsap-01-en.pdf>

Panamá

Considerada como especie exótica forestal introducida de interés comercial. CBD Thematic Report on Alien Species – Panamá. Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá.

https://www.google.com/url?q=https://www.cbd.int/doc/world/pa/pa-nr-ais-es.doc&sa=U&ved=0ahUKEwjhs_qQzKDhAhVWGDQIHeRoAX04HhAWCAQwAA&client=internal-uds-cse&cx=002693159031035132009:etadhtewsy4&usg=AOvVaw0zTJcg6Af0xhglgToJtRwp

Puerto Rico

Considerada como exótica invasora por Invasive Alien Species database for Caribbean Region. No se encontró legislación gubernamental.

Considerada como naturalizada invasora en el listado de las 114 especies forestales exóticas que se encuentran asociadas con evento de naturalización o invasión en América del Sur.

Haysom, K.A. and Murphy, S.T. 2003. The status of invasiveness of forest tree species outside their natural habitat: a global review and discussion paper. Forest Health and Biosecurity Working Paper FBS/3E. Forestry Department. FAO, Rome (unpublished).

<http://www.ciasnet.org/wp-content/uploads/2012/11/IAS-in-the-Caribbean-Database-.pdf>

<http://www.fao.org/3/J1583E/J1583E00.htm>

República Dominicana

Considerada como especie invasora establecida en República Dominicana por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Prohibida usarla para reforestación.

Regulada por la ley marco ambiental en la República Dominicana que es la Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ley 64-00). Artículo 144. La referida ley prohíbe la introducción de especies exóticas que puedan tornarse invasoras o perjudiciales para la biodiversidad, salud humana o económica del país, estableciendo lo siguiente:

“Se prohíbe la introducción al país de especies o ejemplares de fauna y flora exótica que puedan perjudicar los ecosistemas naturales o la flora y la fauna endémica o nativa, puedan constituirse en plagas o puedan poner en peligro la vida y la salud de los seres humanos u otras especies vivas o puedan servir como objeto o como participantes activos en actividades de caza que impliquen o tiendan a la eliminación, sacrificio, maltrato, hostigamiento o tortura de ejemplares únicos o sus crías”.

Dentro del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Vice-Ministerio de Áreas Protegidas y Biodiversidad cuenta con un procedimiento para la emisión de permisos y certificación de no objeción para importación y exportación de especies reguladas por la Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre (Cites), así como de las especies silvestres no contempladas en esta convención.

Por su parte el Ministerio de Agricultura tiene entre sus funciones la de certificar la condición de inocuidad fitosanitaria de las plantas y derivados (semillas, esporas, esquejes, etc.) para evitar la introducción accidental de plagas de artrópodos, moluscos o microorganismos patógenos de los productos agrícolas (Ley No. 8, 1965). Dada la importancia del impacto económico de estas especies sobre las actividades de desarrollo agropecuario, el Ministerio de Agricultura cuenta con áreas especializadas para el control de los productos de origen biológico que ingresan al país, como un mecanismo de

prevención en la introducción de plagas y patógenos a las áreas nacionales de producción. Esta dependencia es la Dirección de Sanidad Vegetal, la cual cuenta con procedimientos de inspección y cuarentena, personal de vigilancia en aeropuertos y puertos del país.

Para mayor detalle de la información en las siguientes ligas:

Rijo, C. 2012. Análisis crítico de la situación de especies exóticas invasoras. Estado actual y manejo. República Dominicana.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2012. Estrategia Nacional de Especies Exóticas Invasoras Realizado en el marco del proyecto “Mitigando las amenazas de las especies exóticas invasoras en el Caribe Insular”. Santo Domingo, República Dominicana. 35 páginas.

Recursos Naturales. Elaborado en el marco del proyecto. “Mitigando las amenazas de las especies exóticas invasoras en el Caribe Insular”. Santo Domingo, R.D.

Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012. Especies Exóticas Invasoras: una amenaza a la biodiversidad. Orientaciones para un manejo adecuado. Santo Domingo, R.D., 36 páginas.

<http://ambiente.gob.do/especies-invasoras/>

<http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/Estretegia-Nacional.pdf>

<http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/Analisis-Situacion-Critica.pdf>

República de Sierra leona

Considerada como especie exótica en el documento Fifth National Report to the Convention Biological Diversity. Environment Protection Agency Sierra Leone.

<https://www.cbd.int/doc/world/sl/sl-nr-05-en.pdf>

Reunión

Considerada como especie exótica invasiva con categoría P2. Especies exóticas potencialmente invasivas, es decir, cultivadas, o que son propagadas de jardines y / o cultivadas o localizadas de forma natural (distribución muy localizada, bajo número de poblaciones, baja densidad), mostrando un comportamiento invasivo en solo una o dos

localidades Isla, y conocida por ser invasor en otras partes del mundo. Groupe Espèces Invasives de La Réunion, Direction de l'Environnement.

Legislación: Esta especie está entre las especies en la lista de plantas exóticas potencialmente invasoras en La Reunión, definida por el CBNM. Este árbol no es el foco de ningún programa de control en particular.

https://www.especiesinvasives.re/spip.php?action=accéder_document&arg=1345&cle=dd7c44c1e6990a0db2a7ee2da472823728197a2a&file=xls%2FGBPHP_Liste_Flore_EEE_1808_23.xls

<https://www.especiesinvasives.re/especies-invasives/especies-potentiellement-invasives/?recherche=Azadirachta+indica>

https://www.especiesinvasives.re/spip.php?action=accéder_document&arg=1080&cle=c05a1308755c920d9a42b2192736ad34442fe321&file=pdf%2FAzadirachta_indica.pdf

Sudán

Considerada como planta exótica introducida y naturalizada en Sudan. Fifth national report to the Convention on Biological Diversity (CBD) 2014. Republic of Sudan Ministry of Environment, Forestry and Physical Development. The Higher Council for Environment and Natural Resources (HCENR), Sudan.

<https://www.cbd.int/doc/world/sd/sd-nr-05-en.pdf>

Trinidad y Tobago

Considerada como planta establecida y que puede ser invasiva por el gobierno de Trinidad y Tobago. Regulada por National Environmental Policy (2006).

Considerada como exótica en Invasive Alien Species Database for Caribbean Region.

<http://www.biodiversity.gov.tt/home/legislative-framework/policies/national-environmental-policy-2006.html>

http://www.biodiversity.gov.tt/home/images/stories/pdf/national_environmental_policy_1.pdf

<http://www.ciasnet.org/wp-content/uploads/2012/11/IAS-in-the-Caribbean-Database-.pdf>

7. Resultados del análisis de riesgo de *Azadirachta indica*

A continuación, se presenta la justificación y las referencias consideradas para cada pregunta dentro del análisis de riesgo de WRA (Weed Risk Assessment; Pheloung, 1995; Pheloung *et al.*, 1999) con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.*, (2010) para *Azadirachta indica* (ver Apéndice 1):

Historia/Biogeografía

1. Domesticación/Cultivo

1.01. ¿Es una especie domesticada?

R= No (0). Aunque *A. indica* ha sido ampliamente introducida y cultivada en distintos países de manera intensiva en algunos de ellos y aunque puede escapar y volverse invasora (Scandé, 2000), no se ha domesticado.

2. Clima y Distribución

2.01. Especie adecuada a climas en México

R= Sí (2). Alta, de acuerdo a los registros, hay una variedad de climas donde el neem crece actualmente en México. De acuerdo a la modelación y al análisis de similitud climática realizados se puede ver una relativa alta adecuación a los climas de México (ver modelos de similitud climática; Anexo 2, cuadros 1, 2). Puede ser afectado en zonas climáticas propensas a vientos fuertes, como lo reportado en el sur de Sonora, México donde velocidades del viento de 70 km/h afectaron 60% de los árboles de una plantación, quebrándolos o matándolos (Morales, 2001). Existe una estimación hecha de manera general de que una extensión de 989,480 ha en Baja California Sur tiene potencial para plantaciones de árboles de neem, restringida a áreas con disponibilidad de agua para riego (Meza, 2001); utilizando un SIG se realizó una sobreposición de capas de similitud a variables ambientales como altitud, tipo de suelo, temperatura, precipitación y clima, así

como datos de requerimiento agroecológicos del neem; no obstante, no se hicieron modelaciones predictivas o de similitud climática. En Todos Santos, Baja California Sur, las plantaciones de neem se han desarrollado bien, estando este sitio a 160 msnm, con una temperatura media anual de 22.1°C y precipitación media anual de 204.3 mm (Osuna y Meza, 2001). En Córdoba, Veracruz, una plantación se encuentra a 927 msnm, donde hay un clima cálido húmedo con lluvias en verano, con temperatura media anual de 20°C y precipitación anual de 900 mm (Cruz-Fernández, 1998; Ramos *et al.*, 2004). En Tuxpan, Veracruz, la plantación se ubica a 14 msnm, con un clima cálido subhúmedo, temperatura media anual de 24°C y precipitación anual de 1,351 mm (Cruz-Fernández, 1998). En Marín, Nuevo León, se encuentra a 360 msnm, dentro de un clima cálido seco, con temperatura media anual de 22°C y precipitación anual de 500 mm (Cruz-Fernández, 1998). En Río Grande, Oaxaca, en un campo experimental, crece bajo un clima cálido subhúmedo, con temperatura media anual de 27°C y precipitación anual de 1,700 mm (Ovando, 2001). En Tapachula, Chiapas, se estableció una parcela que se localiza a 435 msnm, en un clima cálido subhúmedo, con temperatura media anual de 27°C y precipitación anual de 2,500 mm (Grajales *et al.*, 2001). En Iguala, Guerrero, la parcela se ubica a 744 msnm, con temperatura media anual de 27°C y precipitación anual de 976 mm (Grajales *et al.*, 2001).

2.02. Calidad de la similitud climática

R= Alta (2). Se conoce el rango de distribución natural e introducido de *A. indica*, y presenta una alta coincidencia con el clima similar de México (ver modelos de similitud climática, Fig. 6 dentro de Apéndice 2).

2.03. Especie adaptable a un rango ambiental muy amplio

R= Sí (1). Se sabe que *A. indica* crece en climas con precipitaciones entre 400 a 1,200 mm, y puede soportar largos períodos de sequías, de 5 a 8 meses. Se presenta en sitios con temperaturas medias anuales de 21-32°C (ver Ecología). Se desarrolla bien en ambientes cálido-húmedos, aunque en su lugar de origen crece en condiciones áridas (Sosa-Martínez *et al.*, 2003). En México crece en climas cálido húmedos con lluvias en verano, clima cálido subhúmedo y cálido seco; la temperatura media anual oscila entre 20°C a 27°C y el rango

de precipitación anual es de 204 a 2,500 mm; crece a altitudes de 14 a 927 msnm (ver Ecología). Por otro lado, analizando los registros que se obtuvieron 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 *A. indica* se le encuentra en climas del tipo subtropical con invierno seco, tropical seco o de sabana con invierno seco, tropical seco o de sabana con verano seco, tropical monzónico, y ecuatorial o tropical húmedo. De acuerdo a los registros del área invadida, se denotan climas más diversos, y que van del tipo tropical seco o de sabana con invierno seco, tropical monzónico, ecuatorial o tropical húmedo, semiárido cálido, subtropical sin estación seca con verano cálido, árido cálido, oceánico mediterráneo con verano suave y subtropical con invierno seco; en México, ocurre en climas árido cálido, semiárido cálido, semiárido frío, tropical seco o de sabana con verano seco, tropical monzónico y oceánico con verano suave (Tabla 1, en Apéndice 2). Es decir, que la especie tiene un alto grado de versatilidad ambiental.

2.04. Nativo o naturalizada en hábitats con periodos extensivos de sequía

R= Sí (1). Se ha reportado que *A. indica* puede soportar largos períodos de sequías, de 5 a 8 meses, creciendo en sitios con temperaturas hasta de 50°C (CIRAD, 1988; NRC 1992). Puede crecer en sitios con solo 150 mm de precipitación anual (Scandé, 2000). Las raíces de un árbol de neem establecido tienen una profundidad de 9 a 12 m, por lo que si estas raíces acceden al agua subterránea, los árboles sobreviven de 7 a 8 meses de sequía (Csurhes, 2016). En México, de acuerdo a los registros de la base de datos, *A. indica* se encuentra en sitios con sequías prolongadas, como en Baja California Sur, Campeche, Oaxaca y Yucatán (de acuerdo a datos del SMN; Apéndice 3).

2.05. Hay evidencia de introducciones repetidas fuera de su rango de distribución natural?

R= Sí. En China, empezaron a introducir árboles de *A. indica* en 1986, y en 1995 se reintrodujo esta planta usando semillas procedentes de India, Tailandia y Birmania; en 1999, cultivaron más de un millón de plántulas para plantarlas en el país (Tinghui *et al.*, 2001). Por otro lado, en Brasil se introdujo el neem por primera vez de forma oficial en 1986 comerciando semillas procedentes de Filipinas, y en 1989 se volvió a introducir esta

vez con semillas de la India, Nicaragua y República Dominicana (Neves y Carpanezzi, 2008). En México, hubo varios eventos de introducción y reintroducción en algunos estados del país. En 1989 árboles procedentes de Filipinas fueron introducidos a Baja California Sur (Osuna, 2001). En 1990 se repartieron árboles procedentes de Filipinas, en varios estados del país (Cruz-Fernández, 1998). En Oaxaca, fue introducido en 1992, y nuevas introducciones ocurrieron en 1993, 1994, 1995 y 1996, con semillas procedentes de Senegal, Filipinas, República Dominicana y la India (Reyes y Flores, 2001). En el sur de Sonora, se introdujeron árboles de neem a partir de 1993, procedentes de Indonesia (Muñoz-Valenzuela *et al.*, 2007). En Chiapas, la Fundación Produce Chiapas, A.C., lo introdujo en 1998 usando semillas procedentes de Cuba (Grajales *et al.*, 2001).

3. Maleza en cualquier sitio

3.01. Naturalizado fuera de su rango nativo de distribución

R= Sí (2). En un gran número de países a través del mundo donde se ha introducido con distintos fines, se ha vuelto una especie naturalizada. Se le considera como una maleza, naturalizada, invasora (Randall, 2012; NRCS-USDA, 2012). En India y Birmania se ha cultivado, en su rango nativo, ha escapado de los cultivos en muchas localidades (Troup, 1921). En el norte de Australia las plantaciones de neem han fallado y han escapado del cultivo para naturalizarse (Csurhes, 2016). En la región noroeste de Brasil se cultiva ampliamente y se está naturalizando con potencial de convertirse en invasora (Freire-Moro *et al.*, 2013). Se ha naturalizado en Tailandia, Malasia, EUA, incluido México (Puri, 1999; Randall, 2012; Freire-Moro *et al.*, 2013; Csurhes, 2016; CABI 2018f) (ver también apartado Estatus y base de datos).

3.02. Maleza de jardines o de espacios de uso público urbano

R= Sí (2). En Kununurra y Broome, Australia, se encontraron árboles de *A. indica* escapando de las plantaciones y extendiéndose a los alrededores en sitios perturbados y no perturbados, incluidos jardines; se encontró que también escaparon de los jardines para colonizar jardines vecinos (Beames *et al.*, 2017).

3.03. Maleza agrícola, hortícola o forestal

R= Sí (4). Se considera que *A. indica* puede escapar de cultivos y se le considera una maleza (Randall, 2012). Esta planta se considera un árbol invasor (Richardson, 2011). Debido a su extenso sistema de raíces, el neem compete con los cultivos más cercanos, por lo cual difícilmente se puede usar en sistemas de agroforestería, y si no se controla, puede volverse un invasor agresivo (Radawanski y Wickens, 1981; CIRAD, 1988).

3.04. Maleza ambiental (campo)

R= Sí (4). Se le considera una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos (Randall, 2012). Debido a su versatilidad ambiental y a los pocos requerimientos para colonizar, puede establecerse en sitios naturales. En Broome, Australia, se ha convertido en una maleza de áreas de matorrales sin perturbar. En Kununurra, Australia, los árboles de esta especie han escapado de jardines y se encuentran creciendo debajo de grandes árboles en zonas naturales. El neem es considerado como maleza prioritaria en el lago de Kununurra (Beames *et al.*, 2017). Los árboles de *A. indica* tienen una ventaja competitiva sobre vegetación nativa en Australia, lo que le ayuda a establecerse fácilmente en una vegetación relativamente sin perturbaciones (Northern Territory of Australia, 2015).

3.05. Relación filogenética cercana con especies de malezas

R= No (0). Aunque *Azadirachta indica* y *Melia azedarach* pertenecen a la misma familia Meliaceae y a menudo son confundidos por su estrecha relación (Puri, 1999), no son congénicas por lo que la respuesta es negativa.

Biología/Ecología

4. Rasgos indeseables

4.01. Produce espinas, o estructuras ganchudas

R= No (0). En el apartado de descripción de la especie no se indica que se presenten estas estructuras.

4.02. Alelopática

R= Sí (1). Se ha comprobado de manera experimental que *Azadiractha indica* tiene un efecto alelopático, inhibiendo tanto la germinación de semillas como el desarrollo de plántulas de diferentes plantas (Charchafchi *et al.*, 2007; Salam y Kato-Noguchi, 2010; Vaithiyathan *et al.*, 2014). Conforme se incrementa la concentración de extractos de *A. indica*, se inhibe la germinación y el desarrollo de la raíz y la producción de compuestos bioquímicos en *Vigna radiata* (Charchafchi *et al.*, 2007), y en *Abelmoschus esculentus* (Vaithiyathan *et al.*, 2014). Este efecto inhibitorio en la germinación y en el desarrollo de la raíz se denota en berros (*Lepidum sativum* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.), trigo salvaje (*Eriogonum compositum* Douglas ex Benth.), festuco (*Festuca myuros* L.), *Phleum pratense*, *Echinochloa crus-galli* y *Echinochloa colonum* (Salam y Kato-Noguchi, 2010). Ya se había inferido y señalado su efecto alelopático hacia otras especies en Tanzania, donde bajo el dosel del árbol madre solo se encuentran plántulas del neem, mientras que plántulas de otras especies se establecen fuera del área del dosel (Dos Santos y Kiwango, 2010; Csurhes, 2016).

4.03. Parásita

R= No (0). No existen en la literatura artículos que indiquen que *A. indica* sea parásita. Es una planta de crecimiento arbóreo (ver apartado de Descripción de la especie).

4.04. No adecuado para animales de pastoreo

R= No (-1). Se usan las hojas del neem como forraje para camellos y en condiciones de sequía las cabras y el ganado vacuno se alimentan de las hojas de este árbol (Troup, 1921; Puri, 1999).

4.05. Tóxica a animales

R= No (0). El ganado consume *A. indica* de manera segura. No obstante, el aceite de esta planta puede ser tóxico en dosis grandes (Puri, 1999).

4.06. Hospedero de plagas o patógenos reconocidos

R= Sí (1). Se ha encontrado en India que el insecto *Ceroplastes ceriferus* se alimenta y se hospeda en árboles de *A. indica* (Beeson, 1911). *C. ceriferus* es una plaga altamente polífaga y ataca una gran variedad de cultivos, principalmente ornamentales y árboles frutales. En Norte América es considerada una plaga grave en plantas ornamentales y en Queensland, Australia es una plaga en plantas de aguacate (EPPO, 2005). En África, el insecto escama *Aonidiella orientalis* (Hemiptera) se volvió una plaga seria para *A. indica* (NRC, 1992), atacando árboles de cualquier edad. Esta especie de insecto es una de las mayores plagas de *A. indica* en la región Sahel del oeste de África. Otras plagas de insectos incluyen (NRC, 1992): a. Insectos escama *Pinnaspis strachani*; b. Hormigas cortadoras de hojas *Acromyrmex* spp, que son defoliadores de árboles jóvenes de neem; c. La palomilla *Adoxophyes aurata* (Tortricidae), que ataca las hojas en Asia, incluyendo Papua Guinea; d. El mosquito del té *Helopeltis theivora* (Hemiptera, Miridae) que se considera una plaga del neem en el sur de India (ver Ecología). En Queensland, Australia, la bacteria *Pseudomonas solanacearum*, afecta a *A. indica* causándole marchitamiento (Diatloff *et al.*, 1993).

4.07. Causa alergias o es tóxico para los humanos

R= No (0). Aunque el polen de *A. indica* puede causar alergia y se han identificado dos compuestos alérgenos activos (Karmakar y Chatterjee, 1994), la alergia es general, no específica.

4.08. Crea un riesgo de incendio en sistemas naturales

R= No (0). Los árboles adultos de *A. indica* toleran el fuego. Solo que las plántulas no lo soportan, pero los árboles de más de 2 m se regeneran desde la base después de incendios de baja intensidad (Beames *et al.*, 2017). En un experimento llevado a cabo en Ghana, se quemaron parcelas con árboles nativos y árboles de neem, encontrando que los que tuvieron mayor supervivencia fueron los árboles de neem, sobre todo los árboles de mayor talla (Darwin Initiative, 2003). La expansión de una especie con tolerancia al fuego como es *A. indica* puede alterar el régimen de fuego de una zona, aún siendo resistente a fuego de baja intensidad. Al sustituirse vegetación nativa por árboles de neem se está suprimiendo directamente el crecimiento de vegetación inflamable. Con ello debe disminuir la frecuencia

de los incendios y a la vez se altera la estructura de la vegetación, al modificarse los regímenes de fuego natural.

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

R= Sí (1). Se ha reportado en Australia que bajo condiciones naturales las semillas de neem germinan bajo la sombra de su progenitor o bajo la sombra de eucaliptos y árboles boab (Beames *et al.*, 2017). En Venezuela, *A. indica* crece en una zona de bosque muy seco tropical de forma silvestre y se desarrolla bien bajo la sombra de *Prosopis juliflora* (Vera *et al.*, 2007).

4.10 Crece en suelos de México

R= Sí (1). De acuerdo a los registros de la base de datos, se puede determinar que *A. indica* puede crecer en México en suelos phaeozem, regosoles, leptosoles, fluvisoles, luvisoles, vertisoles, cambisoles, arenosoles, entre otros (Apéndice 4). En la literatura, se ha encontrado que en las zonas de introducción en Baja California Sur, como Los Cabos, La Paz y Todos Santos, el neem se ha establecido en plantaciones, creciendo en suelos regosoles, yermosoles, litosoles, fluvisoles, fozezems y cambisoles (INEGI, 1995; Osuna y Meza, 2001). En plantaciones en Córdoba, Veracruz, crece en suelos acrisol, ferralsol, luvisol, regosol y vertisol (Cruz-Fernández, 1998; Ramos *et al.*, 2004; CONAGUA ND). En Tuxpan, Veracruz el tipo de suelo predominante en las plantaciones son regosoles, cambisol, vertisol, leptosol y solonchak (Cruz-Fernández, 1998; Ramos *et al.*, 2004; INEGI, 2009).

4.11. Hábito trepador

R= No (0). El neem es un árbol (ver apartado de Descripción).

4.12. Crecimiento cerrado o denso

R= Sí (1). Se le ha registrado desarrollando densos rodales (Cameron y Richter, 2015; Beames *et al.*, 2017). A lo largo del lago Kununurra, Australia, *A. indica* se ha extendido creando rodales puros en algunas secciones (OLW, 2009). En la Estación Rockyview, Australia, la rápida invasión de *A. indica* a creado una infestación impenetrable, que tiene

el potencial de restringir el acceso a áreas y alterar las comunidades de plantas y animales (Beames *et al.*, 2017).

5. Tipo de planta

5.01. Acuática

R= No (0). Es un árbol terrestre. Ver apartado de Descripción.

5.02. Pastos (Poaceae)

R= No (0). Es un árbol terrestre. Ver apartado de Descripción.

5.03. Plantas fijadoras de Nitrógeno

R= No (0). Ver apartado de Descripción y Biología e Historia Natural.

Aunque *A. indica* no es una planta fijadora de nitrógeno, la hojarasca que produce en el suelo tiene una gran cantidad de carbón orgánico que puede crear condiciones favorables para la proliferación de bacterias fijadoras de nitrógeno (Radwanski y Wickens, 1981). En Koussountou, Togo, se analizó el contenido mineral en el suelo de plantaciones de cinco años de *Acacia auriculiformis* (planta fijadora de N), *Albizia lebbek* (planta fijadora de N), *Senna siamea* y *Azadirachta indica*, en suelos de pastizales abandonados y en matorral natural. El porcentaje de N en la capa superficial del suelo fue superior en *A. indica* con 17%, mientras que en el suelo de las leguminosas osciló de 13% al 11%; el contenido de N en la superficie del suelo del matorral natural fue 14% y en las zonas de pastizal fue de 0.07% (Drechsel *et al.*, 1991). Es decir, el efecto colateral de la hojarasca producida por *A. indica* transforma el ecosistema. No obstante, se da un valor de 0 porque el neem no fija nitrógeno.

5.04. Geófita

R= No (0). Ver apartado de Descripción.

6. Reproducción

6.01. Evidencia de bajo éxito reproductivo en su lugar de origen

R= No (0). Se desconoce, pero este tipo de eventos de reducción del éxito reproductivo por patógenos o depredación son fácilmente detectables (ver apartado de Biología e Historia Natural).

6.02. Produce semillas viables

R= Sí (1). Se estima que la producción anual de semillas por árbol de *Azadirachta indica* es de 44,000 a 200,000 con una viabilidad oscilando entre 60-85%. Las semillas germinan de 6 a 8 días, con un porcentaje de germinación del 60 al 70% (ver apartado de Biología e historia natural).

6.03. Hibrida de manera natural

R= Sí (1). Hay evidencia de hibridación natural de *Azadirachta indica* con *A. siamensis* en Birmania (Puri, 1999; ver Biología e historia natural).

6.04. Autofecundación

R= Sí (1). *A. indica* es anemófila, generalmente se autopoliniza (Puri, 1999; ver Biología e historia natural).

6.05. Requiere de polinizadores especialistas

R= No (0). No existen en la literatura artículos que indiquen polinizadores especialistas para *A. indica* que solo ocasionalmente es polinizada por insectos (Puri, 1999).

6.06. Reproducción vegetativa

R= Sí (1). Se puede reproducir por retoños o rebrotes, raíces, ramillas, cortes de tocón, poda y tejidos (CIAD, 1988; NRC, 1992; Scandé, 2000; Darwin Initiative, 2003; Dos Santos y Kiwango, 2010; Csurhes, 2016).

6.07. Tiempo generacional mínimo

R= (0). Se ha indicado que *A. indica* comienza a florecer entre los tres y cinco años de edad (NRC, 1992), pero se dan reportes más claros de que esta planta inicia la fructificación entre los 2 y 5 años de edad, alcanzando su máxima producción entre los 10 a 15 años de edad (Tinghui *et al.*, 2001; Csurhes, 2016). Por lo anterior, se considera que la floración podría

iniciar a los 2-3 años de edad. Se han reportado árboles de *A. indica* en el Parque Cocó, Brasil, a los que ha tomado cinco años para producir tres generaciones. En 2006 se localizaron plantas juveniles, en 2009 maduraron reproductivamente y produjeron plántulas, y en 2011 estas plántulas alcanzaron su madurez reproductiva y produjeron plántulas (Freire-Moro *et al.*, 2013).

7. Mecanismos de dispersión

7.01. Los propágulos probablemente puedan ser dispersados no intencionalmente

R= Se desconoce. No existe evidencia de que la planta sea transportada accidentalmente (ver apartado Rutas de introducción).

7.02. Los propágulos se dispersan intencionalmente por el humano

R= Sí (1). Según se muestra en los apartados Rutas de introducción, Historia de la comercialización, las introducciones han sido intencionales, hechas por el hombre por cuestiones de comercio y usos tradicionales. Se ha documentado el uso de *A. indica* desde hace unos 4,500 años, a principios de 1900 se comercializó llevándolo desde la India a África, y posteriormente a otros países. Sus semillas y esquejes se transportan sobre todo por la gente, para cultivos, siendo la propagación intencional. Se ha cultivado con fines comerciales, forestales y ornamentales, por lo que esta es la principal ruta de introducción en los países, incluido México. Uno de dispersores de la semilla más importantes de esta planta en el mundo son los humanos (Dos Santos y Kiwango, 2010). En varias partes del mundo, *A. indica* ha sido introducido por inmigrantes hindús, y en varios países se ha recomendado su introducción por su potencial bioinsecticida, para programas de reforestación y mejoramiento de suelos.

7.03. Los propágulos pueden ser dispersados como contaminantes de productos

R= No (-1). No hay evidencias.

7.04. Propágulos adaptados a dispersarse por el viento

R= No (-1). Las semillas son una drupa grande, no puede dispersarse por el viento (ver Descripción).

7.05. Propágulos con capacidad de flotación exclusivamente en ambientes terrestres

R= Sí (1). Las plantas de *A. indica* pueden ser dispersadas tanto sexual como vegetativamente (Puri, 1999; Scandé, 2000). Los propágulos (semillas, ramas, raíces) pueden dispersarse por el agua e ir colonizando e invadiendo. 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 para algunas especies invasoras 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 (Brown y Grace, 2006). En zonas de invasión, en Australia, se ha visto que la planta se propaga en lugares con acceso al agua, tales como a lo largo de orillas de arroyos, ríos, desagües (Csurhes, 2016).

7.06. Propágulos dispersados por aves

R= Sí (1). Las semillas de *A. indica* pueden ser dispersadas por los animales (endozoocoria). La gran capacidad de dispersión de la semilla del neem se debe a los animales, como aves y murciélagos. (Puri, 1999; Scandé, 2000). Las aves y murciélagos se alimentan de los racimos de fruto y dispersan las semillas (Benthall, 1946; Csurhes 2016). En el norte de Australia, han observado a aves, como *Chlamydera nuchalis* (pergolero grande) alimentándose de los frutos de neem y por tanto dispersando sus semillas (Csurhes, 2016; Beames *et al.*, 2017).

7.07. Propágulos dispersados por animales (de manera externa)

R= No (-1). No hay evidencias ni tienen los propágulos estructuras para pegarse.

7.08. Propágulos dispersados por animales (de manera interna)

R= Sí (1). La dispersión de la semilla del neem se debe principalmente a los animales que consumen los frutos, principalmente aves y murciélagos, encontrándose que las semillas sobreviven el paso a través del intestino, es decir que son viables después del paso interno (CIAD, 1988; Scandé, 2000; Dos Santos y Kiwango, 2010). En Ghana, África occidental el

murciélago nativo *Epomophorus gambianus* que es frugívoro consume los frutos del neem, y se ha encontrado que estableció una estrecha relación con esta planta dispersando sus semillas al consumirlo intensamente; también otro murciélago *Eidolon helvum* se alimenta en la misma área de frutos y néctar (Ayensu, 1974). Asimismo, en Ghana los babuinos comen las abundantes semillas que produce el neem y las diseminan (Chamberlain *et al.*, 2000). En el norte de Australia, se han observado murciélagos y otros animales, como cerdos silvestres alimentándose de los frutos de neem y por tanto dispersando sus semillas (Csurhes, 2016; Beames *et al.*, 2017).

8. Atributos de persistencia

8.01. Producción de semillas prolífica

R= Sí (1). Se estima que la producción anual de semillas por árbol de *Azadirachta indica* es de 44,000 a 200,000 con una viabilidad oscilando entre 60-85% (Acqua *et al.*, 2015; Csurhes, 2016; ver Biología).

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

R= Sí (1). Se ha visto que en condiciones de cultivo, la semilla tiene una latencia de 1 a 2 meses si es que se mantiene a temperatura ambiente y puede soportar entre 2-6 meses antes de que las semillas pierdan su viabilidad (CIRAD, 1988; NRC, 1992). Sin embargo, dentro de su área de invasión, se ha observado que la semilla tiene una viabilidad de 5 meses en condiciones secas y hasta seis meses en almacenamiento. En condiciones favorables la viabilidad de la semilla es de 12 meses (Beames *et al.*, 2017). El banco de semillas de *A. indica* parece ser muy grande puesto que en un experimento encontraron que después de la eliminación del árbol las semillas siguieron germinando después de la erradicación durante un año (Dos Santos y Kiwango, 2010).

8.03. Es controlado por herbicidas

R= Sí (-1). En el Parque Nacional Saadani, localizado en Tanzania, África, buscando el mejor método de control y erradicación de *A. indica*, encontraron que el mejor fue el químico, inyectando herbicida glifosato, Rondopaz 48% de concentración del líquido, al tallo; todos los árboles de neem murieron sin signos de rebrotes (Dos Santos y Kiwango, 2010).

Asimismo, en la reserva el Paseo Botánico de Joonjoo en Derby-West Kimberley, Western Australia, se erradicaron los árboles de neem en la reserva en 2011, para lo cual se cortó el tocón con una motosierra y se le agregó la mezcla del herbicida Access™ y diesel (Beames, 2016; Environs Kimberly, 2017a; 2017b; 2017c).

8.04. Es tolerante o se beneficia de mutilación, corte, cultivo o fuego

R= Sí (1). *A. indica* puede tolerar o beneficiarse de daños naturales, de cortes y del fuego. Las plántulas no soportan el fuego, pero los árboles de más de 2 m se regeneran después de incendios de baja intensidad (Beames *et al.*, 2017). Se ha observado en Ghana que si después de la remoción del tocón del árbol quedan fragmentos de raíces cortadas en el suelo, éstas pueden regenerarse (Darwin Initiative, 2003).

8.05. Enemigos naturales efectivos en México

R= No (1). No hay evidencia para México.

8. Riesgo de invasión de *Azadirachta indica* en función de la similitud climática

A. indica presenta un elevado riesgo de invasión considerando la similitud climática que hay en México con las áreas de su distribución nativa, sobre todo en el Norte y Centro de México (Fig. 61). Si consideramos la presencia por región invadida actualmente, el riesgo es más bajo, pero se presenta otra vez como elevado para el norte de la península de Baja California y medio para parte de la región Norte y para la región costera Pacífica y del Golfo de México. No queda restringida ni limitada su zona de invasión en cualquiera de los casos.

A. indica presenta un elevado riesgo de invasión en la vertiente Este de México, sobre todo Tamaulipas y Veracruz, y en ciertas zonas de la península de Yucatán, así como en la vertiente del Pacífico, sobre todo en la zona Oeste de la Sierra Madre Occidental, en Sonora, Sinaloa y Nayarit el Noroeste y Noreste de México considerando la similitud climática que hay con las áreas de su distribución nativa (Fig. 61a). Si consideramos la presencia por región invadida actual, el riesgo se remarca en las mismas regiones, sobre todo en la península de Yucatán, expandiéndose desde Jalisco a Chiapas y algunas zonas del centro del país, y en la punta de la península de Baja California (Fig. 61b). Dentro de estas regiones, no queda restringida ni limitada su zona de invasión en cualquiera de los casos. Para Norteamérica el riesgo es bajo y localizado al sureste y suroeste, mientras que para Centroamérica el riesgo es muy elevado (Fig. 61c).

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 2). Asimismo, se denota la variedad de climas que le son adecuados en México (Apéndice 2).

Azadirachta indica

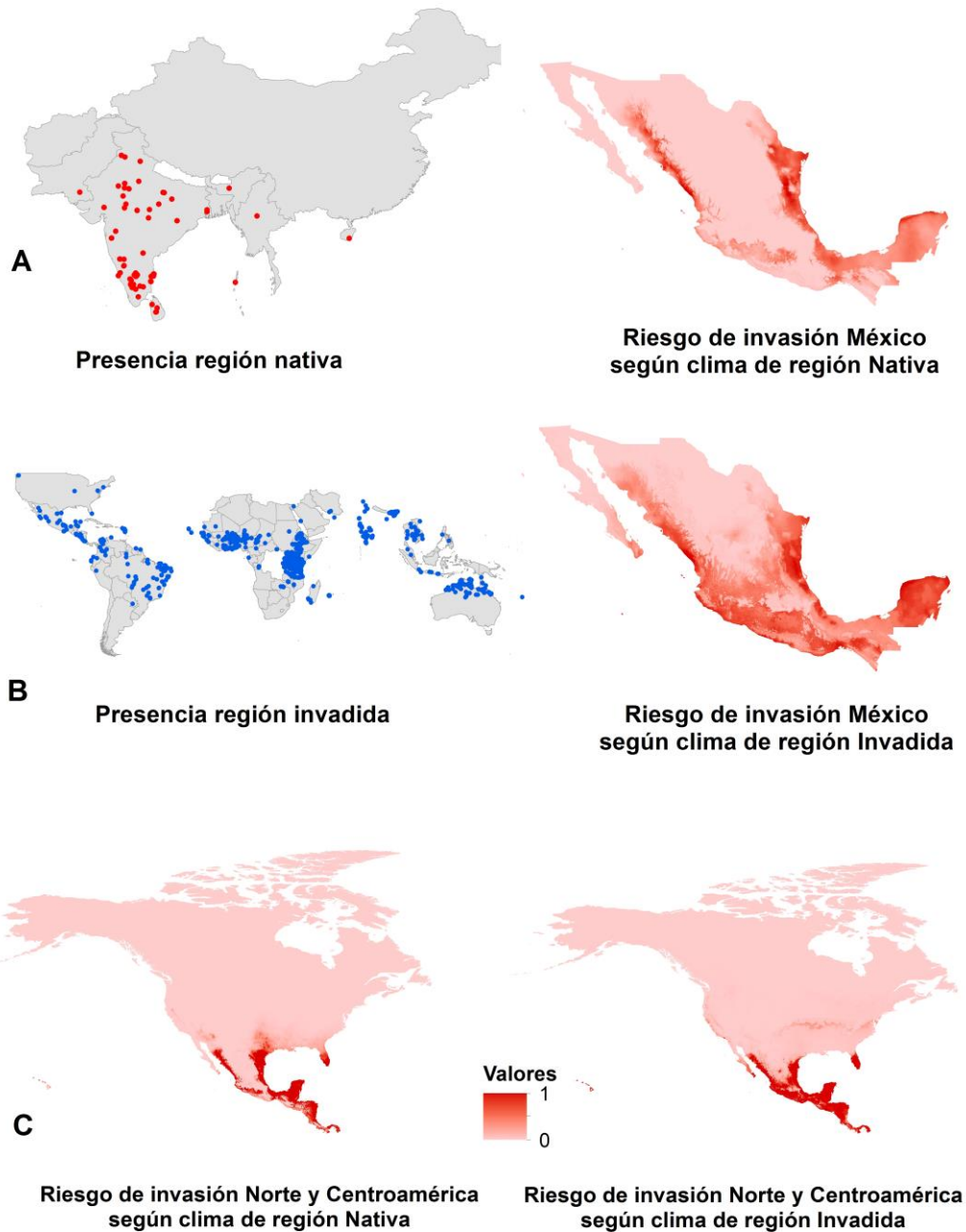


Figura 61. Modelos de Maxent para *Azadirachta indica* calibrados en su región nativa (A) y de invasión (B) y proyectados a Norte y Centroamérica (C); notar el riesgo para México dentro de esta región. Los mapas de distribución geográfica potencial de la derecha indican las áreas con condiciones climáticas y topográficas adecuadas para el establecimiento de *Azadirachta indica*. Los puntos rojos y azules representan la presencia de la especie en la región nativa e invadida respectivamente.

9. Resultado del Análisis de riesgo de *Azadirachta indica*

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, con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.* (2010)) para *Azadirachta indica* fue de **30**. Debido a que el puntaje es mayor que 6 (ver Anexo 1 sobre estos valores), el taxón debe ser **Rechazado**.

10. 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 *Azadirachta indica* debe ser **rechazada** y considerada como una especie invasora (maleza) 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. De acuerdo al riesgo de invasión obtenido por modelación en función de la similitud climática (con respecto a la distribución nativa), se denota que sobre todo Tamaulipas y Veracruz, ciertas zonas de la península de Yucatán, así como Sonora, Sinaloa y Nayarit presentan un elevado riesgo de invasión.

Ligustrum lucidum

1. Introducción

Ligustrum lucidum es originario de de China y Corea. Es una planta arbórea que mide en promedio entre 4 a 8 m, pero que puede alcanzar los 25 m de altura. Se establece y sobrevive en un amplio rango que condiciones de luz y humedad, registrándosele tanto en pastizales abiertos como en los bordes de bosques y bajo el dosel de bosques densos. Se ha naturalizado ampliamente en 43 países incluyendo a México después de ser transportada por comercio, sobre todo por usos ornamentales, forestales y medicinales. Tiene fuertes capacidades invasivas. Se ha introducido y establecido en México, donde se tienen registros en 17 estados. *L. lucidum* se incluye en el Compendio Global de Malezas, se considera un árbol invasor. Se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA. Se le considera como una planta de interés para cultivo y para comercio forestal; puede ser tóxica en ambientes terrestres; es una maleza, invasora, naturalizada, escapada de cultivos, una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos; es una maleza dañina en cultivos, afecta económicamente, que la gente debe controlar, es contaminante, inclusive se recomienda cuarentena.

1.1 Taxonomía

***Ligustrum lucidum* W.T. Aiton**

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Orden: Lamiales Bromhead

Familia: Oleaceae Hoffmanns. & Link

Género: *Ligustrum* L.

Especie: *Ligustrum lucidum* L.

1.1.1 Sinónimos

Esquirolia sinensis H. Lév.

Ligustrum compactum var. *latifolium* W. C. Cheng

Ligustrum esquirolii H. Lév.

Ligustrum lucidum var. *alivonii* Rehder

Ligustrum lucidum var. *aureomarginatum* Rehder

Ligustrum lucidum var. *coriaceum* (Carrière) Decne.

Ligustrum lucidum var. *esquirolii* H. Lév.

Ligustrum lucidum f. *latifolium* (W. C. Cheng) P. S. Hsu

Ligustrum lucidum f. *lucidum*

Ligustrum lucidum var. *tricolor* Rehder

Ligustrum lucidum var. *xideense* J. L. Liu

Ligustrum magnoliifolium Dippel

Ligustrum roxburgii Blume

Ligustrum Wallichii Vis.

Olea chinensis Sweet

Olea clavata G. Don

Phillyrea paniculata Roxb.

Visiania paniculata (Roxb.) DC.

1.1.2 Nombres comunes

Español: trueno, ligustro, aligustro, siempreverde (PNUD, 2018)

Inglés: Chinese privet, broad-leaf privet, glossy privet (CABI, 2018g; NRCS USDA, 2019g)

1.2 Descripción

Ligustrum lucidum es un árbol siempre verde, glabro; mide de 4 a 8 m de altura, pero puede alcanzar los 25 m. Presenta un dosel denso, hojas color verde oscuro, lustrosas y persistentes (Carreras *et al.*, 1996; Bruno *et al.*, 2007; Ferreras *et al.*, 2008; Aguirre-Acosta *et al.*, 2014). Ramas cilíndricas, peciolos 1-3 cm, láminas ovadas, ampliamente elípticas, elípticas o lanceoladas, 6-17 × 3-8 cm, de consistencia correosa o papirácea, base redondeada o atenuada, ápice agudo a acuminado, algunas veces obtuso; 4-11 venas primarias en cada lado de la vena central, ligeramente levantadas. Las inflorescencias son panículas terminales, 8-20 × 8-25 cm. Las flores sésiles o subsésiles, cáliz 1.5-2 mm, corola 4-5 mm; longitud del tubo de la corola ligeramente menor a los lóbulos; las anteras 1-2 mm, la punta más o menos obtusa; estilo exserto del tubo. Su madera es relativamente dura (Gavier-Pizarro *et al.*, 2012; Aragón *et al.*, 2013).

Presenta flores pequeñas, de color crema, fuertemente perfumadas; son flores hermafroditas, que se producen en grandes racimos (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014). Los árboles en florescencia producen una gran cantidad de flores. Fruto reniforme, de color negro azulado, o negro rojizo cuando maduro, 7-10 × 4-6 mm, con una carga general de frutos de hasta 3 millones por árbol y maduración sincrónica (Aslan *et al.*, 2012; Aguirre-Acosta *et al.*, 2014).

Los frutos son drupas casi esféricas y por lo general contienen un solo pireno lenticular. Es posible encontrar tres tipos de frutos: con uno o dos pirenos uniseminados o con uno biseminado; la proporción es de 80, 13 y 6%, respectivamente. El endocarpo es leñoso y delgado, pero persiste, sin daños aparentes, en las semillas dispersadas (Montaldo, 1993).

1.3 Biología e historia natural

1.3.1 Biología

Ligustrum lucidum puede reproducirse tanto por propagación vegetativa como sexualmente, siendo la producción de semillas su principal forma de reproducción tanto en su distribución nativa como introducida (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014; CABI, 2018g). En la forma vegetativa, puede rebrotar por ramas desprendidas (tal como se ha observado en el área de invasión Sierra de San Javier, Argentina; Swarbrick *et al.*, 1999; Ayup *et al.*, 2014,). Tiene un ciclo de vida largo y una alta capacidad de rebrote (Gavier-Pizarro *et al.*, 2012; Aragón *et al.*, 2013).

L. lucidum es hermafrodita y tiene un sistema de cruce mixto, donde la combinación de tener autocompatibilidad con la producción de flores masiva, asegura facultativamente la reproducción vía autógena y geitonogama (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014).

L. lucidum tiene su madurez sexual cuando tiene un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 6.40 a 6.43 cm. Esto se estimó en su rango de invasión, en Sierras Chicas, Argentina en bosques continuos; al cuantificar el DAP para madurez sexual en un bosque fragmentado, fue de 10.63 a 24.70 cm, es decir se retrasa su reproducción a tener individuos más grandes (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014). También se observó que en bosques continuos la producción de frutos es mayor que en bosques fragmentados.

Ligustrum lucidum	Rango de nativo	Rango de invasión
Biología	La floración ocurre de mayo a septiembre y el inicio de su fructificación es variable, de julio a mayo. En el hemisferio Norte la floración ocurre entre abril y junio, y la fructificación hasta finales del invierno (Nesom, 2009).	La floración de <i>L. lucidum</i> ocurre de diciembre a mediados de enero en EUA (Aslan <i>et al.</i> , 2012). En Argentina, la floración empieza a principios de febrero y finales de marzo, y los frutos se encuentran completamente maduros en junio (Ferrerías <i>et al.</i> , 2008, Aguirre-Acosta <i>et al.</i> , 2014).

Se ha observado en las zonas de invasión, que *L. lucidum* produce de 300 a 400 inflorescencias y cada inflorescencia produce de 250 a 400 flores aproximadamente (Ferrerías *et al.*, 2008). Es decir, que los árboles producen una gran cantidad de flores. La carga general de frutos puede ser de hasta 3 millones por árbol y tener una maduración sincrónica (Aslan *et al.*, 2012). Cada fruto presenta 1-3 semillas en forma de riñón con superficie acanalada (Sankaran y Suresh, 2013). En promedio, 29% de las flores desarrollan fruto, pero solo 57% de estos frutos alcanzará la madurez (Ferrerías *et al.*, 2008). Esto quiere decir que se producen entre 1,710,000 a 5,130,000 semillas por árbol por temporada. En Argentina, cada fruto contiene de 1 a 2 semillas (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014). El árbol del trueno presenta una lluvia de semillas marcada estacionalmente, con un pico a mediados de agosto (Aragón y Groom, 2003).

Durante las etapas iniciales, la viabilidad de las semillas es superior al 90% (Swarbrick *et al.*, 1999). Hay poca información sobre la longevidad de las semillas; la única información cuantitativa menciona que, en condiciones de campo, las semillas de *L. lucidum* pueden persistir hasta por 2.5 años (Panetta, 2000). No obstante, los bancos de semillas de la especie son relativamente transitorios, y la mayoría de los propágulos sobreviven por cerca de 12 meses. A pesar de ello, la supervivencia en el tiempo de las semillas, al ser mantenidas en una mezcla húmeda, es muy elevada, de más de un 90% (Panetta, 2000).

En un estudio analizaron el porcentaje de germinación de semillas de *L. lucidum* y encontraron que, tanto en sitios de campo abierto como en sitios de bosque, las semillas germinaron en septiembre. Asimismo, observaron que el porcentaje de germinación en los campos abiertos (13%) fue menor que en los bosques (43%). Y dentro de los bosques, los frutos bajo el dosel exhibieron menor germinación. Es decir, al parece la sombra favorece la germinación. La supervivencia media de plántulas con relación a este tipo de tratamiento, presentó un rango de 60 al 98% (Aragón y Groom, 2003).

En Sierras Chicas, Argentina, encontraron que en bosques continuos la producción de frutos es mayor que en bosques fragmentados (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014). Como todas las semillas dispersadas por las aves, las semillas de esta especie sin exocarpo presentan mayores probabilidades de germinación; comienzan a germinar 10 a 14 días después y

continúan germinando a lo largo de 87 días. Las semillas que germinan en bosques continuos tienen un mayor porcentaje de germinación que aquellas que germinan en bosques fragmentados, 82% y 70%, respectivamente. La velocidad de germinación (GS, estimada como el número de semillas germinadas/número de días al primer conteo + número de semillas germinadas/número de días al conteo n + número de semillas germinadas/número de días al conteo final) es similar en ambos sitios, 0.43 ± 0.04 en la condición de bosque, y 0.43 ± 0.06 en la condición fragmentada. La emergencia de plántulas en el campo se ha observado posterior al inicio de la temporada de lluvias de septiembre a noviembre. Se observó un número significativamente mayor de plántulas en sitios de bosques continuos con 36.6 ± 5.96 , que en bosques fragmentados con 16.1 ± 6.18 . El porcentaje de mortandad de las plántulas también se ha comparado entre bosques continuos y bosques fragmentados, siendo mayor en condiciones fragmentadas (59%) que en condiciones continuas (46%); en este modelo experimental, casi la mitad de las plántulas sobrevivieron por 120 días en condiciones controladas en un invernadero (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014).

Ligustrum lucidum germina y sobrevive en un amplio rango de microhábitats de bosque ya que las plántulas y plantas mayores pueden crecer satisfactoriamente sin importar las condiciones de luz (Aragón y Groom, 2003). La anatomía de las hojas pone en evidencia algunas peculiaridades propias de especies xerófitas, entre ellas la presencia de células epidérmicas pequeñas, cutícula gruesa y paredes anticlinales rectas o ligeramente onduladas, lo que contribuiría a soportar diversas situaciones de estrés (Bruno *et al.*, 2007).

En Nueva Zelanda, zona de invasión, se ha encontrado a *L. lucidum* relacionada con otras especies del género como *L. sinense*, *L. vulgare* y *L. ovalifolium*, las cuales comparten la distribución de invasión al ser también especies cultivadas. No se ha observado hibridación entre las especies del género en este país (Grove y Clarkson, 2005).

En Argentina existe una subespecie llamada *L. lucidum tricolor* la cual también se utiliza como ornamental y presenta una variedad de hojas amarillas verdosas. Las hojas que recién emergen presentan un color rojizo. Tanto *L. lucidum* como *L. lucidum tricolor* acumulan sulfato en sitios contaminados. Pero *L. lucidum tricolor* resulta ser la más tolerante de las

dos (Carreras *et al.*, 1996). El efecto negativo por la contaminación, que afecta directamente a la fotosíntesis, se ve compensado en el árbol del trueno por el alto número de estomas que la planta posee. Por lo que la especie reúne las características de un buen indicador de contaminación, al ser abundante, presentar hojas perennes y tener una sensibilidad significativa, reaccionando con síntomas reconocibles en su anatomía, lo que indicaría la calidad del aire (Bruno *et al.*, 2007).

1.3.2 Ecología

Ligustrum lucidum se establece y sobrevive en un amplio rango que condiciones de luz y humedad, registrándosele tanto en pastizales abiertos como en los bordes de bosques y bajo el dosel de bosques densos (Aragón y Groom, 2003). En su rango nativo ocurre en bosques debajo de los 2,900 msnm (CABI, 2018g). Prefiere ambientes calurosos y húmedos, con entre 700 a 1,600 mm de precipitación, en regiones sub-tropicales y templadas (Oosterhout *et al.*, 2016). Sin embargo, también se encuentra en áreas tropicales y templadas (CABI, 2018g).

<i>Ligustrum lucidum</i>	Rango de nativo	Rango de invasión
Ecología	En su rango nativo ocurre en bosques debajo de los 2,900 msnm (CABI, 2018g).	<i>L. lucidum</i> ha invadido exitosamente sitios como, Sierras Chicas, Argentina, con rangos de elevación de 400 a 1,300 msnm (Aguirre-Acosta <i>et al.</i> , 2014).
	No se reportan temperaturas promedio para su rango de distribución nativo.	En Argentina, ha invadido áreas naturales y fragmentadas, en sitios con temperaturas promedio máxima y mínima anual de 26°C y 10°C (Aguirre-Acosta <i>et al.</i> , 2014).
	Prefiere ambientes calurosos y húmedos, con entre 700 a 1,600 mm de precipitación, en regiones sub-tropicales y templadas (Oosterhout <i>et al.</i> , 2016). Sin embargo, también se	En sitios de Argentina, en donde ha invadido la precipitación anual es de 944 mm (Aguirre-Acosta <i>et al.</i> , 2014).

	encuentra en áreas tropicales y templadas (CABI, 2018g).	
--	--	--

Sus semillas germinan y las plántulas sobreviven en una gran variedad de localidades, tales como bordes, brechas y sotobosques con sombra permanente (Aragón *et al.*, 2013). En las zonas de invasión, puede crecer en bosques nativos abiertos, áreas agrícolas, bordes de carreteras o caminos y zonas perturbadas. Prefiere radiación solar completa y es moderadamente resistente a sequías. Puede prosperar en cualquier suelo mientras no esté constantemente húmedo (Sankaran y Suresh, 2013). Aunque prefiere zonas abiertas, es de rápido crecimiento aún en la oscuridad del sotobosque después de la germinación (Aragón y Groom, 2003).

L. lucidum presenta un éxito reproductivo menor en poblaciones de hábitats fragmentados en la provincia biogeográfica Chaco Serrano de las Sierras Chicas de Córdoba; esta disminución en el éxito reproductivo se debe a condiciones desfavorables de suelo. La especie requiere de un límite de agua y nutrientes en el suelo, para desencadenar el proceso de floración. Debajo de este límite solo producirán flores y frutos los árboles más grandes con raíces más profundas o aquellos localizados en mejores condiciones de microhábitat (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014).

L. lucidum es dispersada por aves frugívoras; sus semillas pueden germinar tanto si fueron dispersadas como si provienen de frutos caídos (Aragón y Groom, 2003; Gavier-Pizarro *et al.*, 2012). Las aves al consumir las semillas digieren el exocarpo y parte de la pulpa, lo que provoca que germinen fácilmente; en los frutos caídos, las semillas no han sido digeridas y por lo tanto su éxito de germinación es menor (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014). Sin embargo, dada su alta producción de semillas los frutos caídos juegan un rol importante en la permanencia de *L. lucidum* en un parche de vegetación en zonas fragmentadas. Su frecuente consumo por aves y la posibilidad de que frutos intactos germinen, destacan la capacidad de esta planta para reclutar nuevos individuos en zonas nuevas o ya colonizadas (Aragón y Groom, 2003).

Ligustrum lucidum puede reclutar efectivamente en áreas con alguna cubierta de dosel, ya que sus principales dispersores prefieren áreas con perchas y la cubierta de dosel da condiciones más favorables para la germinación (Aragón y Groom, 2003).

Los dispersores más abundantes de *L. lucidum* en las zonas de invasión de los bosques de Argentina son *Turdus rufiventris* y *Thraupis sayaca*, los cuales son frugívoros generalizados. Los sitios de percha son importantes para las aves dispersoras de semillas. Particularmente los árboles de cítricos que se encuentran en áreas abiertas de las Sierras Chicas de Córdoba, Argentina son preferidos como sitios de percha, por lo que muchas zonas ahora colonizadas por *L. lucidum* eran previamente hortalizas de cítricos (Aragón y Groom, 2003; Gavier-Pizarro *et al.*, 2012). Otras especies dispersoras de esta planta son *Turdus chiguanco*, *Thraupis bonariensis* y *Pitangus sulphuratus* (Ferrerías *et al.*, 2008).

Los árboles en florecencia producen una gran cantidad de flores que son visitadas por muchos insectos de distintos órdenes taxonómicos, entre ellos Diptera, Himenoptera, Coleoptera y Lepidoptera (Aslan *et al.*, 2012). Las hormigas (*Acromyrmex* sp., Formicidae, Myrmicinae) también se han observado como agentes dispersores secundarios de semillas, ya que un gran número de semillas sin la pulpa se observaron cerca de nidos de hormigas, las cuales posteriormente germinaron; las hormigas también son consideradas depredadores del trueno o ligustro (Ferrerías *et al.*, 2008).

L. lucidum puede ser tolerante a la sombra (Aragón y Groom, 2003; Gavier-Pizarro *et al.*, 2012; Aragón *et al.*, 2013). Los bosques o parches dominados por la especie presentan un dosel cerrado y un sotobosque oscuro (Aragón y Groom, 2003; Aragón *et al.*, 2013). Es capaz de germinar y sobrevivir en un rango amplio de microhábitats de bosque ya que las plántulas y plantas pueden crecer satisfactoriamente sin importar las condiciones de luz (Aragón y Groom, 2003). Los árboles jóvenes crecen igualmente bien en un amplio rango de disponibilidad de luz y sitios de dosel cerrado. Esto hace que *L. lucidum* sea menos dependiente de disturbios como espacios de árboles caídos. Los árboles jóvenes de *L. lucidum* son abundantes bajo su propio dosel y dado que es un árbol siempre verde, el sotobosque presenta sombra todo el año (Aragón y Groom, 2003).

En las Sierras Chicas de Córdoba, Argentina sitio donde existe una invasión significativa de *L. lucidum*, se ha observado que una vez alcanzando el nivel de dosel, el trueno provoca condiciones de poca luminosidad, creando exclusión competitiva con la mayoría de las especies nativas y obstaculizando su regeneración. Ello implica cambios en la estructura vertical y en la composición, ocasionada por la pérdida de especies de árboles nativos y la drástica reducción de plantas herbáceas y estratos de cobertura arbustiva, resultando eventualmente en la completa dominancia de *L. lucidum*. Sin embargo, la especie no prospera en hábitats de bosques completamente fragmentados, ya que estos sitios presentan condiciones abióticas del suelo menos favorables (Hoyos *et al.*, 2010; Gavier-Pizarro *et al.*, 2012; Aguirre-Acosta *et al.*, 2014). También en Argentina el trueno presenta un dosel perennifolio, el cual intercepta un mayor porcentaje de precipitaciones; durante el invierno su actividad fotosintética disminuye en coincidencia con la menor disponibilidad hídrica y menor temperatura en el ecosistema (Nasca *et al.*, 2014).

En la Sierra de San Javier, en las Yungas argentinas, los bosques nativos presentan una estructura heterogénea donde la mayoría de los árboles nativos de sotobosque como *Allophylus edulis*, *Psychotria cartagenensis*, *Eugenia unifloram*, *Myrcianthes pungens* producen frutos carnosos y por lo tanto son un recurso importante para las aves frugívoras; además les aportan sitios de anidamiento, y abundancia de presas de invertebrados. En comparación, estas características se ven reducidas en los bosques de invasión de *L. lucidum* ya que la composición de los bosques es homogénea, por lo que la abundancia y diversidad de invertebrados se ve afectada, generando impactos negativos a la vez en las especies de aves forrajeras (Ayup *et al.*, 2014).

En las montañas centrales de Argentina, la especie de arbusto invasiva, *Pyracantha angustifolia* (Rosaceae), provee de un foco de reclutamiento para *Ligustrum lucidum*. Se han reportado densidades de *L. lucidum* mayores bajo el dosel de la especie invasora *P. angustifolia*, que bajo el dosel del arbusto nativo *Condalia montana*. Debido a la actividad de forrajeo y dispersión de las aves frugívoras y las condiciones de micro-hábitat que proporciona *P. angustifolia*, *L. lucidum* presenta una alta densidad. *P. angustifolia* no es esencial para la germinación de *L. lucidum*, pero si es un facilitador (Tecco *et al.*, 2007).

En las Sierras Chicas de Córdoba, Argentina, el trueno presenta ventajas sobre otros árboles nativos principalmente durante el invierno, periodo en que la abundancia de aves decrece significativamente (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014). En la temporada seca, las aves consumen una gran proporción de frutos en bosques secundarios, principalmente por el suministro de alimento y agua que les provee *L. lucidum* (Ferrerías *et al.*, 2008; Ayup *et al.*, 2014).

Se ha observado que el reclutamiento de *L. lucidum* es limitado por el ganado. Sin embargo, *P. angustifolia* crece en esos sitios, con lo que si bien los ungulados pueden controlar las poblaciones de *L. lucidum*; *P. angustifolia* podría refugiar sus semillas del ganado y favorecer así la continuidad del reclutamiento del trueno (Tecco *et al.*, 2007).

Se ha identificado el potencial alelopático de *L. lucidum* utilizando la hojarasca en la inhibición del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa*) (Appiah *et al.*, 2015). Sus resultados demostraron que aunque la especie muestra potencial alelopático, presenta menos del 15% de actividad inhibitoria, tanto en radículas como hipocótilos de lechuga, al utilizar 10 y 50 mg de hojarasca. No identificaron los compuestos alelopáticos porque consideraron que la actividad alelopática era mínima.

Problepsis superans, es una especie de lepidóptero que se alimenta de tres especies de árboles del género *Ligustrum*, incluyendo *Ligustrum lucidum*. Encontraron un desempeño deficiente de *P. superans* en *L. lucidum* como resultado de una fecundación escasa, mayor tiempo de desarrollo y mayor mortalidad larval. Asimismo, la tasa neta de producción de *P. superans* fue significativamente menor en *L. lucidum* que en otras especies de *Ligustrum*. A pesar de ello, *P. superans* puede sobrevivir, reproducirse y potencialmente convertirse en una seria plaga para *L. ligustrum* (Liang-Xiong *et al.*, 2014).

1.3.3 Especies con las que *Ligustrum lucidum* puede hibridar

Se ha señalado que *Ligustrum japonicum* 'Suwanee River', podría ser un híbrido entre *Ligustrum japonicum* 'Rotundifolium' x *Ligustrum lucidum* (Hatch, 2015). Sin embargo, no se han reportado híbridos entre las especies del género *Ligustrum* (Grove y Clarkson, 2005; Johnson, 2009).



a) Brotes florales de *Ligustrum lucidum*. Autor: Fanghong^{CC}.



b) Inflorescencia, panícula piramidal de *L. lucidum*. Autor: Kenraiz Krzysztof Ziarnik^{CC}.



c) Inflorescencia, panícula piramidal de *L. lucidum*. Autor: Fanghong^{CC}.



d) Racimo de inflorescencia de *L. lucidum*. Autor: Mauro Halpern^{CC}.



e) Racimo de inflorescencia de *L. lucidum*. Autor: John Tann^{CC}.

Figura 62. Flores e inflorescencias de *Ligustrum lucidum*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Frutos maduros de *L. lucidum*. Autor: Paloma^{CC}.



b) Racimos de frutos maduros de *L. lucidum*.
Autor: Sam Kieschnick^{CC}.



c) Racimos de frutos maduros de *L. lucidum*.
Autor: Andy Newman^{CC}.



d) Racimos de frutos maduros Autor:



e) Racimos de frutos maduros. Autor: Peter Kirklan-

Figura 63. Frutos y racimos de frutos de *Ligustrum lucidum*. ^{cc}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) *L. lucidum* es de hoja sencilla, ovada, margen entero. Autor: Harum Koh^{CC}.



b) La disposición de la hoja es opuesta. Autor: Scott Zona^{CC}.



c) La disposición de la hoja es opuesta. Autor: Nick Mirro^{CC}.



d) Comparación entre las hojas de *L. lucidum* y *L. sinensis*. Autor: James H. Miller & Ted Bodner^{CC}.

Figura 64. Detalles de hojas de *Ligustrum lucidum*. Notar en la foto inferior derecha la comparación entre las hojas de dos especies del género *Ligustrum*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) *L. lucidum* creciendo como arbusto. Autor: Bri Weldon^{CC}.



b) Acercamiento al arbusto de *L. lucidum*. Autor: Bri Weldon^{CC}.



c) *L. lucidum* creciendo como árbol. Autor: Fanghong^{CC}.

Figura 65. Porte arbustivo y arbóreo de *Ligustrum lucidum*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

1.4 Estatus

Ligustrum lucidum es descrita como nativa de China y Corea. Se ha citado por algún autor a *L. lucidum* como nativa de China, Japón y Corea (Juana-Clavero, 2014). Sin embargo, algunos trabajos la ponen como especie exótica invasora en Japón (Hashimoto *et al.*, 2003; Ito y Fujiwara, 2007). Se ha introducido y establecido en 43 países incluyendo a México, donde se tienen registros en 17 estados. La especie se encuentra catalogada en las leyes de 18 países como invasora. *L. lucidum* se incluye en el Compendio Global de Malezas (Randall, 2012), y se considera un árbol invasor (Richardson, 2011). Se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva introducida en California, Texas, Louisiana, Mississippi, Alabama, Georgia, Florida, Carolina del Norte, Carolina del Sur y Maryland (<https://plants.sc.egov.usda.gov/core/profile?symbol=LILU2>). Se le considera como una planta de interés para cultivar y para su comercio forestal; es una maleza, invasora, naturalizada, que escapa de cultivos; es una maleza dañina en cultivos, que afecta económicamente; puede ser tóxica en ambientes terrestres; es contaminante. Se le considera una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos; la gente debe controlarla, inclusive se recomienda cuarentena (Randall, 2012).

Otras especies del género *Ligustrum* como *L. robustum* y *L. sinense* se han reportado como altamente invasoras en otras áreas tropicales y subtropicales (Aragón y Groom, 2003).

Ligustrum es un género de entre 37-50 especies cuya distribución abarca el Este de Asia, Malasia a Australia, Europa y el Norte de África (Gu *et al.*, 2011; Rosatti, 2012). Se han identificado ocho especies de este género naturalizadas en Norteamérica (Nesom, 2009): *L. japonicum*, *L. lucidum*, *L. obtusifolium* (incluye *L. amurense*), *L. ovalifolium*, *L. quihoui*, *L. sinense*, *L. tschonoskii* y *L. vulgare*.

No existen especies nativas del género en México pero se han registrado las especies *L. lucidum* en Coahuila, San Luis Potosí, Veracruz, y Ciudad de México, y *L. sinense* en Veracruz (Nesom, 2009; SEINet, 2019).

Las siguientes son especies de *Ligustrum* que son consideradas como malezas:

Ligustrum japonicum: En Texas, EUA se ha clasificado como maleza (TIPPC, 2007).

Ligustrum obtusifolium: En todo EUA está clasificada como maleza por State noxious weed lists for 46 states. En Connecticut, Massachusetts y New Hampshire tiene el estatus de maleza nociva (NRCS-USDA, 2019g).

Ligustrum ovalifolium: En todo EUA está clasificada como maleza por State noxious weed lists for 46 states. En Connecticut tiene el estatus de maleza nociva (NRCS-USDA, 2019).

Ligustrum quihoui: En Texas, EUA se ha clasificado como maleza (TIPPC, 2014).

Ligustrum sinense: En EUA es clasificada como maleza por Florida Exotic Pest Plant Council y por Southeast Exotic Pest Plant Council (NRCS-USDA, 2019).

Ligustrum vulgare: En EUA es clasificada como maleza por Southeast Exotic Pest Plant Council y por Wisconsin for ecologically invasive plants. En Connecticut tiene el estatus de maleza nociva (NRCS-USDA, 2019).

1.4.1 Distribución nativa

Es una especie nativa de la región de nativa de China y Corea (Csurhes y Edwards, 1998; Bruno *et al.*, 2007; Nesom, 2009; Juana-Clavero, 2014) (Fig. 66).

1.4.2 Distribución de invasión

Se ha introducido como especie exótica en países con climas cálidos subhúmedos a áridos como Albania, Argentina, Australia, Bermuda, Bolivia, Brasil, Colombia, Corea del Norte, Corea del Sur, Costa Rica, Croacia, Grecia, El Salvador, Eslovenia, España, Estados Unidos de América (EUA), Francia, Guatemala, Honduras, Iraq, Irlanda, Italia, Japón, Madagascar, Malasia, Malawi, México, Mozambique, Nepal, Noruega, Nueva Zelanda, Pakistán, Portugal, Puerto Rico, Reino Unido, Rusia, Suazilandia, Sudáfrica, Suiza, Tonga, Turquía, Vietnam y Zimbabue (Csurhes y Edwards, 1998; Betancort y de Paz, 2000; Panizzi y Grazia, 2001; Kairo

et al., 2003; Starr *et al.*, 2003; Bruno *et al.*, 2007; Nesom, 2009; Sankara y Suresh, 2013; Juana-Clavero, 2014; Trikshiqi y Rexha, 2015; CABI, 2018g; DAISIE, 2019b; Hyde *et al.*, 2019; base de datos del proyecto) (Fig. 66).

En Norte América, en EUA ocurre en California, Texas, Louisiana, Mississippi, Alabama, Georgia, Florida, Carolina del Norte, Carolina del Sur y Maryland (NRCS-USDA, 2019g).

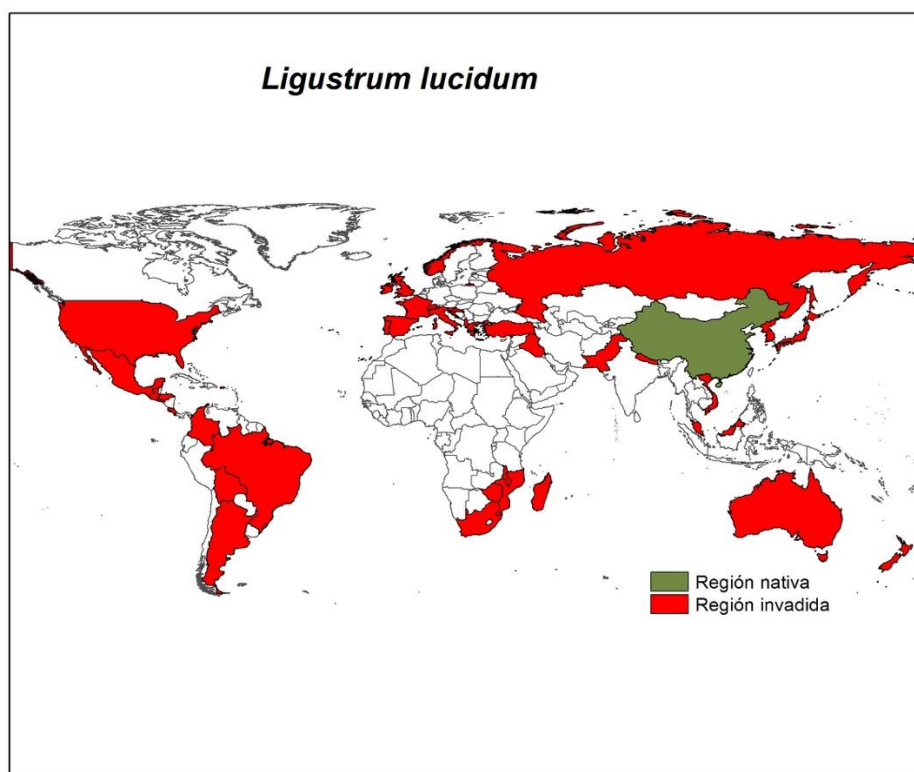


Figura 66. Mapas mostrando la distribución nativa de *Ligustrum lucidum*, así como en los países donde se le ha introducido y es exótica, invasora. Fuente: elaboración con base en los registros indicados en los apartados de distribución nativa y de invasión.

1.4.3 Distribución en México

Se encuentra en México, en Aguascalientes, Chiapas, Ciudad de México (D.F.), Coahuila, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí y Veracruz (Base de datos del proyecto). (Fig. 67).

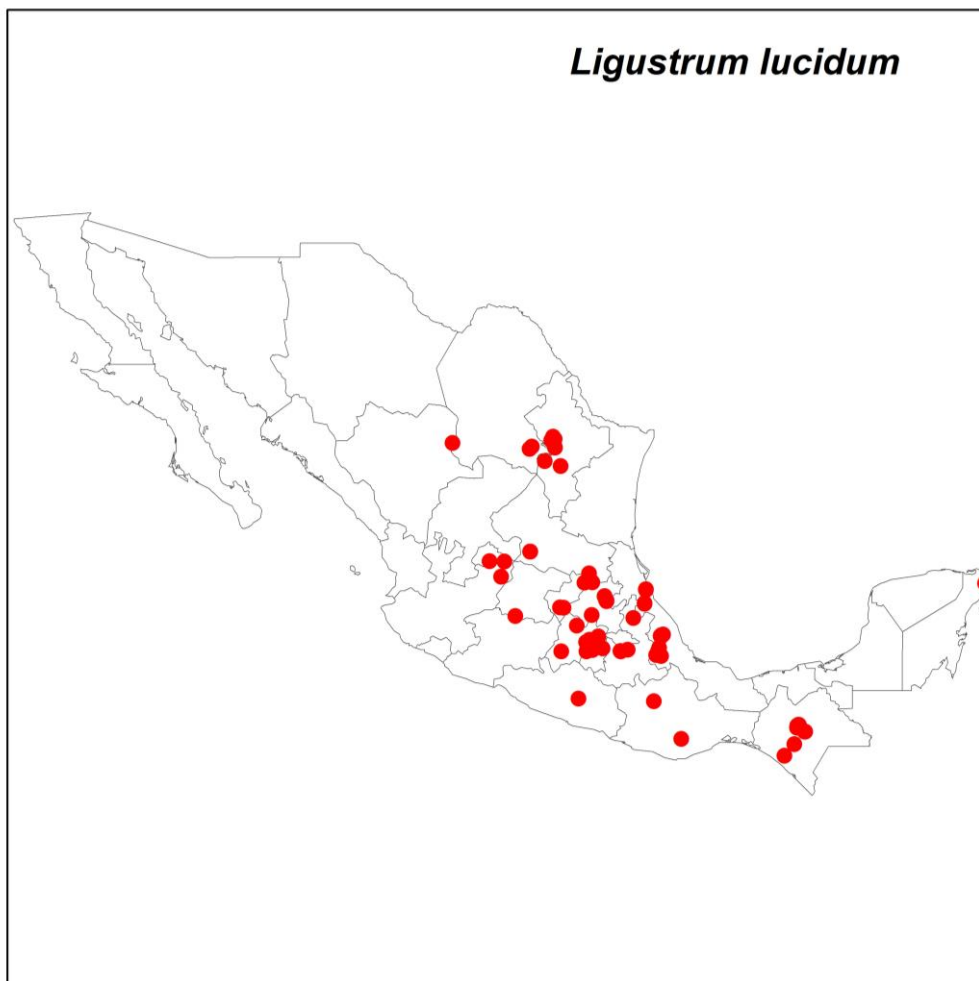


Figura 67. Mapa mostrando la distribución de *Ligustrum lucidum* en México, por estados. Fuente: registros de la base de datos del proyecto.

2. Rutas de introducción

L. lucidum se puede reproducir por semillas y vegetativamente. Los frutos maduran y caen al suelo en un corto periodo de tiempo pero más probablemente son dispersados por aves frugívoras, mientras que asexualmente puede rebrotar por ramas desprendidas (Aragón y Groom, 2003; Gavier-Pizarro *et al.*, 2012; Aguirre-Acosta *et al.*, 2014). Esto implica que las ramas podrían ser dispersadas por el agua en caso de inundaciones. Es el humano y sus actividades el principal vector para la introducción y dispersión de *L. lucidum*, llevando las semillas y esquejes entre sitios, comercializándolos; puede entonces ocurrir un escape.

2.1 Origen e historia de los individuos comercializados

Ligustrum lucidum, es un árbol siempre verde nativo de Asia y es considerado invasor en Australia, Nueva Zelanda y el sureste de Argentina donde se introdujo desde China (Aragón y Groom, 2003). La especie es ahora invasora en Australia, Japón y EUA (Aslan *et al.*, 2012). Se tiene documentado que en 1794 el trueno fue introducido como árbol ornamental a Mississippi, EUA (Miller, 1979), aunque se indica que fue introducido desde 1845 procedente de Japón con fines de ornamentales (Center for Invasive Species Ecosystem Health, 2018). *L. lucidum* se introdujo de Korea en 1794 y de Japón in 1845, importándose al Este de EUA (Swarbrick *et al.*, 1999; Center for Invasive Species Ecosystem Health, 2018). En la UK se introdujo con fines hortícolas en 1794 procedente de China (CABI, 2018g). El primer registro de *Ligustrum lucidum* en Australia se encuentra en un catálogo de 1843, en que se muestra que fue cultivado en el suroeste de Sidney (Johnson, 2009). En 1932 se registra como introduciéndose para venta hortícola, ornamental, naturalizándose rápidamente (CABI, 2018g). En Argentina fue introducido a principios del siglo XX, donde ha sido usado como ornamental y para cercos vivos (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014). El primer ejemplar de herbario colectado de Argentina fue en 1932 (Zamora-Nasca *et al.*, 2014). El primer registro de *L. lucidum* en áreas naturales de Nueva Zelanda fue en 1958 (Starr *et al.*, 2003).

2.2 Historia de la comercialización en México

En México, después de la Revolución existió un gran interés por mejorar la apariencia de las áreas verdes de la ciudad. Entre 1940 y 1960 que creció la ciudad, *Ligustrum lucidum* se cultivó ampliamente como planta ornamental para cubrir esta demanda de áreas verdes (Benavides-Meza, 1992; Mani *et al.*, 2015). El primer registro de colecta botánica de *L. lucidum* en México fue en 1892, colectado en Tepic, Nayarit (Orrell y Hollowell, 2018).

Para México se sabe entonces que a raíz del crecimiento poblacional y la extensión de la mancha urbana después de la revolución, *L. lucidum* se convirtió en una de las especies más utilizada en jardines y parques urbanos; sin embargo, no existe información sobre los eventos de introducción de la especie en el país (Benavides-Meza, 1992).

2.3 Usos y comercialización

En zonas nativas, *L. lucidum* se ha convertido en una especie ampliamente distribuida en los jardines urbanos, con el desarrollo de ciudades y pueblos en China (Liang-Xiong *et al.*, 2014). En las zonas de invasión esta planta es importada e introducida para usos como planta ornamental (Panetta, 2000; Gavier-Pizarro *et al.*, 2012; Aslan *et al.* 2012). Se le puede encontrar en parques y veredas, por lo que está expuesta a la contaminación de las zonas urbanas (Bruno *et al.*, 2007). En Argentina la subespecie *L. lucidum tricolor* se utiliza como ornamental (Carreras *et al.*, 1996). También se ha utilizado como cortina rompevientos y postes para cercas. Se le ha usado para horticultura.

Los frutos de *L. lucidum* son utilizados en la medicina tradicional china (Shi *et al.*, 1998; Sankaran y Suresh, 2013). Sus frutos son usados para mejorar la salud con relación al hígado, riñones y vista, así como para promover el crecimiento del cabello, debido a la gran cantidad de ácido linoleico que contiene (Shi *et al.*, 1998). En general los frutos estimulan el sistema inmune, reduciendo la inflamación y pueden presentar actividad antitumoral. También son antibacteriales, antisépticos, cardiotónicos y diuréticos (Sankaran y Suresh, 2013).



a) *L. lucidum* como ornamental en avenida. Autor: Fanghong^{CC}.



b) *L. lucidum* como ornamental por la carretera. Autor: Jacqui-nz^{CC}.



c) *L. lucidum* para la venta en vivero. Autor: TreeWorld Wholesale^{CC}.

Figura 68. Usos ornamentales de *Ligustrum lucidum*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

2.3.1 Análisis económico de la comercialización

No se ha hecho un análisis económico sobre los usos y costos de *Ligustrum lucidum* en México, ni en otros países. *L. lucidum* es un árbol con potencial económico por su importancia ornamental, por su potencialidad como especie maderable y por su utilidad en la medicina tradicional. En este sentido se debería realizar un análisis económico de las actividades asociadas al cultivo de este árbol y de sus usos y comercialización.

Se ha indicado que esta especie raramente se comercializa (Dirr y Warren, 2019). Pero en EUA, hay páginas de internet de comercio que ofrecen productos de *Ligustrum lucidum*, por ejemplo en Trade Technocrats Ltd venden 114 g de frutos de *L. lucidum* en \$5.99 US dólares (Trade Technocrats Ltd, 2019). En Amazon, 2 onzas de tintura de *L. lucidum* se venden en \$19.45 US dólares, 450 g de frutos en \$17.99 US dólares, 15 semillas de \$9.99 a \$13.34 US dólares y plantas juveniles una en \$6.99 US dólares (Amazon, 2019).

En México, a través de mercadolibre.com solo se venden árboles, cada árbol a un precio de \$250.00 a \$500.00 pesos M.N. (Mercadolibre, 2019c).

2.3.2 Manejo y condiciones de cultivo

El cultivo se hace básicamente para jardinería. Debido a que *L. lucidum* reproduce por semilla y por esquejes, en jardinería se recomienda reproducir por semilla en primavera y por esqueje en verano (Lorenzo-Cáceres, 2016; jardineriaon.com s/f).

En jardineriaon.com recomiendan la reproducción por semilla, para lo cual hay que humedecer la semilla por 24 horas, y al día siguiente sembrarlo a un semillero; se coloca el semillero en el exterior y se mantiene el sustrato húmedo, con lo que las semillas germinarán en 2-4 semanas. Para la reproducción por esqueje, se debe cortar una rama de madera suave de 30 a 40 cm de largo, se le agrega enraizante, se coloca en una maceta con vermiculita y se mantiene húmedo; en un mes enraizará. Si se mantiene la planta en maceta, el sustrato debe ser rico en materia orgánica; el sustrato a considerar debe tener 50% mantillo, 40% perlita y 10% akadama o pómic. Si la planta se mantiene en el jardín, el suelo debe ser fértil y con buen drenaje. Con relación al riego, en principio se riega de 3 a 4 veces

por semana; en época calurosa, se riega después de 1 a 2 veces por semana. El abono se recomienda ponerlo de primavera hasta finales de verano. En invierno esta planta tolera muy bien la poda (jardineriaon.com s/f).

3. Potencial de establecimiento y colonización

3.1 Potencial de colonización

Las características que confieren a esta especie su potencial de colonización, se pueden resumir de la siguiente manera. *Ligustrum lucidum* se puede reproducir tanto por propagación vegetativa (por ramas) como sexualmente (por semillas). Su propagación sexual la realiza más frecuentemente por semillas; en la asexual, puede rebrotar por ramas desprendidas (Swarbrick *et al.*, 1999; Aguirre-Acosta *et al.*, 2014; Ayup *et al.*, 2014; CABI, 2018g). Su reproducción la inicia siendo una planta joven, dentro de los 2-3 primeros años (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014). Tiene una muy elevada producción de semillas, produciéndose entre 1,710,000 a 5,130,000 semillas por árbol por temporada (ver Ecología; Aslan *et al.*, 2012; Sankaran y Suresh, 2013). La viabilidad de las semillas es muy alta, de más del 90% (Swarbrick *et al.*, 1999) y el banco de semillas se mantiene por 1.0-2.5 años (Panetta, 2000). Ello quiere decir que tiene altas probabilidades de encontrar un sitio y establecerse en aquellos adecuados o que tolera. La supervivencia media de plántulas se ha registrado ser de 60% al 98% (Aragón y Groom, 2003). Germina y sobrevive en un amplio rango de microhábitats de bosque, en los bordes de bosques y bajo el dosel de bosques densos en pastizales abiertos; las plántulas y plantas jóvenes pueden crecer satisfactoriamente sin importar las condiciones de luz (Aragón y Groom, 2003), lo cual indica su tolerancia y adaptabilidad para la colonización.

Tiene versatilidad para establecerse en distintos hábitats como en ambientes xerófilos, tropicales, subtropicales y de temperatura cálida (ver Ecología). *Ligustrum lucidum* puede colonizar hábitats fragmentados (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014). Puede expandirse tanto en

zonas urbanas como rurales (Aslan *et al.*, 2012). Tiene actividad alelopática, con lo que inhibe el establecimiento de plantas de otras especies y disminuye la competencia por los espacios para establecerse (Appiah *et al.*, 2015).

3.2 Potencial de dispersión

L. lucidum produce semillas que son dispersadas por animales, principalmente las aves diseminan de manera efectiva las semillas a largas distancias (ver Ecología; Aragón y Groom, 2003; Gavier-Pizarro *et al.*, 2012; Aguirre-Acosta *et al.*, 2014). Las ramas de la planta pueden también ser dispersadas por el agua. *L. lucidum* presenta dos formas de invasión: 1. invasión rápida de tierras de agricultura abandonadas por dispersión de aves, y 2. invasión lenta en bosques nativos por dispersión vegetativa o de semillas, y crecimiento eventual en huecos en el dosel (Lichstein *et al.*, 2004).

Son los humanos el principal vector para la dispersión a larga distancia de *L. lucidum*, a través del comercio directo o por la conformación de cultivos.

3.3 Factores que favorecen su establecimiento y dispersión

Entre los factores que favorecen el establecimiento de *Ligustrum lucidum* se encuentra su elevada viabilidad, su versatilidad ambiental, puede colonizar zonas abiertas y cerradas, sin importar las condiciones de luz, puede establecerse en ambientes degradados, tanto en zonas urbanas como rurales (ver Ecología). También puede establecerse en campos agrícolas y escapar de cultivos (ver Estatus).

Entre los factores que favorecen su dispersión, el humano es muy importante para zonas donde se ha introducido, entre países y ecosistemas. Dentro de los sitios, son las aves principalmente quienes dispersan su semillas; pero también en zonas donde corra el agua se pueden transportar los propágulos como ramas (ver Ecología).

4. Evidencias de impactos

4.1 Impactos a la salud

La familia Oleaceae es una de las que presentan mayor cantidad de alérgenos en el mundo. El polen del género *Ligustrum* es una de las fuentes principales de alérgenos inhalantes asociados a enfermedades respiratorias. En Nueva Zelanda el género ya ha sido prohibido por presentar casos severos de alergias. Hasta la fecha Lig v1 es el único alérgeno de *Ligustrum* spp. que se ha identificado como la contraparte de la proteína tipo 1 Ole e, alérgeno en *Ligustrum vulgare*. Se han encontrado distintos tipos de alérgenos asociados a *L. lucidum* específicamente, dentro de los cuales se encuentran siete proteínas IgE reactantes incluyendo a Profilina, Enolasa, Fra e proteína tipo 9, Poligalacturonasas específicas de polen, Alanina Aminotransferasas y dos ATP sintasas (Mani *et al.*, 2015).

4.2 Impactos ambientales y a la biodiversidad

L. lucidum puede generar condiciones de poca luminosidad en los bosques que invade, creando exclusión competitiva para la mayoría de las especies nativas y obstaculizando su regeneración. Esta planta provoca la pérdida de especies de árboles nativos y plantas herbáceas en los sitios donde invade. Estas afectaciones pueden modificar las interacciones en las comunidades (Hoyos *et al.*, 2010; Gavier-Pizarro *et al.*, 2012; Aguirre-Acosta *et al.*, 2014; Ayup *et al.*, 2014; Nasca *et al.*, 2014; ver Ecología).

Por otro lado, *L. lucidum* puede generar que el contenido volumétrico de agua o humedad edáfica sea menor donde se encuentra dominando en comparación con las zonas donde no se encuentra (Nasca *et al.*, 2014). La disponibilidad de agua afecta la tasa de pérdida de masa y liberación de nutrientes. La disponibilidad limitada de luz y humedad del suelo disminuyen, por lo tanto, los procesos de descomposición (Aragón *et al.*, 2013). La invasión por *L. lucidum* puede afectar la dinámica de la materia orgánica en el suelo del bosque (Aragón *et al.*, 2013).

4.3 Impactos a actividades productivas

La invasión de *Ligustrum lucidum* puede llegar a afectar zonas de cultivo (Randall, 2012), pero no se tiene mayor información sobre afectaciones a actividades productivas.

Las flores de *L. lucidum* pueden atraer en grandes números a polinizadores lo que reduciría la polinización de cultivos como el kiwi (McGregor, 2000). También pueden afectar la calidad de la miel debido a que sus flores tienen trimetilamina en el néctar, lo que da un olor muy fuerte; lo anterior puede dañar la actividad de apicultura (Swarbrick *et al.*, 1999; McGregor, 2000).

4.4 Impactos económicos

No existe información de valoraciones de los impactos en costos para remediación, control y erradicación de *L. lucidum*. Tampoco hay valoraciones sobre los costos de pérdidas económicas causadas por el costo ambiental debido a la invasión de zonas que pueden disminuir su productividad por desplazamiento de especies nativas. Se ha hecho ya una estimación de costos para realizar el control de *L. lucidum* en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey, México, con todos los costos, desde material de campo, equipo (serruchos y motosierras), compra del herbicida Triclopyr, estimando un costo total de ejecución de \$578,694 MXN para eliminarlo del Parque (PNDU, 2018). Se deberían hacer también costos por el potencial envenenamiento del ganado por el consumo de hojas y frutos de *L. lucidum*, aunque no hay evidencias de la magnitud del problema (Swarbrick *et al.*, 1999).

Como impactos se podrían considerar los que producen las plantas que se han vuelto abundantes en tierras abandonadas y hábitats ruderales en Australia y Nueva Zelanda, ya que los árboles maduros pueden afectar las líneas eléctricas y de telefonía (McGregor, 2000). Los costeos económicos se hicieron solo para evaluar la factibilidad de encontrar métodos de control adecuados, incluidos los biológicos, y su aplicación en 2-3 años.

Siendo *L. lucidum* hospedero de algunas plagas de hemípteros pentatomidos en cultivos tropicales y templados, pueden afectar la economía de las zonas de los cultivos de presentarse la plaga; estas plagas son *Nezara viridula* (L.), *Plautia affinis* Dallas y *Glaucias amyoti* (Dallas) (McGregor, 2000; Coombs, 2004).

No hay un tampoco un análisis sobre los impactos económico en México por la introducción y problemas que ha provocado esta especie.

5. Control y mitigación

Debido a que *Ligustrum lucidum* tiene altas capacidades como especie invasora, un buen control puede lograrse únicamente en las primeras etapas del proceso de invasión. El control de especies invasoras como *L. lucidum* suele ser económicamente restrictivo y ecológicamente inviable cuando la especie ya se encuentra ampliamente distribuida. La mayor prioridad debería ser desalentar su cultivo como plantas de casas o caminos para evitar la colonización de nuevas áreas y erradicar activamente cualquier árbol que pueda servir como fuente de semillas (Aragón y Groom, 2003).

Para el manejo de *L. lucidum* se deben identificar los hábitats pertinentes para conservación, en donde como prioridad se evalúe el evitar la dispersión de la especie. Los métodos para evaluar la dispersión deben tener en cuenta todos los hábitats relevantes o más adecuados para la especie, así como los mecanismos de dispersión. *L. lucidum* se dispersa con facilidad y se establece rápidamente en la mayoría de los sitios, por lo que presenta un alto riesgo de invasión (ver Potencial de colonización). Cuando se encuentren árboles jóvenes, estos deben ser removidos de forma manual antes de que se conviertan en focos de nuevas invasiones (Aslan *et al.*, 2012). Las plantas pequeñas pueden ser retiradas manualmente, pero los árboles adultos necesitan ser excavados.

Son efectivos para controlar la maleza los herbicidas como 2,4,5-T éster, glifosato, triclopir, dicamba y metasulfuron-metilo (Sankaran y Suresh, 2013). Otros herbicidas propuestos

para el control de especies del género *Ligustrum* en EUA, en suelos perturbados, bordes de bosques y espacios abiertos en el dosel de bosques, son aplicaciones de volúmenes altos de (2,4-D + 2,4-DP, imazapir + metsulfuron metil, o metsulfuron metil) y bajos de (fosaminamonio, glifosato, imazapir, imazapir + glifosato, metsulfuron metil, o triclopir); así como basales (2,4-D + 2,4-DP, o triclopir), en corte de tocón (2,4-D + 2,4-DP, imazapir + glifosato, o triclopir), y escarolar (2,4-D + 2,4-DP, imazapir, imazapir + glifosato, o triclopir) (Maddox *et al.*, 2010).

En Argentina, en las Sierras Chicas de Córdoba, se ha propuesto que los planes de conservación deben considerar el mantener las áreas urbanas lejos de los bosques naturales, para evitar las invasiones por *L. lucidum*. También se indicaba como necesario realizar labores de educación ambiental y comunicación con empresas de paisajismo, desarrolladores y dueños de casas para evitar el uso del ligustro como planta ornamental en nuevas zonas urbanas en desarrollo (Gavier-Pizarro *et al.*, 2012).

Por otro lado, en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey, México se llevó a cabo un plan de manejo para *Ligustrum lucidum* (y *Koeleruteria paniculata*) con el siguiente método de control (PNUD, 2018):

- Método manual.- Adecuado para individuos con un diámetro menor de 4 cm. Para facilitar el proceso se deben usar herramientas como palas y picos. Las plantas extraídas serán apiladas y se evitará que las raíces toquen el suelo.
- Método químico.- Se aplicará el herbicida Triclopyr a plantas mayores a 4 cm de diámetro; las plantas menores a 4 cm de diámetro que se encuentren muy adheridas al suelo o en rocas se tratarán con químicos. Se propusieron tres pruebas de aplicación de Triclopyr.
 1. Aplicación mediante aspersión de Triclopyr al 2% (Garlon® 4): utilizando el herbicida a una concentración del 2% diluido en agua (32ml/L); a la solución se debe agregar un colorante especial para visualizar rápidamente los individuos a los que se aplique. Antes de la aplicación de la solución se derribará el árbol, se usará serrucho en árboles de 5 a 10 cm de diámetro y para los individuos mayores

a 10 cm de diámetro se usará motosierra. Los cortes deberán ser lo más cercanos a la base del suelo. Después de esto, se aplicará inmediatamente el herbicida.

2. Aplicación mediante aspersión de Triclopyr al 25% (Garlon® 4): se utilizará el herbicida a una concentración del 25% diluido en agua (405 ml/L); con las mismas indicaciones que para la anterior aspersión.
3. Aplicación mediante piseta de Triclopyr al 25-20% (Garlon® 4): consiste en el uso de los principales activos químicos del herbicida potencializados mediante una técnica de encapsulado; se obtendrá una sustancia más espesa (cremosa), con los que se espera ver resultados a los 7-8 días de la aplicación. Posteriormente a agregar un colorante especial para visualizar rápidamente los individuos a los que se aplique, el procedimiento es el mismo.



Figura 69. El anillado de árboles es un método de control, que consiste en la asfixia del árbol. En este caso, *Ligustrum lucidum*. Autor: Jacqui-nz^{CC}. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

6. Normatividad

A continuación, se resumen las leyes, normas y regulaciones emitidas en los diferentes países con respecto a la exclusión, prohibición, restricción o autorizaciones para la introducción, de *Ligustrum lucidum*. Las localidades para hacer la búsqueda se obtuvieron de CABI, GRIIS, PIER, Convention of Biological Diversity, otras fuentes, y de la base de datos del proyecto.

CABI. 2018. *Ligustrum lucidum* [original text by P. González-Moreno]. In: Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International.

<https://www.cabi.org/ISC/datasheet/30751>

GRIIS: Global register of introduced and invasive species.

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

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

6.1 Legislación Mexicana

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

6.2 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 Costa Rica, quarantine species

of Costa Rica, list pest of Costa Rica, list weeds of Costa Rica, list invasive plants in Costa Rica, list of noxious weeds in Costa Rica.

Países que la consideran Exótica Introducida o Invasiva

Alemania

Considerada dentro de la lista de advertencia de animales y plantas invasoras que aún no están ocurriendo en Alemania (Erstellung einer Warnliste in Deutschland noch nicht vorkommender invasiver Tiere und Pflanzen).

Vier in Deutschland noch nicht vorkommende invasive Arten der Schwarzen Liste -

Warnliste (v.l.o.n.r.u.): Die südamerikanische Wasserhyazinthe (*Eichhornia crassipes*),

das nordamerikanische Grauhörnchen (*Sciurus carolinensis*), der nordamerikanische Viril-

Flusskrebs (*Orconectes virilis*) und die ostasiatische Fingerblättrige Akebie (*Akebia quinata*).

<https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/skript331.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.

Especies alienígenas invasoras en Sudamérica Informes Nacionales & Directorio de Recursos. S. R. Ziller, J.K Reaser, L.E. Neville & K. Brandt (eds). 2005. "Invasive alien species in South America" (Especies alienígenas invasoras en Sudamérica): "national reports & directory of resources" (informes nacionales & directorio de recursos). "Global

Invasive Species Programme, Cape Town, South Africa". (Programa Global

de Especies Invasoras, Ciudad del Cabo, Sudáfrica).

http://awsassets.wwfar.panda.org/downloads/rev_113_escritorio_al_campo_plantas_exoticas_introducidas_e_invasoras.pdf

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

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

<https://www.gisp.org/publications/reports/IASSouthAmericaNatReps.pdf>

Australia

Considerada como invasora con la categoría C2 maleza prohibida regionalmente. Noxious weed list for Australian states and territories, Invasive plants and animals committee. Pest Plants and Animals (Pest Plants) Declaration 2015 (No 1).

Para información más detallada de la legislación consultar las ligas:

<http://weeds.ala.org.au/docs/weednet6.pdf>

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

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

<http://weeds.ala.org.au/noxious.htm>

New South Wales

Considerada en el listado de las 20 malezas generalizadas que representan una amenaza para la fauna y la flora nativas en New South Wales. Regulada por Noxious Weeds Act 1993.

<https://www.epa.nsw.gov.au/about-us/publications-and-reports/state-of-the-environment/state-of-the-environment-2015/15-invasive-species>

<https://www.legislation.nsw.gov.au/#/view/act/1993/11>

Queensland

Considerada como planta invasora restringidas con Categoría 3. Una persona no debe liberar estas plantas invasoras al medio ambiente, regalar o vender como una planta o algo infestado con sus semillas. Biosecurity Act 2014. Australian Government legislation administered by the Australian Department of Agriculture also applies to the import of all plants into Australia.

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

https://www.daf.qld.gov.au/__data/assets/pdf_file/0004/383818/IPA-Restricted-plants-of-Qld.pdf

Victoria

Considerada como especie invasora. Victorian Weed Risk Assessment, Government of Australia.

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

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

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

https://www.ari.vic.gov.au/__data/assets/pdf_file/0027/125919/ARI-Technical-Report-287-Advisory-list-of-environmental-weeds-in-Victoria.pdf

White, M., Cheal, D., Carr, G. W., Adair, R., Blood, K. and Meagher, D. (2018). Advisory list of environmental weeds in Victoria. Arthur Rylah Institute for Environmental Research Technical Report Series No. 287. Department of Environment, Land, Water and Planning, Heidelberg, Victoria.

Bolivia

Considerada en el Listado de especies incluidas en el relevamiento preliminar. Esta lista incluye las especies que hasta el momento han sido propuestas para su inclusión en la base de datos de especies invasoras. Se trata de un registro preliminar en el que ciertos grupos taxonómicos o áreas geográficas del país se encuentran desproporcionadamente representados debido a que aún resta contactar a especialistas en otros taxa o regiones. Informe Final Técnico y Financiero Donaciones para la Digitalización de Datos Red Temática de Especies Invasoras. Establecimiento en Bolivia de Bases de Datos sobre Especies Exóticas Invasoras, como parte de la Red Interamericana de Información en Biodiversidad - IABIN.

[http://www.oas.org/dsd/IABIN/Component2/Bolivia/I3N-UMayordeSanAndres/Template_Informe_Final\[IE\].pdf](http://www.oas.org/dsd/IABIN/Component2/Bolivia/I3N-UMayordeSanAndres/Template_Informe_Final[IE].pdf)

Brasil

Considerada como especie invasora por I3N Invasives Information Network.

<http://i3n.institutohorus.org.br/www/?p=Z2tiIXY%2BYzJibTBxfRoBS0xeD1oFVUdIRxFTNGdidDU3MQ%3D%3D>

Costa rica

Considerada como invasora con la categoría 2: Especies potencialmente invasoras con impacto medio y permanente. Ministerio del Ambiente y Energía Sistema Nacional de Áreas de Conservación. III Informe de País Implementación del Convenio Sobre la Diversidad Biológica (CDB), 2006.

<https://www.cbd.int/doc/world/cr/cr-nr-03-p2-es.pdf>

Eslovenia

Considerada en el listado de plantas sujetas a restricciones de entrada de terceros países, si se importan como plantas para plantar en Eslovenia. República de Eslovenia Ministerio de Agricultura, Forestal y Alimentación.

http://www.uvhvvr.gov.si/fileadmin/uvhvvr.gov.si/pageuploads/DELOVNA_PODROCJA/Mednarodne_zadeve/Dok/Xylella/Xylella-zadevne-seznam-2019feb19.pdf

España

Considerada como especie alóctona en Atlas de las Plantas Alóctonas Invasoras en España, Ministerio de Medio Ambiente.

<http://www.europe-aliens.org/speciesFactsheet.do?speciesId=19492#>

http://www.animalrecord.net/Atlas_Plantas_Aloctonas_Espana.pdf

<http://alien.jrc.ec.europa.eu/SpeciesMapper>

Para información sobre la regulación, consultar:

<https://www.boe.es/doue/2018/174/L00005-00011.pdf>

<https://www.miteco.gob.es/eu/biodiversidad/legislacion/leg-comunitaria-reglamentos-exoticas.aspx>

Estados Unidos de Norte América (EUA)

Considerada como introducida invasora en algunos de los 48 de los estados. RCS Invasive Species Policy Invasive Species Executive Order 13112.

<https://plants.usda.gov/java/invasiveOne?pubID=FLEPPC>

<https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=LILU2>

<https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/planthealth/plant-pest-and-disease-programs>

https://plants.usda.gov/native_status_def.html

Alabama

Considerada con la categoría 2. Infestaciones dispersas y localizadas en Alabama. List of Alabama's Invasive Plants by Land-Use and Water-Use Sectors. Alabama Invasive Plant Council's 2007.

<https://www.se-eppc.org/alabama/2007plantlist.pdf>

California

Considerada con la categoría de limitada. Limitado: estas especies son invasivas pero sus impactos ecológicos son menores a nivel estatal o no hubo suficiente información para justificar una puntuación más alta. Su biología reproductiva y otros atributos resultan en tasas bajas a moderadas de invasividad. La amplitud y distribución ecológicas son generalmente limitadas, pero estas especies pueden ser localmente persistentes y problemáticas. Cal-IPC Inventory, inventario que clasifica las plantas que amenazan las áreas naturales de California.

<https://www.cal-ipc.org/plants/inventory/>

<https://www.cal-ipc.org/plants/profile/ligustrum-lucidum-profile/>

Carolina del Sur

Considerada como amenaza emergente. Especies invasoras de plantas exóticas encontradas en Carolina del Sur o en estados adyacentes, en infestaciones limitadas con dificultades sustanciales de manejo; o generalizada con dificultades menores de gestión. South Carolina Exotic Pest Plant Council Terrestrial Exotic Invasive Species List 2014.

https://www.se-eppc.org/southcarolina/SCEPPC_LIST2014finalOct.pdf

Florida

Considerada con la categoría I. Plantas exóticas invasivas que alteran las comunidades de plantas nativas al desplazarlas, cambian las estructuras de la comunidad o las funciones ecológicas, o producen híbridos con las plantas nativas. Esta definición no se basa en la gravedad económica o el alcance geográfico del problema, sino en el daño ecológico documentado causado. Florida Exotic Pest Plant Council Invasive Plant Lists.

http://bugwoodcloud.org/CDN/fleppc/plantlists/2019/2019_Plant_List_ABSOLUTE_FINAL.pdf

<https://www.invasive.org/species/list.cfm?id=79>

<https://www.invasive.org/species/list.cfm?id=80>

Georgia

Considerada con la categoría 3. Planta exótica que es un problema menor en las áreas naturales de Georgia, o que aún no se sabe que sea un problema en Georgia, pero se sabe que es un problema en los estados adyacentes. List of Non-native Invasive Plants in Georgia. Georgia Exotic Pest Plant Council.

<https://www.gaeppc.org/list/>

Maryland

Considerada sin categoría en el listado Invasive Species of Concern in Maryland. Maryland Invasive Species Council.

<http://mdinvasives.org/species-of-concern/terrestrial-plants/>

Virginia

Considerada como invasora en el listado Non-Native Invasive Plants of Arlington County Virginia. Zell, G. 2012. Non-native invasive plants of Arlington County, Virginia. Department of Parks, Recreation, and Cultural Resources. Arlington, Virginia. 4

<https://arlingtonva.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/sites/13/2013/11/invasive-1.pdf>

Guatemala

Considerada dentro de la lista gris de especies exóticas de Guatemala. Esta lista se refiere a las especies que tienen un impacto moderado o que en su defecto se desconoce su impacto o su efecto. El criterio de inclusión para especies en esta categoría es el siguiente:

- Especies exóticas cuyo carácter invasor es conocido y el riesgo se puede asumir y manejar.
- Especies cuyo carácter invasor no se conoce pero que representan una probabilidad u oportunidad razonable de entrada al país por la posibilidad de usos y fines derivados de la especie.
- Especies cuyo potencial y riesgo de invasión aún no se conoce y de las cuales es necesario investigar y generar mayor información.

El espíritu de normativa para esta categoría es:

- No deben existir mayores regulaciones. Se debe fomentar la investigación con estas especies orientada a la determinación de impactos de introducción y medidas de mitigación de éstos.

Reglamento de Especies Exóticas e Invasoras, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala.

<https://www.cbd.int/invasive/doc/meetings/isaem-2015-01/DECISION%20SUPPORT%20TOOLS/iasem-guatemala-dst-04-esp.pdf>

Islas del Atlántico Norte

Considerada como especie invasora de riesgo bajo. NOBANIS. (2015). Invasive Alien Species: Pathway Analysis and Horizon Scanning for Countries in Northern Europe. Nordisk Ministerråd.

<https://www.nobanis.org/globalassets/nobanis-projects/invasive-alien-species---pathway-analysis-and-horizon-scanning-for-countries-in-northern-europe.pdf>

Japón

Considerada como especie invasora prohibida por Invasive Species of Japan, National Research and Development Agency, National Institute for Environmental Studies. Controladas como especies exóticas invasoras (The invasive alien species act)

<https://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/DB/detail/81050e.html>

Mozambique

Considerada como principales especies invasoras. Bioinvasion and Global Environmental Governance: The Transnational Policy Network on Invasive Alien Species Mozambique's Actions on IAS.

<https://www.cbd.int/invasive/doc/legislation/Mozambique.pdf>

Nueva Zelanda

Considerada como plaga. Biosecurity New Zealand. Regulación: se debe poner en contacto con el consejo regional para determinar el estado de esta especie y la responsabilidad del control y/o asesoramiento para el control.

Para mayor información consultar las ligas:

<https://www.mpi.govt.nz/protection-and-response/finding-and-reporting-pests-and-diseases/pest-and-disease-search?Customisnppa=1>

<https://www.weedbusters.org.nz/weed-information/weed-list/tree-privet/>

<https://www.mpi.govt.nz/protection-and-response/long-term-pest-management/national-pest-plant-accord/>

<https://www.cbd.int/invasive/doc/legislation/New-Zealand.pdf>

Portugal

Considerada como especie introducida a e invasora y regulada por la ley: Decree-Law No. 565/99 regulating the introduction of exotic flora and fauna species de 1999.

<http://extwprlegs1.fao.org/docs/texts/por23182.doc>

Región Báltica

Considerada como especie invasora de riesgo bajo. NOBANIS. (2015). Invasive Alien Species: Pathway Analysis and Horizon Scanning for Countries in Northern Europe. Nordisk Ministerråd.

<https://www.nobanis.org/globalassets/nobanis-projects/invasive-alien-species---pathway-analysis-and-horizon-scanning-for-countries-in-northern-europe.pdf>

Región Nórdica

Considerada como especie invasora de riesgo medio. Considerada como especie invasora de riesgo bajo. NOBANIS. (2015). Invasive Alien Species: Pathway Analysis and Horizon Scanning for Countries in Northern Europe. Nordisk Ministerråd.

<https://www.nobanis.org/globalassets/nobanis-projects/invasive-alien-species---pathway-analysis-and-horizon-scanning-for-countries-in-northern-europe.pdf>

República de Montenegro

Prohibida introducirla a Montenegro para con la finalidad de prevenir la infección de Xylella fastidiosa. Boletín Oficial de la República de Montenegro de conformidad con el párrafo 5 del artículo 12 de la Ley de protección fitosanitaria, no

28/06 y "Gaceta Oficial de Montenegro", núm. 28/11 y 48/15. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/mne157206.pdf>

Suazilandia

Considerada con invasora y como especie problema dentro del listado Swaziland's Alien Plants Database.

<http://www.sntc.org.sz/alienplants/speciesinfo.asp>

<http://www.sntc.org.sz/alt/flora/genera.asp?fid=206>

Sudáfrica

Considerada como invasora en la categoría 1b (prohibida), excepto si está bajo control. Em esta categoría se indica:

Una persona en posesión de una especie con Categoría 1b debe controlar la especie invasora incluida en la lista de conformidad con las secciones 75 (1), (2) y (3) de la Ley. Una persona contemplada en la subregulación (2) debe permitir que un funcionario autorizado del Departamento ingrese a la tierra 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.

<https://www.environment.co.za/weeds-invaders-alien-vegetation/alien-invasive-plants-list-for-south-africa.html#notice1>

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

<http://extwprlegs1.fao.org/docs/texts/saf123008.doc>

<https://www.cbd.int/invasive/doc/legislation/South-Africa.pdf>

Turquía

Considerada como prohibida, en el listado: Harmful organisms that are subject to quarantine and that hinder importation. Regulation on plant quarant. Government of Turkey.

<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/tur110316annex.pdf>

Uruguay

Considerada como especie invasora. InBUy Database of Invasive and Alien Species (IAS) in Uruguay: a useful tool to confront this threat to biodiversity.

La especie se encuentra en proceso de erradicación por parte del gobierno de Uruguay. Ministerio de vivienda, ordenamiento territorial y medio ambiente del Gobierno de Uruguay.

<http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/es/fullpaper?bn03910042010+en>

<https://www.presidencia.gub.uy/comunicacion/comunicacionnoticias/mvotma-mgap-sinae-invasion-rana-toro-acegua-protocolo-especie-invasora>

<https://www.mvotma.gub.uy/component/k2/item/10007352-lista-de-especies-exoticas-invasoras>

http://www.guayubira.org.uy/monte/Contaminacion_monte_nativo_exoticas.pdf

7. Resultados del análisis de riesgo de *Ligustrum lucidum*

A continuación, se presenta la justificación y las referencias consideradas para cada pregunta dentro del análisis de riesgo WRA (Weed Risk Assessment; Pheloung, 1995; Pheloung *et al.*, 1999) con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.* (2010) para *Ligustrum lucidum* (ver Apéndice 1):

Historia/Biogeografía

1. Domesticación/Cultivo

1.01. ¿Es una especie domesticada?

R= No (0). *L. lucidum* se ha transportado como especie de ornato, en parques y veredas, como cortina rompevientos, postes para cercas y en medicina tradicional; se le ha usado en la horticultura para usos como planta ornamental (Panetta, 2000; Bruno *et al.*, 2007, Gavier-Pizarro *et al.*, 2012; Aslan *et al.*, 2012). Es una maleza que puede escapar de cultivos, y es dañina para los cultivos; es una especie considerada como maleza invasora (Randall, 2012).

2. Clima y Distribución

2.01. Especie adecuada a climas en México

R= Sí (2). Alta, de acuerdo a los registros hay una variedad de climas donde *L. lucidum* crece actualmente en México. De acuerdo a la modelación y al análisis de similitud climática realizados se puede ver una alta adecuación a los climas en una gran parte de México (Anexo 2, cuadros 1, 2). En México, se presenta en climas del tipo árido cálido, semiárido cálido, semiárido frío, templado con invierno seco, subtropical sin estación seca, tropical seco o de sabana con invierno seco, tropical monzónico (con base a los registros en la base de datos del proyecto). De acuerdo a las modelación que realizamos, el riesgo de invasión por similitud climática es alto en la mayor parte de la sierra Madre Occidental y localizada en la Oriental, bajando hasta Oaxaca, con algunas pequeñas zonas muy localizadas en la península de Baja California. *L. lucidum* ocurre en sitios con climas templados y

continentales, húmedos (CABI, 2018g), pero ocurre en zonas áridas como en Coahuila, Nuevo León y S.L.P.

2.02. Calidad de la similitud climática

R= Alta (2). Basado en los registros de distribución nativa e introducida de *L. lucidum*, la base de datos tiene una buena información con lo cual se modelaron correctamente las predicciones, presentando una alta coincidencia con climas similares de México (ver modelos de similitud climática, Fig. 7 dentro de Apéndice 2).

2.03. Especie adaptable a un rango ambiental muy amplio

R= Sí (1). *L. lucidum* tiene un alto grado de versatilidad ambiental. Se establece y sobrevive en un amplio rango de condiciones de luz y humedad (Aragón y Groom 2003). En su rango nativo ocurre en bosques debajo de los 2,900 msnm (CABI, 2018g). Prefiere ambientes calurosos y húmedos, con entre 700 a 1,600 mm de precipitación, en regiones tropicales, sub-tropicales y templadas (Oosterhout *et al.*, 2016; CABI, 2018g). En México, *L. lucidum* crece en climas distintos (ver 2.01). Además, analizando los registros que se obtuvieron 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 *L. lucidum* se le encuentra únicamente en climas del tipo subtropical sin estación seca verano cálido, subtropical con invierno seco y templado con invierno seco. De acuerdo a los registros del área invadida, los climas van del tipo subtropical sin estación seca con verano cálido, árido cálido, semiárido cálido, semiárido frío, templado con invierno seco, subtropical sin estación seca, tropical seco o de sabana con invierno seco, tropical monzónico, subtropical con invierno seco, mediterráneo verano cálido, oceánico verano suave (Tabla 1, en Apéndice 2).

2.04. Nativo o naturalizada en hábitats con periodos extensivos de sequía

R= Sí (1). *L. lucidum* es moderadamente resistente a sequías (Sankaran y Suresh, 2013). En México, de acuerdo a los registros de la base de datos, se encuentra en sitios con sequías prolongadas, como en Coahuila, Estado de México, Michoacán, Morelos y Oaxaca, entre otros (de acuerdo a datos del SMN; Apéndice 3).

2.05. Hay evidencia de introducciones repetidas fuera de su rango de distribución natural?

R= Sí. En 1794 *L. lucidum* fue introducido en Mississippi, EUA como árbol ornamental, y posteriormente en 1845. El primer registro en Australia es de 1843, cultivado en el suroeste de Sidney (Johnson, 2009). Después en 1932 se vende en horticultura. En Argentina fue introducido a principios del siglo XX. Aparece en áreas naturales de Nueva Zelanda en 1958. En México se registra en 1892 (ver Historia de la comercialización).

3. Maleza en cualquier sitio

3.01. Naturalizado fuera de su rango nativo de distribución

R= Sí (2). *L. lucidum* se considera como una maleza, naturalizada, invasora (Randall, 2012; NRCS-USDA, 2019g). Del total de países que la mencionan en documentos en su legislación, se ha introducido y establecido en 43 países incluyendo a México (ver Estatus).

3.02. Maleza de jardines o de espacios de uso público urbano

R= No (0). No se le considera maleza en este tipo de ambientes. Los árboles reproductores se encuentran en general restringidos a plantaciones deliberadas en áreas de jardín, zonas urbanas, compuestas de parcelas privadas y públicas (Aslan *et al.*, 2012). Se le ha sembrado en ciudades como árbol ornamental usándose además como bioindicador de contaminación (Oliva y Valdés, 2004). Puede escapar desde las zonas urbanas a las zonas de cultivo aledañas.

3.03. Maleza agrícola, hortícola o forestal

R= Sí (4). *L. lucidum* se cultiva como especie de ornato principalmente, y puede escapar fácilmente de los sitios donde se cultiva hacia zonas aledañas, que pueden ser cultivos en áreas agrícolas y bosques (CABI, 2018g). En Argentina los árboles de cítricos que se encuentran en áreas abiertas son preferidos como sitios de percha, por lo que muchas zonas ahora colonizadas por *L. lucidum* eran anteriormente hortalizas de cítricos (Aragón y Groom, 2003; Gavier-Pizarro *et al.*, 2012). Es considerada como una maleza escapada de cultivos (Randall, 2012).

3.04. Maleza ambiental (campo)

R= Sí (4). Se le considera una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos (Randall, 2012; NRCS-USDA, 2019g; ver Estatus). Como planta adulta provoca condiciones de poca luminosidad al crecer en matorrales compactos, densos, creando con ello una exclusión de la mayoría de las especies nativas y obstaculizando su regeneración. *L. lucidum* contribuye a la mortalidad de árboles jóvenes nativos y excluye a las especies nativas de los bosques (Aslan *et al.*, 2012). Se le considera una maleza ambiental dañina que la gente debe controlar (ver Estatus).

3.05. Relación filogenética cercana con especies de malezas

R= Sí (2). Otras especies del mismo género como *L. robustum* y *L. sinense* son altamente invasivas en otras áreas tropicales y subtropicales (Aragón y Groom, 2003). *Ligustrum japonicum* se ha clasificado como maleza en Texas, EUA (TIPPC, 2007); *Ligustrum obtusifolium*, está clasificada como maleza en todo EUA por State noxious weed lists for 46 states; en Connecticut, Massachusetts y New Hampshire tiene el estatus de maleza nociva (NRCS-USDA, 2019g); *Ligustrum ovalifolium*, está clasificada como maleza en todo EUA por State noxious weed lists for 46 states; en Connecticut tiene el estatus de maleza nociva (NRCS-USDA, 2019g); *Ligustrum quihoui*: se ha clasificado como maleza en Texas, EUA (TIPPC, 2014); *Ligustrum sinense*, es clasificada como maleza en EUA por Florida Exotic Pest Plant Council y por Southeast Exotic Pest Plant Council (NRCS-USDA, 2019g); *Ligustrum vulgare*, es clasificada como maleza en EUA por Southeast Exotic Pest Plant Council y por Wisconsin for ecologically invasive plants; en Connecticut tiene el estatus de maleza nociva (NRCS-USDA, 2019g).

Biología/Ecología

4. Rasgos indeseables

4.01. Produce espinas, o estructuras ganchudas

R= No (0). No presentan estas estructuras (ver apartado de Descripción de la especie).

4.02. Alelopática

R= Sí (1). en *L. lucidum*. Se ha mencionado que esta planta puede afectar el reclutamiento por medio de procesos bajo tierra, más que por competencia de nutrientes, como alelopatía (Lichstein *et al.*, 2004). Sin embargo, se ha identificado experimentalmente un efecto alelopático de *L. lucidum* sobre lechuga, aunque de baja intensidad (Appiah *et al.*, 2015). No obstante, la especie si presenta el potencial alelopático.

4.03. Parásita

R= No (0). Es una planta de crecimiento arbóreo (ver apartado de Descripción de la especie).

4.04. No adecuado para animales de pastoreo

R= No (-1). No hay información sobre este aspecto.

4.05. Tóxica a animales

R= No (0). No hay registros de que *L. lucidum* sea tóxica para animales. Hay registros en la zonas de invasión de que su fruto es consumido por aves frugívoras (Aragón y Groom, 2003; Gavier-Pizarro *et al.*, 2012).

4.06. Hospedero de plagas o patógenos reconocidos

R= Sí (1). Siendo *Ligustrum lucidum* hospedero de algunas plagas de hemípteros pentatomidos en cultivos tropicales y templados, pueden afectar la economía de las zonas de los cultivos de presentarse la plaga; estas plagas son *Nezara viridula* (L.), *Plautia affinis* Dallas y *Glaucias amyoti* (Dallas) (McGregor, 2000; Coombs, 2004).

4.07. Causa alergias o es tóxico para los humanos

R= Sí (1). El polen del género *Ligustrum* es una de las fuentes principales de alérgicos inhalantes asociados a enfermedades respiratorias. En Nueva Zelanda el género ya ha sido prohibido por presentar casos severos de alergias (Mani *et al.*, 2015; ver Impactos a la Salud).

4.08. Crea un riesgo de incendio en sistemas naturales

R= No (0). No hay reportes.

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

R= Sí (1). Las semillas de *L. lucidum* germinan y las plántulas pueden sobrevivir en condiciones sombreadas en los sotobosques, teniendo sombra permanente (Aragón *et al.*, 2013; Aguirre-Acosta *et al.*, 2014). Por ello, se le ha reportado como relativamente tolerante a la sombra y de rápido crecimiento aún en la oscuridad del sotobosque (ver Ecología).

4.10 Crece en suelos de México

R= Sí (1). De acuerdo a los registros en la base de datos del proyecto, *L. lucidum* crece en México en suelos del tipo leptosol, regosol, phaeozem, vertisol, calcisol y gleysol (Apéndice 4).

4.11. Hábito trepador

R= No (0). El trueno es un árbol (ver apartado de Descripción).

4.12. Crecimiento cerrado o denso

R= Sí (1). *L. lucidum* coloniza, se establece y se vuelve dominante, volviéndose un matorral denso, con lo que el dosel reduciendo la disponibilidad de luz abajo. Provoca condiciones de poca luminosidad, creando exclusión de la mayoría de las especies nativas y obstaculizando su regeneración (Aslan *et al.*, 2012). Asimismo, la disponibilidad limitada de luz y humedad del suelo disminuyen, con lo que también los procesos de descomposición (Aragón *et al.*, 2013; ver Ecología).

5. Tipo de planta

5.01. Acuática

R= No (0). Es un árbol terrestre. Ver apartado de Descripción.

5.02. Pastos (Poaceae)

R= No (0). Es un árbol terrestre. Ver apartado de Descripción.

5.03. Plantas fijadoras de Nitrógeno

R= No (0). Ver apartado de Descripción y Biología e Historia Natural.

5.04. Geófito

R= No (0). Ver apartado de Descripción.

6. Reproducción

6.01. Evidencia de bajo éxito reproductivo en su lugar de origen

R= No (0). No hay reporte de estas evidencias (ver apartado de Biología e Historia Natural).

6.02. Produce semillas viables

R= Sí (1). La viabilidad de las semillas del *L. lucidum* es alta, superior al 90% (Swarbrick *et al.*, 1999; ver Ecología).

6.03. Hibrida de manera natural

R= No (-1). No hay reportes (ver apartado de Biología e Historia Natural).

6.04. Autofecundación

R= Sí (1). *Ligustrum lucidum* es hermafrodita y tiene un sistema de cruce mixto, donde la combinación de tener autocompatibilidad (por lo que puede haber autofertilización) con la producción de flores masiva, asegura facultativamente la reproducción vía autógama y geitonogama (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014; ver Biología).

6.05. Requiere de polinizadores especialistas

R= No (0). No se reportan polinizadores especialistas.

6.06. Reproducción vegetativa

R= Sí (1). *L. lucidum* se puede reproducir por propagación vegetativa, pudiendo rebrotar por ramas desprendidas (CABI, 2018g; ver Biología).

6.07. Tiempo generacional mínimo

R= (0) *L. lucidum* inicia la reproducción dentro de los 2-3 primeros años, estimado por el DAP (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014).

7. Mecanismos de dispersión

7.01. Los propágulos probablemente puedan ser dispersados no intencionalmente

R= Se desconoce. No existe evidencia de que esto ocurra (ver apartado Rutas de introducción).

7.02. Los propágulos se dispersan intencionalmente por el humano

R= Sí (1). Son los humanos el principal vector para la dispersión de larga distancia de *L. lucidum*, a través del comercio directo o por la conformación de cultivos (CABI, 2018g) (ver apartados de Rutas de introducción e Historia de la comercialización)

7.03. Los propágulos pueden ser dispersados como contaminantes de productos

R= No (-1). No existe evidencia.

7.04. Propágulos adaptados a dispersarse por el viento

R= No (-1). Cada fruto del trueno tiene 1-3 semillas en forma de riñón con superficie acanalada (Sankaran y Suresh, 2013).

7.05. Propágulos con capacidad de flotación exclusivamente en ambientes terrestres

R= No (-1). No hay evidencia, pero es factible que las ramas de *L. lucidum* puedan 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.

7.06. Propágulos dispersados por aves

R= Sí (1). Las aves se alimentan de los frutos de *L. lucidum* dispersando las semillas (ver Ecología).

7.07. Propágulos dispersados por animales (de manera externa)

R= No (-1). No hay evidencias.

7.08. Propágulos dispersados por animales (de manera interna)

R= Sí (1). Las aves se alimentan de los frutos y transportan las semillas internamente depositándolas posteriormente en algún otro lado (Aragón y Groom, 2003; Ferreras *et al.*, 2008; Gavier-Pizarro *et al.*, 2012).

8. Atributos de persistencia

8.01. Producción de semillas prolífica

R= Sí (1). *L. lucidum* tiene una elevada producción de semillas, estimando que se producen entre 1,710,000 a 5,130,000 semillas por árbol por temporada (Aslan *et al.*, 2012; Sankaran y Suresh, 2013; ver Biología).

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

R= Sí (1). Se ha reportado que las semillas de *L. lucidum* pueden persistir hasta por 2.5 años, aunque sea más común 12 meses, teniendo una supervivencia en el tiempo de más de 90% (Panetta, 2000; ver Biología) (ver apartado de Biología e historia natural).

8.03. Es controlado por herbicidas

R= Sí (-1). Los herbicidas como 2,4,5-T éster, glifosato, triclopir, dicamba y metasulfuron-metilo son efectivos en controlar a *L. lucidum*; existen otros herbicidas con distinto grado de efectividad (Sankaran y Suresh, 2013; ver Control y mitigación).

8.04. Es tolerante o se beneficia de mutilación, corte, cultivo o fuego

R= Sí (1). Al reproducirse de manera vegetativa, si se dejan ramas o las raíces de *L. lucidum* se beneficia del corte. Es capaz de rebrotar de ramas desprendidas (Ayup *et al.*, 2014).

8.05. Enemigos naturales efectivos en México

R= No (1). No hay evidencia para México.

8. Riesgo de invasión de *Ligustrum lucidum* en función de la similitud climática

Ligustrum lucidum presenta un elevado riesgo de invasión considerando la similitud climática que hay en México con las áreas de su distribución nativa, solo en algunas zonas localizadas en la sierra Madre Occidental y localizada en la Oriental (Fig. 70a). Si consideramos la presencia por región invadida actualmente, se expande el riesgo de invasión por similitud climática, siendo alto en la mayor parte de la sierra Madre Occidental y localizada en la Oriental, bajando hasta Oaxaca, con algunas pequeñas zonas muy localizadas en la península de Baja California (Fig. 70b). No queda restringida ni limitada su zona de invasión, sobre todo en el caso de considerar la región invadida. Para Norteamérica el riesgo es alto en la zona sureste, más allá de la costa, y en Florida y Carolina del Sur; en la parte central tiene un riesgo en Arizona, y en la zona del Pacífico, en California y Oregón; para Centroamérica el riesgo es bajo, entrando solo en parte de Guatemala (Fig. 70c).

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 2). Asimismo, se denota la variedad de climas que le son adecuados en México (Apéndice 2).

Ligustrum lucidum

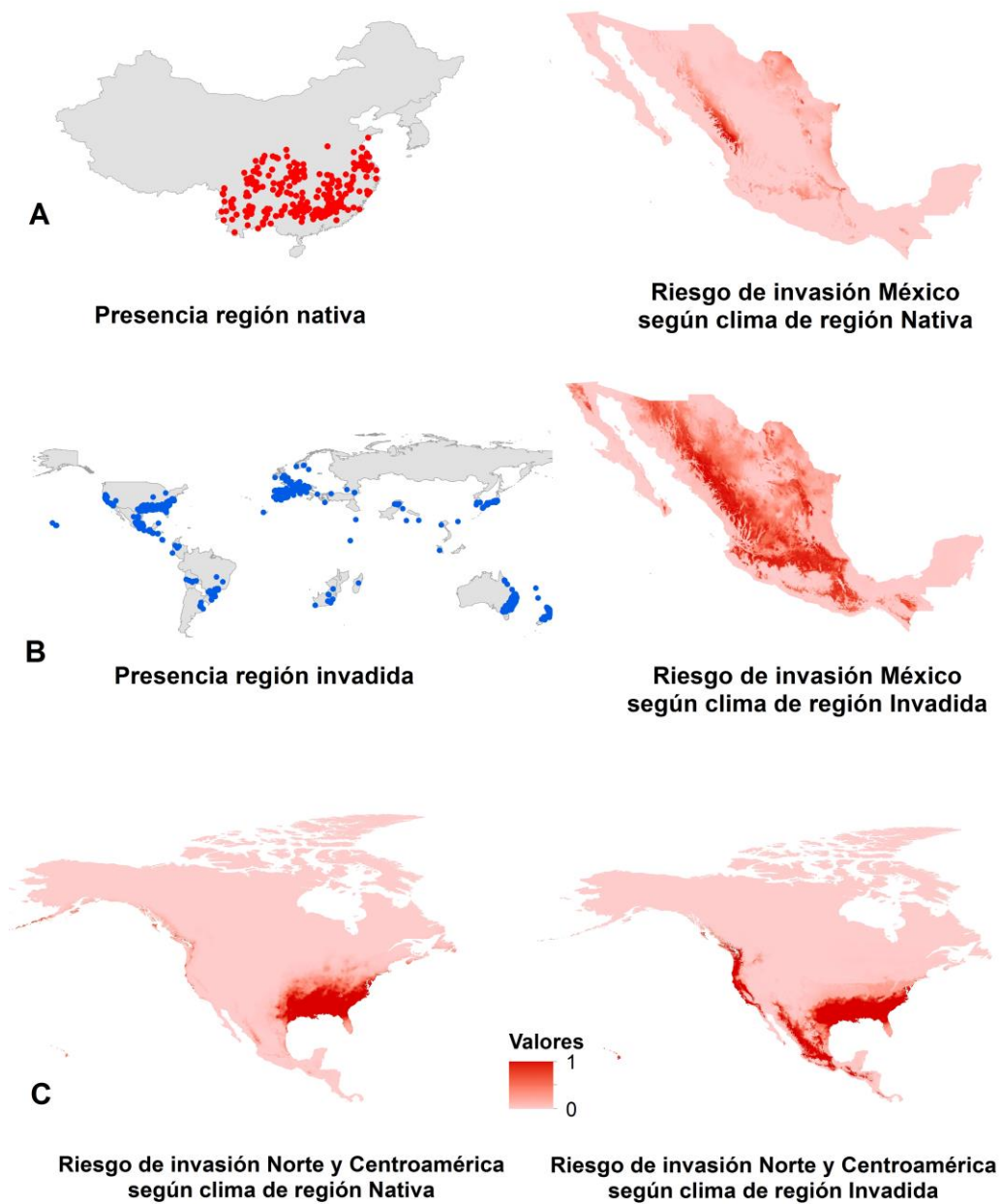


Figura 70. Modelos de Maxent para *Ligustrum lucidum* calibrados en su región nativa (A) y de invasión (B) y proyectados a Norte y Centroamérica (C); notar el riesgo para México dentro de esta región; notar el riesgo para México dentro de esta región. Los mapas de distribución geográfica potencial de la derecha indican las áreas con condiciones climáticas y topográficas adecuadas para el establecimiento de *Ligustrum lucidum*. Los puntos rojos y azules representan la presencia de la especie en la región nativa e invadida respectivamente.

9. Resultado del Análisis de riesgo de *Ligustrum lucidum*

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, con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.* (2010)) para *Ligustrum lucidum* fue de **27**. Debido a que el puntaje es mayor que 6 (ver Anexo 1 sobre estos valores), el taxón debe ser **Rechazado**.

10. 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 *Ligustrum lucidum* debe ser **rechazada** y considerada como una especie invasora (maleza) 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. De acuerdo al riesgo de invasión obtenido por modelación en función de la similitud climática, se denota que la mayor parte de la sierra Madre Occidental y ciertas zonas en la Oriental, bajando hasta Oaxaca, con algunas pequeñas zonas muy localizadas en la península de Baja California presentan un elevado riesgo de invasión.

Koelreuteria paniculata

1. Introducción

Koelreuteria paniculata es originaria de China, Corea del Sur y Japón. Es una planta arbórea que puede medir 10 m de altura en promedio, pero llega a 15 m. Aunque no se tiene mucha información sobre las características climáticas y tipos de ambiente, se puede considerar que su adaptabilidad a ambientes es amplia debido a que se encuentra en altitudes entre 300 a 3,800 msnm, por la variabilidad de las precipitaciones en las zonas, y por el rango de pH que soporta así como por ser resistente a las sequías; lo anterior junto a características intrínsecas de la planta la hacen potencialmente invasiva. Los usos que se le dan son sobre todo ornamentales. Se ha introducido y establecido en 32 países, incluyendo a México, donde se tienen registros en 5 estados. Prácticamente no se ha estudiado en México. *K. paniculata* se incluye en el Compendio Global de Malezas. Sin embargo, no aparece en el listado de árboles invasores de Richardson (2011) ni en CABI. Se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva introducida en 19 estados. Se le considera como una maleza, invasora, naturalizada, que escapa del cultivo; es también considerada como una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos; es una maleza dañina en cultivos, por lo que tiene afectaciones económicas; se recomienda inclusive cuarentena.

1.1 Taxonomía

***Koelreuteria paniculata* Laxm.**

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Orden: Sapindales Juss. ex Bercht. & J. Presl

Familia: Sapindaceae Juss.

Género: *Koelreuteria* Laxm.

Especie: *Koelreuteria paniculata* Laxm.

1.1.1 Sinónimos

Koelreuteria apiculata Rehder & E.H. Wilson

Koelreuteria bipinnata var. *apiculata* (Rehder & E.H. Wilson) F.C. How & C.N. Ho

Koelreuteria chinensis (Murray) Hoffmanns

Koelreuteria paniculata var. *apiculata* (Rehder & E. H. Wilson) Rehder

Koelreuteria paniculata var. *lixianensis* H.L Tsiang

Sapindus chinensis Murray

1.1.2 Nombres comunes

Español: Árbol de los farolitos, jabonero de China, jabonero chino, jabonero de la India, farolito chino, farolillos, paraíso chino, paraíso de China, koelreuteria, árbol de barniz, flor de China, Golden rain tree (Bautista-Domínguez, 2010); sombrilla japonesa (Hernández-Peña y García-Solís, 2016).

Inglés: Goldenrain tree, Panicked goldenrain tree (Tian *et al.*, 2009; NRCS-USA, 2019h).

Otros, Portugués: en Brasil es conocido como Coeleutéria (Biondi y Muller, 2012)

1.2 Descripción

Koelreuteria paniculata es un árbol decíduo de aproximadamente de 10 m de altura que puede llegar a medir hasta 14 m, con 50 cm de diámetro. Tiene corteza gruesa pardo-oscura o pardo-negrucza, rugosa y agrietada, presenta lenticelas grises a marrón oscuro, pequeñas.

Las ramas son glabras, ocasionalmente puberulentas debajo de la inflorescencia. Hojas compuestas alternas, pinnadas o raramente bipinnadas, de 15-50 cm de largo y de 10 a 25 de ancho; el raquis generalmente es glabro en la parte inferior, con vellosidad dispersa en la parte superior; con 7-18 foliolos de 3-8 cm, gruesa e irregularmente aserrada, a menudo hendidas o lobadas en la parte inferior. Las yemas vegetativas terminales de la planta pueden permanecer latentes durante varios años, dando un aspecto característico a las ramitas. Inflorescencia racimosa de 25 a 30 cm de largo, muy ancha, densamente puberulenta, especialmente en las ramitas definitivas y con glándulas dispersas. Normalmente las flores son unisexuales, asimétricas, las aperturas de los apéndices de las flores jóvenes aparecen uniformemente amarillas, del mismo color que la extremidad del pétalo, mientras que la antesis se torna rojo anaranjado brillante, cuando aparecen varios polinizadores, con cáliz hendido de 5 lóbulos desiguales, corola con 4 pétalos alargados, revueltos, de limbo con base acorazonada y con dos apéndices curvados hacia arriba en la punta inferior; 8 estambres, a veces menos, ovario súpero, estilo dividido en 3 ramas. El fruto es una cápsula cartácea, de 3 ángulos, 3 válvulas, dehiscentes, ovoides, agudas, redondeadas en la base, glabras, de 4-5 cm de largo, de 2.5-3 cm de ancho, pardo-amarillento con paredes papiráceas, que lleva 3 semillas negras y redondeadas, son duras y lisas, con una cubierta de semilla ósea, miden 7 mm de ancho. Polen isopolar, de simetría radial, circular o ligeramente elíptico en v.e. y triangular angulaperturado de aristas casi rectas en v.p. Tiene un tamaño que oscila del pequeño al mediano (22-26 μm x 24-28 μm). De apertura es colporado a tricolporado. Exina de 1.5 a 2.5 μm de grosor (Ohwi, 1965; Meyer, 1976; López-González, 2004; Mari-Herguido, 2017).

1.3 Biología e historia natural

Para esta especie en particular, se encontró poca información sobre su biología y ecología.

1.3.1 Biología

Koelreuteria paniculata tiene los dos tipos de reproducción, sexual y asexual; se reproduce tanto por semillas como por esquejes y por división de su raíz (Guillot-Ortiz, 2009).

Las flores de *Koelreuteria paniculata* son hermafroditas (Meyer, 1976; PFAF, 1996). Este árbol florece en su rango nativo de julio a agosto y las semillas maduran de septiembre a octubre (PFAF, 1996). En Kashmir Himalaya, India, rango de introducción exótico, florece entre mayo y junio (Khuroo *et al.*, 2011), correspondiendo con la época de lluvias.

Cada vaina contiene hasta 3 semillas (Meyer, 1976). Referencias indican que la producción de semillas es prolífica, pero no presentan datos. Por ejemplo, se comenta que en climas cálidos, *K. paniculata* produce una gran cantidad de semillas y debajo del árbol madre siempre hay plántulas (Christman, 2007).

Las semillas tienen doble latencia, tanto exógena como endógena. Por ello, la presencia de una cubierta de semilla dura e impermeable al agua (exógena) y la latencia del embrión (endógena) favorecen que la germinación no se dé antes de tiempo ni en sitios en que las condiciones no son las adecuadas para germinar; lo anterior protege a las semillas para evitar mortalidad en la germinación, pero ha hecho en algunos casos que la regeneración natural de este árbol sea complicada (Rehman y Park, 2000).

Las semillas almacenadas pueden permanecer viables hasta por 10 años, con 50% de germinación posteriormente (Meyer, 1976). En Chile, rango de introducción, las semillas comercializadas de *K. paniculata* tienen 56% de germinación (considerando la proporción en un kilo de semillas; Campos, 1999). Se ha estimado que en 1 kg hay 8,650 semillas de *K. paniculata* (Campos, 1999). Por ello, se estimaría que de 8,650 semillas germinarán 4,844.

En un estudio en Coahuila se evaluó el efecto de tres tipos de sales ($MgCl_2$, $CaCl_2$, $NaCl$) a cuatro diferentes niveles de salinidad y un control (agua destilada) en la etapa de germinación de la semilla de *K. paniculata*. Se encontró que las semillas fueron tolerantes a la salinidad, pero a grandes concentraciones de salinidad, las sales pueden causar toxicidad y latencia en relación a la germinación de las semillas. La germinación fisiológica sin condiciones de salinidad fue de 92%, en cambio, a concentraciones de 3 y 5dS m^{-1} de

CaCl₂, MgCl₂ 7dS m⁻¹ y NaCl a 3dS m⁻¹ fue de 96 % de semillas germinadas a 21 días (Bautista-Domínguez, 2010).

Se ha encontrado que la germinación de la semilla se ve afectada por el estrés hídrico, reduciendo su porcentaje hasta en 65, 73, 83 y 87% a un potencial hídrico de -2, -4, -6 y -8 Bar, respectivamente; el porcentaje de germinación inicial fue de 23.5% en semillas control (Sevik y Cetin, 2015).

K. paniculata soporta un pH mínimo de 4.5 y máximo de 8 (NRCS-USDA, 2019h).

Hay variaciones en el crecimiento de esta especie en relación al sitio, habiéndose registrado que bajo condiciones de invernadero, las poblaciones de plántulas de China crecen más rápido que las de costas japonesas y coreanas (Dosmann y Whitlow, 2006).

La variedad cultivada más común es Fastigiata, crece más lento y forma un árbol columnar (las ramas más o menos paralelas al tronco) de 8 m. La planta es rara en jardines y se presenta solo ocasionalmente en viveros (Meyer, 1976). La variedad September Gold es una forma norteamericana que nació de la selección de plantas que florecen y terminan de florecer en agosto y principios de septiembre en Indiana y Washington, DC. Se considera menos resistente al frío que la especie silvestre (Meyer, 1976).

1.3.2 Ecología

Koelreuteria paniculata es originaria de ambientes tropicales húmedos (Pimienta-Barrios *et al.*, 2012). En China, región nativa, ocurre principalmente en las regiones subtropicales templadas (Li *et al.*, 2016). Crece principalmente en cursos de ríos, bosques abiertos, laderas de montañas rocosas y valles con suelos bien drenados (Mari-Herguido, 2017). En su rango nativo, sus hábitats se encuentran principalmente en los bosques naturales de *Zelkova serrata* desarrollados en acantilados pedregosos orientados de Este a Sur a lo largo de las costas y a lo largo del río Kitagami-gawa en la Prefectura de Miyagi, Japón (Sasaki y Ohashi, 2007). A menudo se naturaliza cerca de las playas (Ohwi, 1965).

K. paniculata crece en una amplia gama de suelos, tales como suelos ligeros (arenosos), medios (francos) y pesados (arcillosos); puede crecer en suelos deficientes nutricionalmente, y en suelos ácidos, neutros y básicos (alcalinos). Crece en suelos con drenaje deficiente y compactados, prefiere suelo seco o húmedo y es resistente a la sequía (Gilman y Watson, 1993; PFAF, 1996). En las tierras bajas del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, México, los tipos de suelo predominantes son los regosoles y los litosoles, que se convierten en rendzinas y xerosoles; en los valles entre montañas, así como las llanuras bajas, son principalmente vertisoles arcillosos, con frecuencia con altos contenidos de carbonato de calcio y drenaje deficiente (Estrada-Castillón *et al.*, 2013).

Se realizó un estudio en árboles de dos años de edad de *K. paniculata* entre otras especies nativas y exóticas en Guadalajara, México, para probar si eran resistentes a los meses de sequía de la región. En el mes más seco, *K. paniculata* tuvo mayor contenido relativo de agua que las otras especies, pero fue el que más clorofila perdió, que es un síntoma de estrés fisiológico por sequía (Pimienta-Barrios *et al.*, 2012).

La planta puede tolerar fuertes vientos, pero no la exposición marítima (PFAF, 1996).

Aunque no se dan datos particulares del clima en la distribución de la especie, en un sitio 50 km al norte de Xiangtan, Hunan, China se plantaron de manera exitosa árboles de *K. paniculata*. La temperatura media anual del lugar es de 17.4°C y la precipitación anual de 1,431.4 mm (Tian *et al.*, 2009).

<i>Koelreuteria paniculata</i>	Rango nativo	Rango de invasión
Ecología	<p>En su rango de distribución natural, se encuentra a elevaciones de 300 a 3,800 msnm.</p> <p>En la cuenca hidrográfica del río Nujiang, Provincia occidental de Yunnan, en China, crece por encima de los 2,000 m de altitud (Li <i>et al.</i>, 2016).</p>	<p>En Kashmir Himalaya, India, se encuentra a una altura de 1,600–1,700 msnm (Khuroo <i>et al.</i>, 2011).</p> <p>En el Parque Nacional Cumbres de Monterrey, México se encuentra en un rango de altitud de 600 a 3,400 msnm (Estrada-Castillón <i>et al.</i>, 2013).</p>

	<p>No se reportan temperaturas promedio para su rango de distribución nativo.</p>	<p>En las pendientes de barlovento del parque Parque Nacional Cumbres de Monterrey, México, el árbol crece en un clima semicálido-subhúmedo (A [C]w) con 18°C de temperatura media anual (Estrada-Castillón <i>et al.</i>, 2013).</p> <p>En las laderas de sotavento al oeste y sur del parque, crece en un clima árido cálido (BS) y árido semicálido (Bw) con una temperatura media anual de 18°C (Estrada-Castillón <i>et al.</i>, 2013).</p> <p>En las áreas méxicas del parque, el árbol se encuentra por encima de las pendientes de barlovento, en un clima templado-subhúmedo, con una temperatura media anual de 12-18°C (Estrada-Castillón <i>et al.</i>, 2013).</p>
	<p>Soporta una precipitación mínima de 450 mm y máxima de 800 mm (NRCS-USDA, 2019h).</p>	<p>En las pendientes de barlovento del parque Parque Nacional Cumbres de Monterrey, México, <i>K. paniculata</i> recibe una precipitación media anual de 1,000 a 1,200 mm (Estrada-Castillón <i>et al.</i>, 2013).</p> <p>En las laderas de sotavento al oeste y sur del parque, el árbol recibe una precipitación media anual de 400 mm (Estrada-Castillón <i>et al.</i>, 2013).</p> <p>En las áreas méxicas del parque, <i>K. paniculata</i> recibe una precipitación media anual de 1,500 mm (Estrada-Castillón <i>et al.</i>, 2013).</p>

En México, en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey, México, *K. paniculata* se presenta en las tierras bajas en suelos predominantes son regosoles y los litosoles, que se convierten

en rendzinas y xerosoles; en los valles entre montañas, así como las llanuras bajas, son principalmente vertisoles arcillosos, con frecuencia con altos contenidos de carbonato de calcio y drenaje deficiente (Estrada-Castillón *et al.*, 2013).

Las semillas se dispersan mediante el viento (Toscan *et al.*, 2017).

Las abejas e insectos pequeños son los polinizadores usuales de *K. paniculata* (Meyer, 1976; PFAF, 1996).

Se ha observado en el oeste de Massachusetts que *K. paniculata* le sirve como alimento alternativo al conejo cola de algodón, *Sylvilagus floridanus mallurus*, en la época de invierno (Sweetman, 1949).

Sirve como hospedero para el insecto chinche rojinegra, *Jadera haematoloma* que se alimenta exclusivamente de las semillas maduras y casi maduras de las plantas en Florida y Oklahoma (Carroll y Boyd, 1992).

Koelreuteria paniculata es susceptible a los nemátodos del nudo de la raíz *Meloidogyne arenaria*, *M. hapla*, y *M. javanica* y tolerante a *M. incognita*, los cuales pueden detener el crecimiento de las plantas jóvenes y desarrollar enfermedades (Santamour y Riedel, 1993). *K. paniculata* está en realidad sujeta a pocas enfermedades. Un cancro (úlceras en la corteza) causa áreas muertas y hundidas en la corteza. En la corteza enferma se desarrollan cuerpos fructíferos de color rosa coral. También puede ser atacado por *Verticillium wilt*, enfermedad que causa marchitamiento y muerte de las hojas en las ramas infectadas. Eventualmente el árbol entero puede morir (Gilman y Watson, 1993). Puede ser infectado por fitoplasmas amarillos de aster (Aster Yellows); estos fitoplasmas están más comúnmente asociados a la flora de Corea, país donde es ampliamente cultivado (Kamala-Kannan *et al.*, 2010).

Las semillas de *K. paniculata* son atacadas por un hemíptero en EUA (rango de invasión), *Jadera haematoloma* (Hemiptera), afectando su reproducción en Florida, Oklahoma y Nuevo Mexico (Carroll y Loye, 1987).

El árbol se ha cultivado con éxito en áreas urbanas donde hay contaminación del aire (Gilman y Watson, 1993).

1.3.3 Especies con las que *Koelreuteria paniculata* puede hibridar

Hay un híbrido conocido como “Rose lantern”: *Koelreuteria paniculata* x *Koelreuteria bipinnata* (Santamour y Spongberg, 1996). Se señala que este híbrido se logra de forma inducida y se recomienda hacerlo por brotes (Santamour y Spongberg, 1996).



a) Flor asimétrica de *Koelreuteria paniculata*. Autor: Peter Kirkland – www.plantfile.com.^{PA}



b) Flor asimétrica de *K. paniculata*. Autor: Thomas Koffel^{CC}



c) Flores e inflorescência de *Koelreuteria paniculata*. Autor: Wouter Hagens^{DP}.



d) Inflorescencia paniculada de *K. paniculata*. Autor: Fangong^{CC}.



e) Inflorescencia paniculada de *K. paniculata*. Autor:

Figura 71. Flores e inflorescencias de *Koelreuteria paniculata*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Frutos verdes en capsulas cónicas. Autor: Ronald van der Graaf^{CC}.



b) Frutos verdes en capsulas cónicas. Autor: Margrit^{CC}.



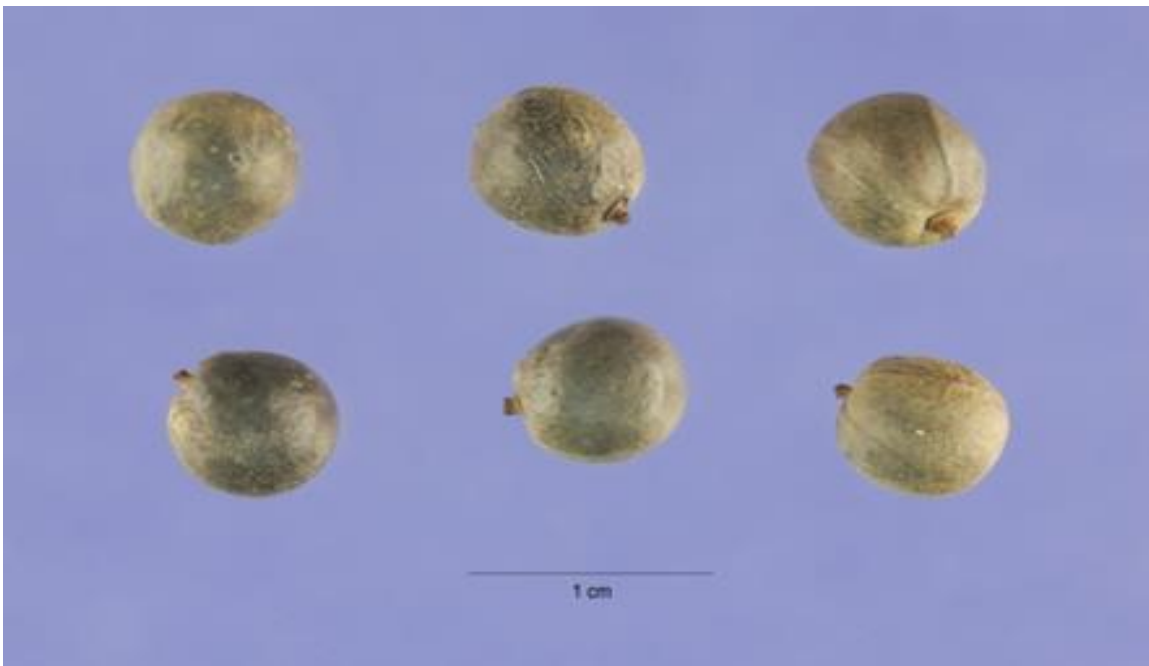
c) Frutos secos de *K. paniculata*. Autor: Andrey H^{CC}.



d) Frutos maduros de *K. paniculata*. Autor: Rachid Zharkikh^{CC}.



e) Frutos secos y abiertos de *K. paniculata*. Autor: Greg Blick^{CC}.



f) Semillas redondas de color marrón oscuro. Autor: Steve Hurst^{CC}.

Figura 72. Frutos de *Koelreuteria paniculata*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Brotes foliares. Autor: Ronald van der



b) Brotes foliares. Autor: Sara Rall^{CC}.



c) Hojas alternas compuestas imparipinnadas.
Autor: Wouter Hagens^{DP}.



d) Hojas alternas compuestas imparipinnadas.
Autor: Jed Aplaca^{CC}.



e) Hojas alternas compuestas imparipinnadas. Autor: Andy Newman^{CC}.

Figura 73. Detalles de las hojas de *Koelreuteria paniculata*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.



a) Corteza rugosa de árbol adulto. Autor: Peter Kirkland -www.plantfile.com.^{PA}



b) Rama de *Koelreuteria paniculata*. Autor: Greg

Figura 74. Detalles de la corteza y de rama de *Koelreuteria paniculata*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.





Figura 75. Plántulas y árboles de *Koelreuteria paniculata*. ^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

1.4 Estatus

Koelreuteria paniculata es descrita como nativa de China, Corea del Sur y Japón. Se ha propuesto que *K. paniculata* solo era nativa de China (Meyer, 1976), que no lo era ni de Corea ni de Japón, que allí solo se habían naturalizado. Sin embargo, por un estudio hecho en 2007 con poblaciones silvestres de *K. paniculata* se concluyó que sí es nativa de Japón (Sasaki y Ohashi, 2007). Se ha introducido y establecido en 32 países incluyendo a México, donde se tienen registros en 5 estados. La especie se encuentra catalogada en las leyes de 3 países como invasora. *K. paniculata* se incluye en el Compendio Global de Malezas (Randall, 2012). No aparece sin embargo ni en el listado de árboles invasores de Richardson (2011) ni en CABI. Se encuentra en las listas de especies invasoras de EUA como una maleza nociva introducida en 19 estados (<https://plants.sc.egov.usda.gov/core/profile?symbol=KOPA>). Se le considera como una planta de interés para cultivo y para comercio forestal; es una maleza, invasora, naturalizada, que escapa del cultivo; es también considerada como una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos; puede ser tóxica en ambientes terrestres; es contaminante; es dañina en cultivos, por lo que tiene afectaciones económicas; se recomienda a la gente que la controle, inclusive se recomienda cuarentena (Randall, 2012).

1.4.1 Distribución nativa

Es una especie nativa de China, Corea del Sur y Japón (Sasaki y Ohashi, 2007; Bautista-Domínguez, 2010; USDA-ARS, 2018) (Fig. 76).

1.4.2 Distribución de invasión

Se ha introducido como especie exótica en países con climas tropicales húmedos, pero también templados, áridos y semiáridos, en Australia, Alemania, Austria, Bélgica, Brasil, Bulgaria, Canadá, Checoslovaquia, Chipre, Croacia, Cuba, España, Estados Unidos de América, Francia, Grecia, Hungría, India, Inglaterra, Irlanda, Israel, Italia, Líbano, Macedonia (antiguamente Yugoslavia), Nueva Zelandia, Países Bajos, Portugal, Rusia, Sudáfrica, Túnez, Turquía, Vietnam y México (Weaver, 1974; Meyer, 1976; Bautista-Domínguez, 2010; CRC, 2013; Ferrer-Gallego, 2016; DAISIE, 2019c; Tropicos 2019) (Fig. 76).

En Norte América, en EUA ocurre en Idaho, Utah, Texas, Kansas, Missouri, Louisiana, Tennessee, Alabama, Kentucky, Illinois, Indiana, Ohio, Florida, Carolina del Norte, Virginia, Pennsylvania, New Jersey, Massachusetts y Nueva York (NRCS-USDA, 2019h).

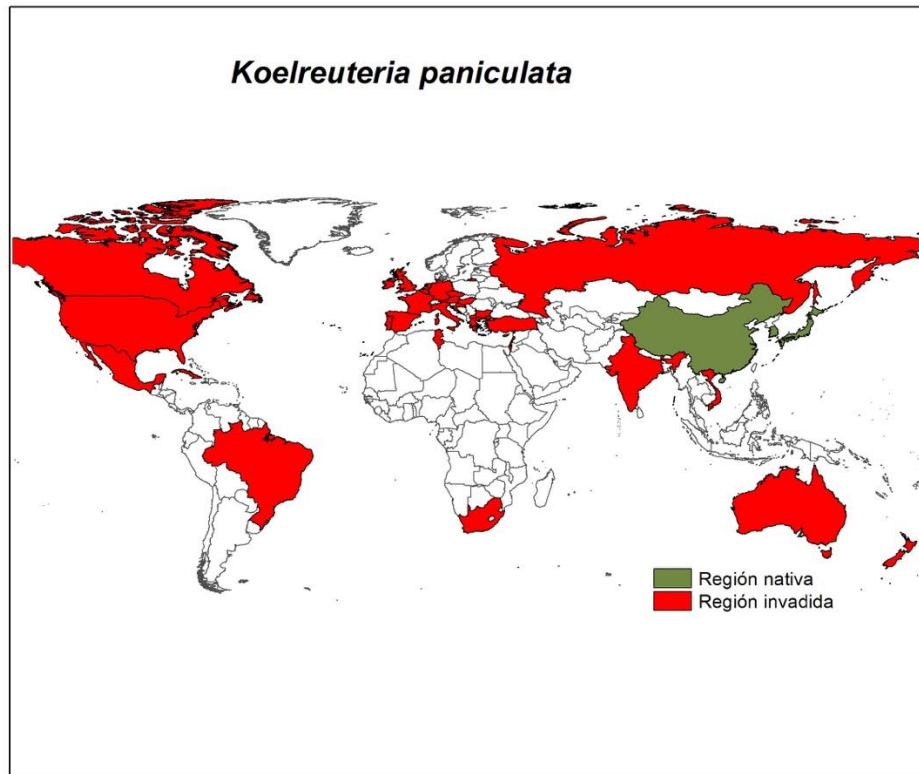


Figura 76. Mapas mostrando la distribución nativa de *Koelreuteria paniculata*, así como en los países donde se le ha introducido y es exótica, invasora. Fuente: elaboración con base en los registros indicados en los apartados de distribución nativa y de invasión.

1.4.3 Distribución en México

Se encuentra en México en Chihuahua, Coahuila, Jalisco, Michoacán y Nuevo León (base de datos del proyecto) (Fig. 77).

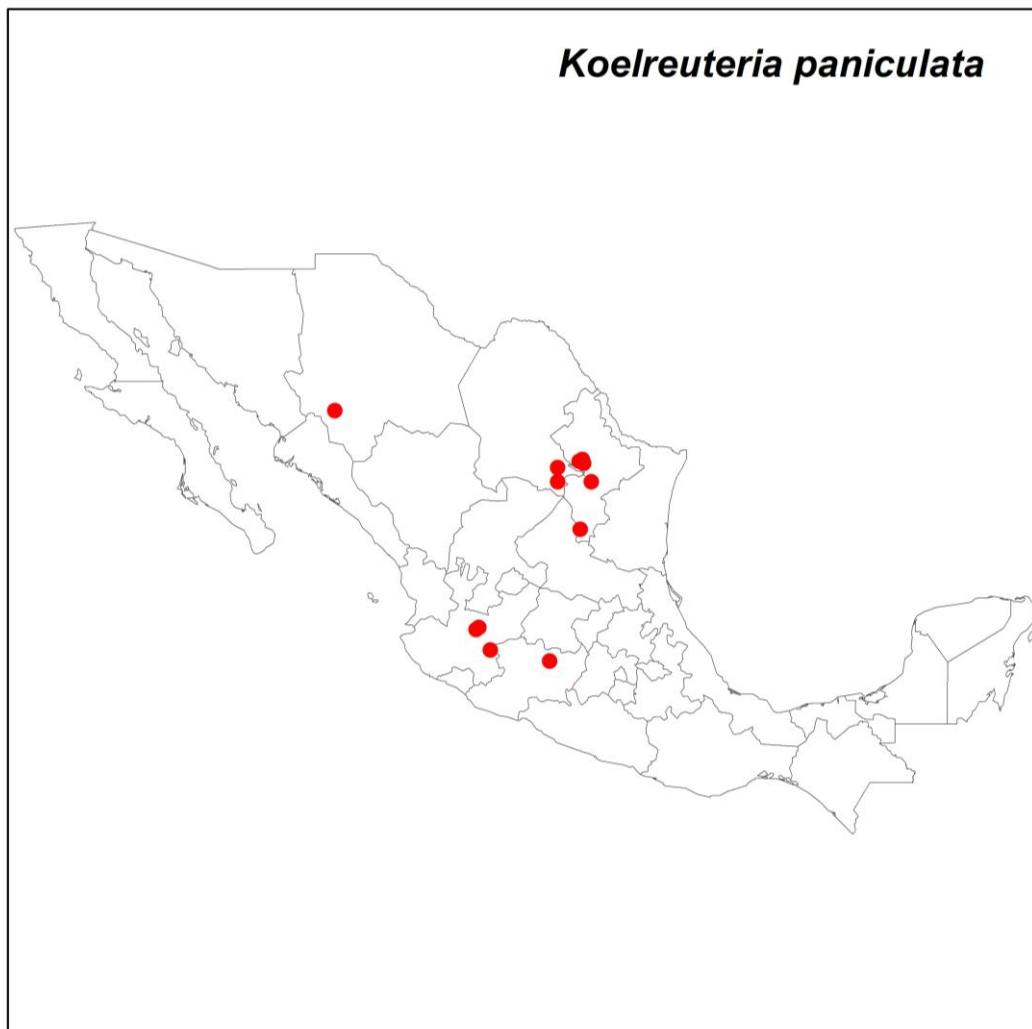


Figura 77. Mapa mostrando la distribución de *Koelreuteria paniculata* en México, por estados. Fuente: registros de la base de datos del proyecto.

2. Rutas de introducción

Las semillas de *K. paniculata* son dispersadas por el viento (Toscan *et al.*, 2017), y las vainas flotan por lo que pueden ser transportadas por el agua; los esquejes y raíces pueden ser transportadas por el agua, flotando cuando se presentan lluvias torrenciales (ver potencial

de dispersión). Las semillas y plántulas y plantas se transportan por la gente, para comercio, siendo la propagación intencional. En México se venden las plantas y semillas. Debido a que se le considera una planta ornamental así como medicinal, la propagación de *K. paniculata* se ha incrementado, vendiéndola en viveros (ver Usos y comercialización).

El cultivar Fastigiata se originó como una plántula accidental en el Real Jardín Botánico, de Kew de Londres, a partir de semillas provenientes de la arboleda Hammersmith, Inglaterra, en abril de 1888. Se dice que el árbol madre aún sobrevive cerca del Arco Arruinado en Kew de Londres (Meyer, 1976). En EUA, se introdujo en 1809. Fue reportado por primera vez en Ohio en 1995, como un escape en Portage County y posteriormente en el 2002 en Cuyahoga County (Vincent *et al.* 2011).

2.1 Origen e historia de los individuos comercializados

En China *Koelreuteria paniculata* es cultivado desde hace 3,000 años como uno de los cinco árboles conmemorativos. El primer registro en Europa fue en 1747, se introdujo a Francia por el sacerdote jesuita Pierre d'Incarville; en 1763 ya se cultivaba en el Jardín du Roi, en París. En Alemania, fue introducido en 1750. En Inglaterra, se cultivó por primera vez por George William Coventre en 1763; se cree que las semillas se obtuvieron de Jussieu, Paris (Dosmann *et al.*, 1936; Meyer, 1976). En 1750 fue plantado en San Petesburgo, Rusia, siendo parte de los jardines de la ciudad (Guillot-Ortiz, 2009). En EUA, se introdujo en 1809 siendo Thomas Jefferson quien recibió semillas de *K. paniculata* provenientes de Francia, por Madame de Tessé (Dosmann *et al.*, 1936; Meyer 1976).

En Portugal se plantaron árboles de *K. paniculata* en espacios urbanos como ornamental; fue abundante en 1929 y luego se volvió a plantar en gran medida después de la Expo 98 en Lisboa (Soares *et al.*, 2011). La introducción hortícola de *K. paniculata* en tierras valencianas de España, se hizo en el siglo XIX. Existen referencias para las provincias de Almería y Salamanca (Laguna-Lumbreras y Gallego-Ferrer, 2012).

En todos los países, prácticamente todas las plantas han provenido de China.

2.2 Historia de la comercialización en México

La primera colecta en México fue en Saltillo, Coahuila en 1980 (Fernández y CONABIO, 2018). Para México se desconoce el origen de las plantas *Koelreuteria paniculata*, pero como para los demás países seguramente el origen es de China.

2.3 Usos y comercialización

Koelreuteria paniculata tiene un mercado importante en la venta de plantas ornamentales; asimismo, por sus propiedades medicinales se le ha usado con este fin tradicionalmente. Las semillas son usadas en artesanías, para fabricar collares. Anteriormente, en China las hojas servían como alimento en épocas de hambrunas. También las flores eran usadas para teñir, y de las semillas se extraía saponina, utilizado como limpiador (Bautista-Domínguez, 2010). En Lisboa se plantaron en espacios urbanos como planta ornamental (Soares *et al.*, 2011). En Guadalajara, México *K. paniculata* se propaga en diferentes viveros del municipio que se usan para reforestar la ciudad (Pimienta-Barrios *et al.*, 2012). Las semillas poseen lectinas, sustancias que pueden considerarse son un potente componente de control del manejo integrado de plagas por su capacidad para actuar sobre el desarrollo larvario de varios insectos, tales como *Callobruchus maculatus* y *Anagasta kuehniella* (Rodríguez-Macedo *et al.*, 2003).

Las plantas de *K. paniculata* son tolerantes a metales pesados considerándose acumuladores de estos metales, sin mostrar ninguna anormalidad en términos de historia de vida (este estudio se confirma para un periodo de 2.5 años), funcionando como fitoremediadores (Tian *et al.*, 2009).

2.3.1 Análisis económico de la comercialización

En 1997, un kilo de semillas de *K. paniculata* se vendía en Chile en \$33 US dls (Campos, 1999). En España, el vivero Gardencenterejea vende actualmente plantas en 12.00 euros (Gardencenterejea, 2019); en el vivero Fronda, el precio de la planta adulta es de 140.95

euros (Fronza, 2019). En México, por mercadolibre.com se venden 5 semillas por \$39.00 pesos M.N. (Mercadolibre.com, 2019d).

No existe en México ningún análisis económico por conceptos de beneficios o costos de esta planta.

2.3.2 Manejo y condiciones de cultivo

Debido a su doble latencia, se recomienda un pre-tratamiento a la semilla de *K. paniculata* para asegurar la germinación. El humedecimiento con GA (ácido giberélico) en combinación con enfriamiento puede romper la latencia de las semillas en un tiempo relativamente corto, menos que los 60 ± 90 días de enfriamiento generalmente considerados para otras especies leñosas (Rehman y Park, 2000). También se sugiere la escarificación de las semillas, seguida de la estratificación en frío durante un periodo de tres meses (Baskin y Baskin, 1998). Por otro lado, también se ha recomendado la escarificación con ácido sulfúrico durante 1 hora, seguido de 90 días de estratificación en frío (Pipinis *et al.*, 2015)



Figura 78. Usos ornamentales y de sombra de árboles de *Koelreuteria paniculata*. Autor: Fanghong^{CC}.
^{CC}= Creative commons, ^{PA}= Permiso académico, ^{DP}= Dominio público.

3. Potencial de establecimiento y colonización

3.1 Potencial de colonización

Entre los factores que incrementan el potencial de colonización de *K. paniculata*, se encuentra el que se puede reproducir tanto sexualmente como de forma vegetativa (por semillas y por esquejes y por división de su raíz; Guillot-Ortiz, 2009) (ver Biología). Referencias indican que la producción de semillas es prolífica, pero no presentan datos concretos (Christman, 2007). La viabilidad es relativamente alta, oscilando la germinación entre el 56% y 96%, dependiendo de las condiciones (Campos, 1999; Bautista-Domínguez, 2010). Las semillas tienen doble latencia, tanto exógena como endógena lo que favorece que la germinación no se dé antes de tiempo ni en sitios en que las condiciones no son las adecuadas para germinar; lo anterior protege a las semillas para evitar mortalidad en la germinación (Rehman y Park, 2000). Las semillas almacenadas pueden permanecer viables hasta por 10 años (Meyer, 1976).

Dentro de su alto potencial de colonización, se ha documentado que *K. paniculata* tiene una amplia adaptabilidad a ambientes distintos, ya que puede desarrollarse y crecer adecuadamente a altitudes entre 300 a 3,800 msnm, en una amplia gama de suelos, con precipitaciones variables (mínima de 450 mm, máxima de 1,500 mm), y es resistente a la sequía. Sus semillas fueron tolerantes a la salinidad (ver Ecología).

3.2 Potencial de dispersión

Las semillas se pueden dispersar mediante el viento (Toscan *et al.*, 2017) con lo cual pueden viajar largas distancias, a sitios donde encuentren condiciones adecuadas para colonizar. Debido a que las vainas son ligeras e infladas, pueden flotar en el agua (Illinois Wildflowers; https://www.illinoiswildflowers.info/trees/plants/golden_rain.html; Golden Rain Tree, *Koelreuteria paniculata*). Los esquejes y raíces pueden ser transportadas flotando cuando se presentan lluvias torrenciales.

Actualmente se está trabajando en nuevos métodos novedosos que permitan la propagación a gran escala de *K. paniculata* y crear oportunidades para la ingeniería genética en esta especie (Yang *et al.*, 2018), con lo cual se puede ampliar su distribución debido a que la planta es dispersada de manera más intensiva por la gente. Esta dispersión se debe a su importancia comercial.

3.3 Factores que favorecen su establecimiento y dispersión

Entre los factores que favorecen el establecimiento de *Koelreuteria paniculata*, es significativa su alta germinación y el largo periodo en que las semillas son viables, pudiendo el banco de semillas permanecer hasta 10 años (ver Biología y Ecología). También lo es la resistencia a la sequía severa (ver Ecología). Tiene una alta versatilidad ambiental (ver Ecología y Potencial de colonización).

Entre los factores que favorecen su dispersión, el humano es el principal en zonas donde se ha introducido puesto que se comercia con fines de ornato, y medicinales, principalmente. De igual manera, lo es el establecerse cerca de sitios donde corra el agua para el transporte de los propágulos (ver Ecología).

4. Evidencias de impactos

4.1 Impactos a la salud

Un estudio realizado en España mostró que la contribución a las alergias causadas por polen de *Koelreuteria paniculata* en los habitantes del lugar fue baja (Velasco, 2013).

Por otro lado, como un beneficio *K. paniculata* puede servir como un indicador significativo de su actividad antioxidante potencial. Los antioxidantes desempeñan un papel vital para proteger el cuerpo humano contra el daño oxidativo que surge de los radicales libres o especies reactivas de oxígeno. Las especies reactivas de oxígeno (ROS) se han conocido

como un factor causante en la etiología del cáncer y varias enfermedades neurodegenerativas, por ejemplo, la enfermedad de Alzheimer, enfermedad de Parkinson, síndrome de Down, inflamación, infección viral y varios problemas digestivos, como úlceras y trastornos gastrointestinales (Kumar *et al.*, 2011). Las fracciones de cloroformo (KCF) y acetato de etilo de extractos crudos de *K. paniculata* mostraron actividad de eliminación de radicales superóxido, incluso más que el ácido gálico antioxidante estándar. En *K. paniculata* algunos de los componentes de extracto metanólico mostraron poseer propiedades antimicrobianas ante bacterias Gram positivas (Ghahari *et al.*, 2015).

4.2 Impactos ambientales y a la biodiversidad

En el Parque Nacional Cumbres Monterrey, *K. paniculata* se ha establecido con éxito, crece espontáneamente dentro del parque y parece que está desplazando la flora nativa (PNUD, 2018). Uno de los impactos más notables ocasionados por *K. paniculata* es la alteración del funcionamiento hídrico del ecosistema, detectado en el Parque Ecológico Chipinque, Monterrey, México, ya que disminuye el agua disponible debido a su alta demanda para su consumo, sobre todo en la época seca (PNUD, 2018).

Las plantas de *K. paniculata* son tolerantes a los metales pesados y pueden acumularlos sin mostrar ninguna anomalía por lo que pueden funcionar como fitoremediadores, eliminando los metales del suelo en sitios altamente contaminados tales como minas, con relaciones de reducción de concentraciones de 7 metales pesados en el suelo que van desde 86.19% a 4.20%. (Tian *et al.*, 2009).

En un estudio se desarrolló una valoración cualitativa de la contribución de servicios ambientales de cada especie de árbol urbano dentro de espacios verdes en el municipio de Sant Cugat del Vallès, España; entre estos árboles se evaluó a *Koelreuteria paniculata*, encontrando que *K. paniculata* realiza captura de carbono con 50%, hace una extracción de contaminantes y emisiones de COV (compuestos orgánicos volátiles) con el 90%; también fue la especie con el mayor nivel de aportación en la calidad del aire (Velasco, 2013).

4.3 Impactos a actividades productivas

No se tiene información sobre los impactos en las actividades productivas producidas por *K. paniculata*. Se puede considerar que la alta demanda de agua para su consumo, sobre todo en la época seca (PNUD, 2018) puede tener efectos en actividades productivas, como la agrícola.

Por otro lado, el principal uso de esta planta es con fines ornamentales y de sombra, lo que da confort a la gente; asimismo, genera ingresos para aquellos que venden las semillas o plántulas de esta especie de planta. Debido a sus propiedades medicinales, se le ha usado con este fin tradicionalmente con lo que hay un beneficio económico también de parte de quien lo vende. Las semillas han sido usadas también en la creación de artesanías, para fabricar collares (Bautista-Domínguez, 2010).

4.4 Impactos económicos

No existe información de valoraciones de los impactos en costos para remediación, control y erradicación de *K. paniculata*. Tampoco hay valoraciones sobre los costos de pérdidas económicas causadas por el costo ambiental debido a la invasión de zonas que pueden disminuir su productividad por desplazamiento de especies nativas. En función de la información existente, solo se pueden inferir mayoritariamente algunos costos y beneficios, que tendrían que ver con la venta de *K. paniculata* como planta ornamental específicamente.

Hay un estudio que se realizó en Lisboa, Portugal en que se hizo la valoración de los servicios prestados por los árboles a la ciudad como base para evaluar el retorno de la inversión en su gestión. En Lisboa se estimaron los ahorros de energía a causa de la plantación de *Koelreuteria paniculata* por los siguientes aspectos: debidos a la sombra y los efectos climáticos un total de \$1,664 ($\pm 1,263$) US dls anual; reducción de dióxido de carbono en \$55

(±42\$) US dls; efecto anual de la calidad del aire, que incluye la absorción de contaminantes por parte de los árboles, la disminución de las emisiones de contaminantes de las centrales eléctricas; debido al ahorro de energía, los beneficios se estimaron en ganancias de \$791 (±\$60) US dls. De la escorrentía de aguas pluviales Los árboles de la calle de Lisboa interceptaron aproximadamente 811 m³ de lluvia al año, y la reducción asociada de la escorrentía de aguas pluviales se valoró en \$8,572 (±\$6,508) US dls. Los beneficios de valor de propiedad fueron evaluados en \$39,623 (±\$30,083) US dls anuales (Soares *et al.*, 2011).

5. Control y mitigación

Existe un documento que explica un método de control para *Koelreuteria paniculata* en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey, de un plan de manejo que se hizo para el parque (PNUD, 2018):

- Método manual.- Adecuado para individuos con un diámetro menor de 4 cm. Para facilitar el proceso se deben usar herramientas como palas y picos. Las plantas extraídas serán apiladas y se evitará que las raíces toquen el suelo.
- Método químico.- Se aplicará el herbicida Triclopyr a plantas mayores a 4 cm de diámetro; las plantas menores a 4 cm de diámetro que se encuentren muy adheridas al suelo o en rocas no se tratarán con químicos. Se propone tres pruebas de aplicación de Triclopyr.

1. Aplicación mediante aspersión de Triclopyr al 2% (Garlon® 4): se utilizará el herbicida a una concentración del 2% diluido en agua (32ml/L); a la solución se le agregará un colorante especial para visualizar rápidamente los individuos a los que se aplique. Antes de la aplicación de la solución se derribará el árbol, se usará serrucho en árboles de 5 a 10 cm de diámetro y para los individuos mayores a 10 cm de diámetro se usará motosierra. Los cortes deberán ser lo más cercanos a la base del suelo. Después de esto se aplicará inmediatamente el herbicida.

2. Aplicación mediante aspersión de Triclopyr al 25% (Garlon® 4): se utilizará el herbicida a una concentración del 25% diluido en agua (405 ml/L); a la solución se le agregará un colorante especial para visualizar rápidamente los individuos a los que se aplique. Antes de la aplicación de la solución se derribará el árbol, se usará serrucho en árboles de 5 a 10 cm de diámetro, y para los individuos mayores a 10 cm de diámetro se usará motosierra. Los cortes deberán ser lo más cercanos a la base del suelo. Después de esto se aplicará inmediatamente el herbicida.

3. Aplicación mediante piseta de Triclopyr al 25-20% (Garlon® 4): consiste en el uso de los principales activos químicos del herbicida potencializados mediante una técnica de encapsulado; se obtendrá una sustancia más espesa (cremosa), con los que se espera ver resultados a los 7-8 días de la aplicación. Al producto obtenido se le agregará un colorante especial para visualizar rápidamente los individuos a los que se aplique. Antes de la aplicación de la solución se derribará el árbol, se usará serrucho en árboles de 5 a 10 cm de diámetro y para los individuos mayores a 10 cm de diámetro se usará motosierra. Los cortes deberán ser lo más cercano a la base del suelo. Después de esto se aplicará inmediatamente el herbicida.

6. Normatividad

A continuación, se resumen las leyes, normas y regulaciones emitidas en los diferentes países con respecto a la exclusión, prohibición, restricción o autorizaciones para la introducción, de *Koelreuteria paniculata*. Las localidades para hacer la búsqueda se obtuvieron de GRIIS y de la base de datos del proyecto.

GRIIS: Global register of introduced and invasive species.

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

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

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

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>

6.1 Legislación Mexicana

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

6.2 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 Italy, quarantine species of Italy, list pest of Italy, list weeds of Italy, list invasive plants in Italy, list of noxious weeds in Italy.

Países que la consideran Exótica Introducida o Invasiva

Armenia

Considerada como no nativa y se debe tener precaución de no sembrarla. American University of Armenia: Acopian Centre for the Environment (2015). Tree and Shrub List for Armenia: Partial List of Trees and Shrubs for Armenia.

<https://ace.aua.am/tree-and-shrub-list-for-armenia/>

Australia

Considerada como hierba con categoría 1A, 2A, y 5. Randall, R.P. (2007). The introduced flora of Australia and its weed status. CRC for Australian Weed Management. Department of Agriculture and Food, Western Australia.

Categorías:

1: Esta planta ha sido registrada como una maleza del entorno natural.

2: Esta planta ha sido registrada como que puede escapar del cultivo.

5: Esta planta ha sido registrada como una especie invasora. Este es el criterio más serio que puede aplicarse a una planta y se utiliza generalmente para malas hierbas ambientales y / o agrícolas de alto impacto que se propagan rápidamente y muchas veces crean monocultivos.

https://www.une.edu.au/_data/assets/pdf_file/0019/52372/2007.-The-introduced-flora-of-Australia-and-its-weed-status.pdf

España

Considerada como especie alóctona en Atlas de las Plantas Alóctonas Invasoras en España, Ministerio de Medio Ambiente.

http://www.animalrecord.net/Atlas_Plantas_Aloctonas_Espana.pdf

<http://alien.jrc.ec.europa.eu/SpeciesMapper>

Para información sobre la regulación:

<https://www.boe.es/doue/2018/174/L00005-00011.pdf>

<https://www.miteco.gob.es/eu/biodiversidad/legislacion/leg-comunitaria-reglamentos-exoticas.aspx>

Considerada como exótica establecida. Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe, DAISIE.

<http://www.europe-aliens.org/speciesFactsheet.do?speciesId=17132#>

Estados Unidos de América (EUA)

Considerada como invasora por WeedUS - Database of Plants Invading Natural Areas in the United States y National Park Service, Mid-Atlantic Exotic Plant Management Team Invasive Plant List.

<https://www.invasive.org/browse/subinfo.cfm?sub=14083>

<https://www.invasive.org/species/list.cfm?id=187>

Kentucky

Considerada en la lista 4 Lista de vigilancia: Especies de plantas exóticas que no han sido observadas o bien documentadas en Kentucky, pero han invadido comunidades de plantas nativas en estados vecinos. Exotic Invasive Plants of Kentucky. Kentucky Exotic Pest Plant Council.

https://www.se-eppc.org/ky/KYEPPC_2013list.pdf

Maryland

Considerada como invasora por el Maryland Department of Natural Resources Policy: Restriction on Planting Exotic Invasive Plants.

<https://dnr.maryland.gov/wildlife/Documents/BadPlants.pdf>

<https://www.invasive.org/species/list.cfm?id=179>

Pennsylvania

Considerada en la lista de vigilancia: especies de plantas exóticas que son problemas graves en los estados circundantes, pero que no se han informado ampliamente en Pennsylvania, o puede naturalizarse y convertirse en un problema en el futuro y requerir más monitoreo. Pennsylvania Department of Conservation and Natural Resources Invasive Plants.

http://www.docs.dcnr.pa.gov/cs/groups/public/documents/document/dcnr_20033786.pdf

Virginia

Considerada como no nativa e invasora en las ciudades de Arlington y Alejandría en el estado de Virginia. Non-Native Invasive Plants of Arlington County, Virginia. Non-Native Invasive Plants of the City of Alexandria, Virginia.

<https://arlingtonva.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/sites/13/2013/11/invasive-1.pdf> <https://mdflora.org/resources/Publications/Non-NativeInvasivePlantsAlexandriaVirginia.pdf>

Gran Bretaña

Considerada como no nativa. GB Non-native species secretariat 2019.

<http://www.nonnativespecies.org/factsheet/factsheet.cfm?speciesId=1867>

7. Resultados del análisis de riesgo de *Koelreuteria paniculata*

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) con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.* (2010) para *Koelreuteria paniculata* (ver Apéndice 1):

Historia/Biogeografía

1. Domesticación/Cultivo

1.01. ¿Es una especie domesticada?

R= No (0). *Koelreuteria paniculata* se ha transportado con fines comerciales, básicamente ornamentales y con fines medicinales tradicionales (Bautista-Domínguez, 2010; Soares *et al.*, 2011; Pimienta-Barrios *et al.*, 2012) (ver Usos y comercialización). Se le considera una maleza escapada de cultivos, dañina para los mismos, es una especie considerada como maleza invasora (Randall, 2012).

2. Clima y Distribución

2.01. Especie adecuada a climas en México

R= Sí (2). Alta en algunas partes de México. De acuerdo a los registros, *K. paniculata* puede ocurrir en una variedad de climas en México. De acuerdo a la modelación y al análisis de similitud climática realizados se puede ver una alta adecuación a los climas en una parte de México, siendo moderada para la mayor parte del país (Anexo 2, cuadros 1, 2). En México, con base a los registros en nuestra base de datos (solo 15 registros), se presenta en climas del tipo subtropical con invierno seco, subtropical sin estación seca, mediterráneo con verano cálido, templado con invierno seco (verano suave) y semiárido cálido. De acuerdo a las modelación que realizamos, el riesgo de invasión por similitud climática es alto en una parte considerable del país.

2.02. Calidad de la similitud climática

R= Alta (2). Basado en el alto número de registros de distribución nativa e introducida de *K. paniculata*, la planta presenta una alta coincidencia con climas similares de México (ver modelos de similitud climática, Fig. 8 dentro de Apéndice 2).

2.03. Especie adaptable a un rango ambiental muy amplio

R= Sí (1). *K. paniculata* ocurre en sitios con climas tropicales húmedos (Pimienta-Barrios *et al.*, 2012). En China, región nativa, ocurre principalmente en las regiones subtropicales templadas, a elevaciones de 300 a 3,800 msnm (Li *et al.*, 2016). Puede crecer en suelos deficientes nutricionalmente y en suelos ácidos, neutros y básicos. Es resistente a la sequía (Gilman y Watson, 1993; PFAF, 1996; ver Ecología). En México, en Monterrey, se distribuye en un rango de latitud de 600 a 3,400 msnm, con climas semicálido-subhúmedo con 18°C de temperatura media anual y precipitación media anual de 1,000 a 1,200 mm (Estrada-Castillón *et al.*, 2013). En México, *M. quinquenervia* crece en varios climas (ver 2.01). Analizando los registros que se obtuvieron 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 *K. paniculata* se le encuentra en climas del tipo hemiboreal con invierno seco, hemiboreal sin estación seca, subpolar con invierno seco, de tundra, templado con invierno seco, semiárido frío, subtropical con invierno seco, subtropical sin estación seca con verano cálido. De acuerdo a los registros del área invadida, los climas van del tipo oceánico mediterráneo, hemiboreal sin estación seca, mediterráneo verano cálido, subtropical sin estación seca con verano cálido, oceánico verano suave, oceánico mediterráneo, tropical seco o de sabana con invierno seco, subtropical con invierno seco, subtropical sin estación seca con verano cálido, templado con invierno seco, tropical monzónico, semiárido frío, semiárido cálido, árido cálido (Tabla 1 dentro de Apéndice 2). La especie tiene un alto grado de versatilidad ambiental.

2.04. Nativo o naturalizada en hábitats con periodos extensivos de sequía

R= Sí (1). *K. paniculata* es resistente a la sequía (Gilman y Watson, 1993; PFAF, 1996). En México, de acuerdo a los registros de ocurrencia en la base de datos *M. quinquenervia* se

presenta en zonas con periodos prolongados de sequías, como en Coahuila, Jalisco, Nuevo León y Michoacán (de acuerdo a datos del SMN; Apéndice 3).

2.05. Hay evidencia de introducciones repetidas fuera de su rango de distribución natural?

R= Sí. *K. paniculata* fue aparentemente introducido en Francia desde el norte de China en 1747. En Alemania, fue introducido en 1750. En Inglaterra, se cultivó por primera vez en 1763, cuyas semillas se obtuvieron de Paris (Dosmann *et al.*, 1936; Meyer, 1976). En 1750 fue plantado en San Petesburgo, Rusia (Guillot-Ortiz, 2009). En EUA se introdujo en 1809, con semillas provenientes de Francia (Dosmann *et al.*, 1936; Meyer, 1976). En Lisboa fue abundante en 1929 y luego se volvió a plantar después de 1998 (Soares *et al.*, 2011).

3. Maleza en cualquier sitio

3.01. Naturalizado fuera de su rango nativo de distribución

R= Sí (2). *K. paniculata* se ha introducido y establecido en 32 países incluyendo a México, donde se tienen registros en 5 estados. La especie se encuentra catalogada en las leyes de 3 países como invasora (ver Estatus y Legislación). Se considera una maleza, naturalizada, invasora (Randall, 2012) (ver Estatus y base de datos del proyecto).

3.02. Maleza de jardines o de espacios de uso público urbano

R= No (0). No hay evidencias. En Lisboa se plantaron árboles de *K. paniculata* en espacios urbanos como planta ornamental y no se indica que se le considere como maleza (Soares *et al.*, 2011). No obstante, puede escapar de cultivos (Randall 2012), por lo que sería factible que invada zonas urbanas.

3.03. Maleza agrícola, hortícola o forestal

R= Sí (4). *K. paniculata* se cultiva como árbol ornamental básicamente, y de allí puede invadir cualquier zona. Se le considera como una planta de interés para cultivarla y para comercio forestal; es una maleza, que escapa de cultivos, dañina, que la gente debe controlar, inclusive se recomienda cuarentena (Randall, 2012).

3.04. Maleza ambiental (campo)

R= Sí (4). Uno de sus impactos más notables que tiene *K. paniculata* es la alteración del funcionamiento hídrico del ecosistema, disminuyendo el agua disponible debido a su alta demanda de consumo, sobre todo en época seca (PNUD, 2018). En el Parque Nacional Cumbres de Monterrey, se presenta invadiendo bosque de pino y encino (PNUD, 2018). Se le considera una maleza ambiental con efectos en ecosistemas nativos (Randall, 2012)

3.05. Relación filogenética cercana con especies de malezas

R= No (0). No se han encontrado reportes.

Biología/Ecología

4. Rasgos indeseables

4.01. Produce espinas, o estructuras ganchudas

R= No (0). No presentan estas estructuras (ver apartado de Descripción de la especie).

4.02. Alelopática

R= No (0). No hay evidencias de que *K. paniculata* presente esta actividad.

4.03. Parásita

R= No (0). *K. paniculata* es una planta de crecimiento arbóreo (ver apartado de Descripción de la especie).

4.04. No adecuado para animales de pastoreo

R= No (-1). No hay evidencias de su consumo (ver apartado de Usos y comercialización e Impactos)

4.05. Tóxica a animales

R= No (0). No hay evidencias de su toxicidad para animales, aunque se ha observado que *K. paniculata* sirve como alimento alternativo para el conejo cola de algodón, *Sylvilagus floridanus mallurus* (Sweetman, 1949), lo cual muestra que no hay toxicidad (ver Ecología).

Por otro lado, a partir de semillas se están generando componentes para el control de plagas por su capacidad para actuar sobre el desarrollo larvario de varios insectos (Rodriguez-Macedo *et al.*, 2003), por lo que se requiere más experimentos e información sobre su toxicidad a otros animales.

4.06. Hospedero de plagas o patógenos reconocidos

R= No (0). No hay registros de plagas o patógenos que puedan afectar la producción agrícola de una región.

4.07. Causa alergias o es tóxico para los humanos

R= No (0). No hay reportes sobre impactos a la salud humana.

4.08. Crea un riesgo de incendio en sistemas naturales

R= No (0). No hay evidencias.

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

R= No (0). No hay evidencias de que así ocurra.

4.10 Crece en suelos de México

R= Sí (1). *K. paniculata* crece en México en suelos tipo phaeozem, leptosol, chernozem, vertisol y cambisol (Apéndice 4). De acuerdo a la literatura, en una región de México, el árbol de crece en suelos tipo regosoles y litosoles, vertisoles arcillosos, con frecuencia con altos contenidos de carbonato de calcio y drenaje deficiente (Estrada-Castillón *et al.*, 2013).

4.11. Hábito trepador

R= No (0). *K. paniculata* es un árbol (ver apartado de Descripción).

4.12. Crecimiento cerrado o denso

R= No (0). No existe evidencia.

5. Tipo de planta

5.01. Acuática

R= No (0). Es un árbol terrestre. Ver apartado de Descripción.

5.02. Pastos (Poaceae)

R= No (0). Es un árbol terrestre. Ver apartado de Descripción.

5.03. Plantas fijadoras de Nitrógeno

R= No (0). Ver apartado de Descripción y Biología e Historia Natural.

5.04. Geófitas

R= No (0). Ver apartado de Descripción.

6. Reproducción

6.01. Evidencia de bajo éxito reproductivo en su lugar de origen

R= No (0). No hay reporte de estas evidencias (ver apartado de Biología e historia Natural).

6.02. Produce semillas viables

R= Sí (1). *K. paniculata* produce un gran número de semillas que se indica son viables. Las semillas almacenadas pueden permanecer viables hasta por 10 años, con 50% de germinación posteriormente (Meyer, 1976). En Chile, rango de introducción, las semillas comercializadas tienen 56% de germinación (Campos, 1999) (ver apartados de Biología e historia natural y Potencial de colonización).

6.03. Hibrida de manera natural

R= No (-1). Aunque hay un híbrido producido por *Koelreuteria paniculata* x *Koelreuteria bipinnata* (Santamour y Spongberg 1996), se logra de forma inducida, no natural, y se recomienda hacerlo por brotes (Santamour y Spongberg, 1996).

6.04. Autofecundación

R= Sí (1). Las flores de *K. paniculata* son hermafroditas con lo que hay autofecundación (Meyer, 1976; PFAF, 1996) (ver apartado de Biología e historia natural).

6.05. Requiere de polinizadores especialistas

R= No (0). No se reportan polinizadores especialistas.

6.06. Reproducción vegetativa

R= Sí (1). *K. paniculata* se reproduce asexualmente, por esquejes y por división de su raíz (Guillot-Ortiz, 2009).

6.07. Tiempo generacional mínimo

R= Se desconoce. No hay información sobre la edad en que *K. paniculata* produce semillas.

7. Mecanismos de dispersión

7.01. Los propágulos probablemente puedan ser dispersados no intencionalmente

R= Se desconoce. No hay reportes que lo indiquen o sugieran (ver apartado Rutas de introducción).

7.02. Los propágulos se dispersan intencionalmente por el humano

R= Sí (1). Las semillas de esta especie se han introducido intencionalmente para el cultivo de la especie a Francia, Alemania, Rusia, EUA y México inclusive (Dosmann *et al.* 1936, Meyer 1976, Guillot-Ortiz 2009, Vincent *et al.* 2011, Fernández y CONABIO 2018) (ver apartados de Rutas de introducción e Historia de la comercialización)

7.03. Los propágulos pueden ser dispersados como contaminantes de productos

R= No (-1). No existe evidencia.

7.04. Propágulos adaptados a dispersarse por el viento

R= Sí (1). Las semillas se dispersan mediante el viento (Toscan *et al.*, 2017) (ver Ecología y Potencial de dispersión).

7.05. Propágulos con capacidad de flotación exclusivamente en ambientes terrestres

R= Sí (1). Debido a que las vainas son ligeras e infladas, pueden flotar en el agua. Los esquejes y raíces pueden ser transportados flotando cuando se presentan lluvias torrenciales (ver Ecología).

7.06. Propágulos dispersados por aves

R= No (-1). No existe evidencia.

7.07. Propágulos dispersados por animales (de manera externa)

R= No (-1). No hay evidencias.

7.08. Propágulos dispersados por animales (de manera interna)

R= No (-1). No hay evidencia.

8. Atributos de persistencia

8.01. Producción de semillas prolífica

R= Sí (1). Se ha indicado que la producción de semillas es prolífica (aunque no se presentan datos). Por ejemplo, en climas cálidos, *K. paniculata* produce una gran cantidad de semillas y debajo del árbol madre siempre hay plántulas (Christman, 2007). Dado que se venden semillas por internet, esta producción prolífica debe ser creíble.

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

R= Sí (1). Las semillas de *K. paniculata* pueden permanecer viables hasta por 10 años, con 50% de germinación posteriormente (Meyer, 1976) (ver Biología e historia natural).

8.03. Es controlado por herbicidas

R= Sí (-1). Se ha aplicado el método químico, el herbicida Triclopyr, a plantas mayores a 4 cm de diámetro; las plantas menores a 4 cm de diámetro que se encuentren muy adheridas al suelo o en rocas se trataran con químicos (PNUD, 2018).

8.04. Es tolerante o se beneficia de mutilación, corte, cultivo o fuego

R= No (-1). No hay evidencia.

8.05. Enemigos naturales efectivos en México

R= No (1). No hay evidencia para México.

8. Riesgo de invasión de *Koelreuteria paniculata* en función de la similitud climática

K. paniculata presenta un elevado riesgo de invasión en pocas y localizadas regiones de México, sobre todo en Sonora en la Sierra Madre Occidental, y una pequeña zona en Chihuahua, considerando la similitud climática que hay en México con las áreas de su distribución nativa (Fig. 79a); si se considera la distribución de invasión, el riesgo se eleva de manera importante en gran parte del país (Fig. 79b), prácticamente todo el norte y centro de México, siguiendo sin riesgo la península de Yucatán, el sureste casi completo y gran parte de la península de Baja California. No queda restringida ni limitada su zona de invasión en el caso de considerar el clima de la región invadida. Para Norteamérica el riesgo es alto en la zona sureste, al centro y llegando a California, Oregón y parte del estado de Washington; para Centroamérica el riesgo es muy bajo (Fig. 79c).

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 2). Asimismo, se denota la variedad de climas que le son adecuados en México (Apéndice 2).

Koelreuteria paniculata

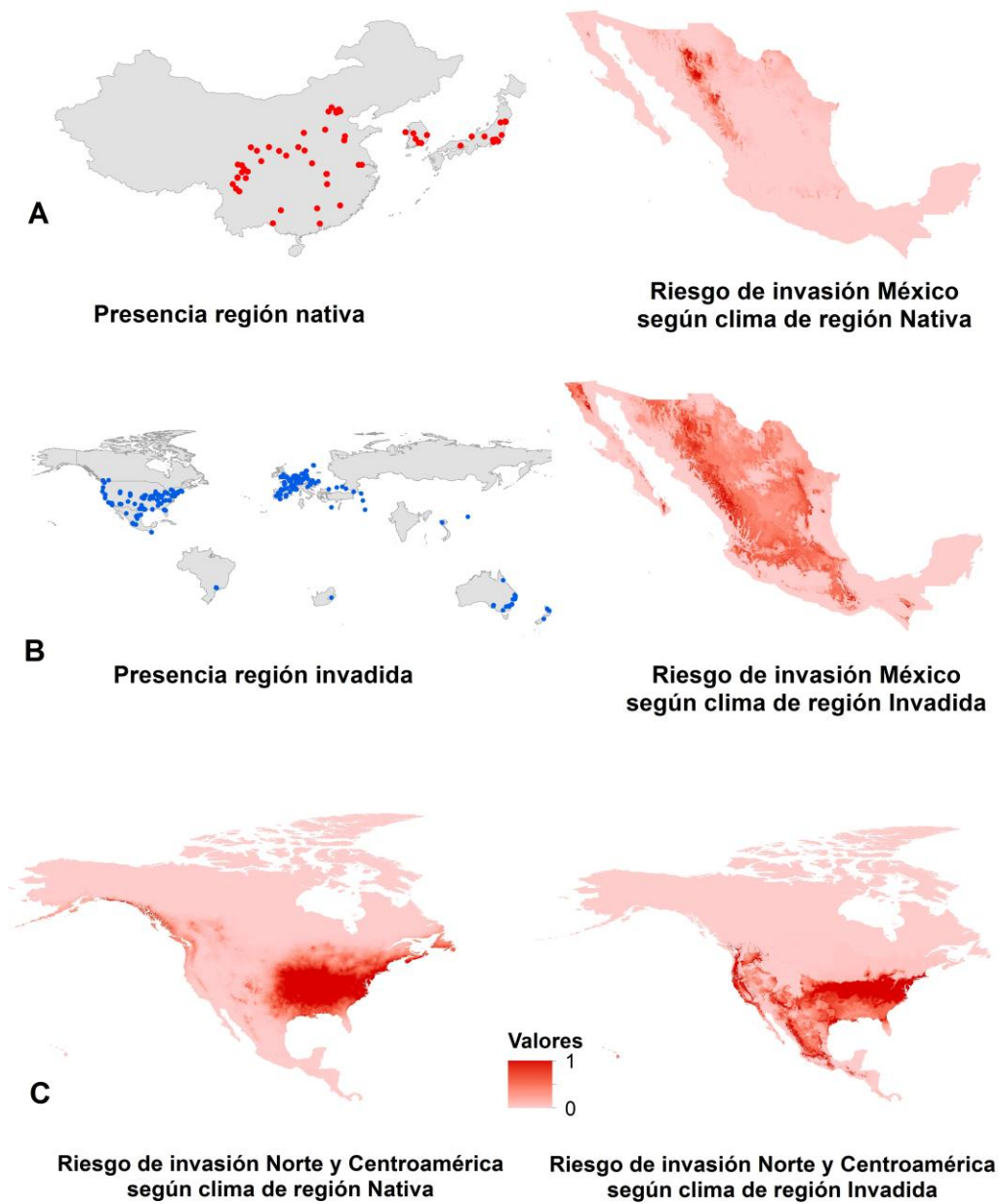


Figura 79. Modelos de Maxent para *Koelreuteria paniculata* calibrados en su región nativa (A) y de invasión (B) y proyectados a Norte y Centroamérica (C); notar el riesgo para México dentro de esta región. Los mapas de distribución geográfica potencial de la derecha indican las áreas con condiciones climáticas y topográficas adecuadas para el establecimiento de *Koelreuteria paniculata*. Los puntos rojos y azules representan la presencia de la especie en la región nativa e invadida respectivamente.

9. Resultado del Análisis de riesgo de *Koelreuteria paniculata*

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, con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.* (2010)) para *Koelreuteria paniculata* fue de **18**. Debido a que el puntaje es mayor que 6 (ver Anexo 1 sobre estos valores), el taxón debe ser **Rechazado**.

10. 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 *Koelreuteria paniculata* debe ser **rechazada** y considerada como una especie invasora (maleza) 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. De acuerdo al riesgo de invasión obtenido por modelación en función de la similitud climática, se denota que prácticamente todo el norte y centro de México tienen un elevado riesgo de invasión, siguiendo sin riesgo la península de Yucatán, el sureste casi completo y gran parte de la península de Baja California.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Se tienen registros confirmados para las 8 especies de árboles forestales exóticos en México, *Melia azedarach* en 28 estados; *Paulownia tomentosa* en 7 estados; *Moringa oleifera* en 15 estados; *Spathodea campanulata* en 16 estados; *Melaleuca quinquinerva* en 3 estados; *Azadirachta indica* en 13 estados; *Ligustrum lucidum* en 17; y *Koelreuteria paniculata* en 5 estados.
2. La información recopilada para las 8 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 8 especies varían dependiendo de las especies, pero fueron comunes sobre todo aquellas relacionadas a la dispersión de semillas por el viento y por dispersores como las aves; transporte de propágulos por el agua; y muy en especial por el humano, a través del transporte. Se han introducido en América y otras partes del mundo, prácticamente por su comercio como árboles de ornato, con fines forestales maderables, y algunos aspectos medicinales. También 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 invasión y causas debieron estar relacionadas al comercio para México.
4. El análisis económico de los costos e impactos de las 8 especies de árboles forestales se encuentra poco documentado, hecho de manera aislada y local. Solo para algunas especies existen algunas valoraciones económicas, como para *Paulownia tomentosa* y *Azadirachta indica*. Estas especies se han comercializado principalmente con fines de ornato, forestales y maderables, así como medicinales y para la extracción de compuestos que sirven como insecticidas naturales y fertilizantes; algunas especies se han usado para reforestación, control de la erosión, restauración de suelos y como cortinas rompe vientos; alguna se ha usado como forraje también. Para

México, no existen estos análisis y las fuentes a partir de las que se pudieran hacer son limitadas. Se sabe que para alguna de las especies han realizado cultivo en México para su comercio como planta ornamental, pero no se indicaron ni los costos ni los beneficios. Aunque no hay un análisis económico para la especie en el país, las semillas, plántulas y plantas de algunas especies se comercian en línea (mercado libre; *Koelreuteria paniculata*, *Ligustrum lucidum*, *Melia azedarach*) y en viveros y en línea (*Paulownia tomentosa*).

5. Existen métodos de control establecidos para todas las especies de árboles de este reporte, excepto para *Moringa oleifera*. Los programas de control y mitigación y las estrategias para el control deben incluir primero la prevención, eliminando su comercio. En general, se propone el uso de métodos integrales de manejo, usando medios mecánicos, químicos como herbicidas y el fuego. Para *Melaleuca quinquenervia* se incluyen también los biológicos. Para *Melia azedarach* los métodos de control son los mecánicos y químicos, así como fuegos prescritos, pero han tenido poco éxito. Para algunas especies es complicado el desarrollo y aplicación de estos métodos de control porque la gente percibe a las especies como benéficas (p.ej. *Azadirachta indica*).
6. La legislación mexicana contempla actualmente como especie exótica invasora para México a *Melaleuca quinquenervia*.
7. En cuanto a la normatividad para la Legislación internacional, hay países que tienen reglamentado y controlado el comercio y entrada de varias de las especies de árboles forestales en cuanto son incluidas como especies exóticas invasoras. Dos de estas especies de árboles, *Spathodea campanulata* y *Melaleuca quinquenervia*, se encuentran entre las 100 especies invasoras más dañinas del mundo.
8. De acuerdo a los puntajes obtenidos del análisis de riesgo WRA (Weed Risk Assessment, modificado a las condiciones en México), se concluye que *Melia azedarach*, *Paulownia tomentosa*, *Moringa oleifera*, *Spathodea campanulata*, *Melaleuca quinquenervia*, *Azadirachta indica*, *Ligustrum lucidum* y *Koelreuteria paniculata* 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 comercio y expansión en el país.

9. De acuerdo a la modelación de riesgo de las 8 especies de árboles forestales con potencial invasor para obtener la probabilidad de invasión en México por afinidad climática, hay un riesgo alto de invasión por todas las especies, aunque para algunas especies es más amplio y generalizado en el país que para otras, en que se restringe más a ciertas regiones. Sin embargo, para ninguna de las 8 especies queda restringida ni limitada su zona de invasión en el caso de considerar el clima de la región invadida.
10. La invasión por estas especies de árboles provocará en las zonas de México donde se expandan sus poblaciones, pérdida de biodiversidad, problemas por modificaciones al régimen de incidencia de fuegos, con disponibilidad de agua ya que consumen una elevada cantidad de agua y causan alteraciones en los flujos de corrientes de agua, problemas de salinización del suelo, o arroyos, y problemas económicos ya que pueden ser hospederos de plagas que afectan cultivos económicamente importantes; pueden provocar efectos negativos severos en la salud de la gente y animales de crianza. Deben controlarse en su comercio, erradicarse de zonas naturales e impedir su expansión en México.
11. Se requiere realizar estudios específicos en el país de la biología y ecología de las 8 especies de árboles exóticos con potencial invasor en México, así como de los impactos para actividades productivas y de los costos económicos y para su manejo una vez establecida la invasión.

Literatura citada

Abd El-Hack, M. E., Alagawany, M., Elrys, A. S., Desoky, E. S. M., Tolba, H., Elnahal, A. S., Elnesr, S. S. & Swelum, A. A. 2018. Effect of forage *Moringa oleifera* L. (moringa) on animal health and nutrition and its beneficial applications in soil, plants and water purification. *Agriculture*. 8(9): 145.

Abdulla, P. 2005. Flora of Pakistan, V. 17, Meliaceae: *Azadirachta indica*. Fecha de actualización: s/f.
http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=5&taxon_id=220001427.

Abdulla, P. 2005. Flora of Pakistan, Vol. X, Meliaceae: *Melia azedarach*. Fecha de consulta: s/f. http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=5&taxon_id=200012507.

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.

Abelleira-Martínez, O. J. 2008. Observations on the fauna that visit African tulip tree (*Spathodea campanulata* Beauv.) forests in Puerto Rico. *Acta Científica*. 22 (1-3): 37-42.

Abelleira-Martínez, O. J. 2010. Invasion by native tree species prevents biotic homogenization in novel forests of Puerto Rico. *Plant Ecology*. 211 (1): 49-64.

Acevedo-Rodríguez, P. & Strong, M. T. 2012. Catalogue of seed plants of the West Indies. Smithsonian Contributions to Botany, No. 98. 1192 p. ISSN: 1938-2812.

Acquah, S. B., Oduro, K. A. & Obiri, D. B. 2015. Silvicultural prescriptions for management of woodfuel species. CSIR-Forestry Research Institute of Ghana.

Adedapo, A. A., Mogbojuri, O. M. & Emikpe, B.O. 2009. Safety evaluations of the aqueous extract of the leaves of *Moringa oleifera* in rats. *Journal of Medicinal Plants Research*. 3 (8): 586-591.

Adu-Dapaah, H., Osei-Bonsu, I., Oduro, I. & Asiedu, J. 2017. Recent advances in production, processing and utilization of *Moringa oleifera* in Ghana. In: *I International Symposium of Moringa*. 1158: 179-186.

Aguilar-Ramírez, M., Villalobos, A. V. M. & Salgado, G. R. 2001. Cultivo in vitro de paulonia (*Paulownia tomentosa*). Folleto técnico No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Aguirre-Acosta, N., Kowaljow, E. & Aguilar, R. 2014. Reproductive performance of the invasive tree *Ligustrum lucidum* in a subtropical dry forest: does habitat fragmentation boost or limit invasion? *Biological Invasions*. 16 (7): 1397-1410.

Ahmed, S. & Idris, S. 1997. *Azadirachta indica*. In: Hanum, I. F. & van der Maesen (Eds.). Plant Resources of South- East Asia. Backhuys Publishers, Leiden. 71-76 p. ISBN: 90-73348-66-8.

Ahmed, S. & Idris, S. 2016. *Melia azedarach* (PROSEA). Fecha de actualización: 29 de abril de 2016. [https://uses.plantnet-project.org/en/Melia_azedarach_\(PROSEA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Melia_azedarach_(PROSEA)).

Akyildiz, M. H. & Sahin-Kol, H. 2010. Some technological properties and uses of paulownia (*Paulownia tomentosa* Steud.) wood. *Journal of Environmental Biology*. 31: 351-355.

Al Charchafchi, F., Al-Nabhani, I., Al-Kharousi, H., Al-Quraini, E., Al-Hanai, A. & Al-Khuwair, O. 2007. Effect of aqueous extract of *Azadirachta indica* (Neem) leaves on germination and seedling growth of *Vigna radiate* (L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 10 (21): 3885-3889.

Ali, B. H. 1987. The toxicity of *Azadirachta indica* leaves in goats and guinea pigs. *Veterinary and Human Toxicology*. 29 (1): 16-19.

Allan, S. & Adkins, S. 2005. Searching for a natural herbicide: the role of medicinal plants. *Proceeding of the 4th World Congress on Allelopathy*.

Allen, D. F. 2003. Ecological genetics of *Melaleuca quinquenervia* (Myrtaceae): population variation in Florida and its influence on performance of the biological control agent *Oxyops vitiosa* (Coleoptera: Curculionidae). Tesis de Doctorado, Florida International University.

Almazán-Núñez, R. C., Sierra-Morales, P. & Méndez-Bahena, A. 2015. Primer registro de la cotorra argentina (*Myiopsitta monachus*) en Guerrero, México. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*. 16 (1): 48-51.

Alvarado, O. A., Baldini, U. A. & Guajardo, B. F. 2013. Programa de arborización: un chileno, un árbol. Árboles urbanos de Chile. Guía de Reconocimiento. 2° Edición. Corporación Nacional Forestal, Gerencia Forestal, Departamento de Arborización, Santiago, Chile. 376 p. ISBN 978-956-7669-30-1.

Amaglo, N. K., Deng, J. & Foidl, N. 2017. The potential of moringa in climate change, sustainable livelihood and food security - a review. In: *I International Symposium on Moringa*. 1158: 455-465.

Amazon. 2019. *Ligustrum lucidum*. Fecha de actualización: s/f. https://www.amazon.com/s?k=Ligustrum+Lucidum&__mk_es_US=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&ref=nb_sb_noss_2.

Ambi, A. A., Abdurahman, E. M., Katsayal, U. A., Sule, M. I., Pateh, U. U. & Ibrahim, N. D. 2011. Toxicity evaluation of *Moringa oleifera* leaves. *International Journal of Pharmaceutical Research Innovation*. 4: 22-4.

Amer, A. & Mehlhorn, H. 2006. Repellency effect of forty-one essential oils against *Aedes*, *Anopheles*, and *Culex* mosquitoes. *Parasitology Research*. 99 (4): 478.

Amusan, O. G., Adesogan, E. K. & Makinde, J. M. 1996. Antimalarial active principles of *Spathodea campanulata* stem bark. *Phytotherapy Research*. 10 (8): 692-693.

Anwar, F. & Anwar, M. I. 2003. Analytical characterization of *Moringa oleifera* seed oil grown in temperate regions of Pakistan. *Journal of Agricultural and food Chemistry*. 51 (22): 6558-6563.

Anwar, F. & Rashid, U. 2007. Physico-chemical characteristics of *Moringa oleifera* seeds and seed oil from a wild provenance of Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*. 39 (5): 1443-1453.

Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M. & Gilani, A. H. 2007. *Moringa oleifera*: a food plant with multiple medicinal uses. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*. 21 (1): 17-25.

APG. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 181: 1–20.

Appiah, K. S., Li, Z., Zeng, R. S., Luo, S., Oikawa, Y. & Fujii, Y. 2015. Determination of allelopathic potentials in plant species in Sino-Japanese floristic region by sandwich method and dish pack method. *International Journal of Basic and Applied Sciences*. 4 (4): 381-394.

Aragón, R. & Groom, M. 2003. Invasion by *Ligustrum lucidum* (Oleaceae) in NW Argentina: early stage characteristics in different habitat types. *Revista de Biología Tropical*. 51 (1): 59-70.

Aragón, R., Montii, L., Ayup, M. M. & Fernández, R. 2013. Exotic species as modifiers of ecosystem processes: Litter decomposition in native and invaded secondary forest of NW Argentina. *Acta Oecologica*. 54: 21-28.

Arbol Kiri En Monterrey. 2019. Publicaciones @ArbolKiriEnMonterrey. Fecha de actualización: marzo 2019. <https://www.facebook.com/ArbolKiriEnMonterrey>.

Arias, S. C. 2014. Estudios de las posibles zonas de introducción de la *Moringa oleifera* Lam. en la península Ibérica, islas Baleares e islas Canarias. Proyecto fin de carrera, Universidad Politécnica de Madrid. 163 p.

Asare, A. G., Gyan, B., Bugyei, K., Adjei, S., Mahama, R., Addob, P., Otu-Nyarko, A., Kwame, W. E. & Nyarko, A. 2011. Toxicity potentials of the nutraceutical *Moringa oleifera* at supra-supplementation levels. *Journal of Ethnopharmacology*. 139 (1): 265-272.

Aslan, C. E., Rejmánek, M. & Klinger, R. 2012. Combining efficient methods to detect spread of woody invaders in urban-rural matrix landscapes exploring using two species of Oleaceae. *Journal of Applied Ecology*. 49 (2): 331-338.

Ayensu, E. S. 1974. Plant and bat interactions in West Africa. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 61 (3): 702-727.

Ayensu, E. S. 1983. Firewood Crops- Shrub and Tree Species for Energy Production. Vol.2. Washington, D. C. National Academy Press; 1st Edition. 92 p.

Ayotunde, E. O., Fagbenro, O. A. & Adebayo, O. T. 2011. Toxicity of aqueous extract of *Moringa oleifera* seed powder to Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (LINNE 1779), fingerlings. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*. 1 (4): 142-150.

Ayup, M. M., Montti, L., Aragón, R. & Grau, H. R. 2014. Invasion of *Ligustrum lucidum* (Oleaceae) in the southern Yungas: changes in habitat properties and decline in bird diversity. *Acta Oecologica*. 54: 72-81.

Badalamenti, E., Cusimano, D., La Mantia, T. & Pasta, S. 2013. The recent spread of the invasive woody alien plant *Melia azedarach* L. (Meliaceae) in Sicily. *Naturalista Siciliano*. 37 (2): 505-513.

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: 67-77.

Baskin, C. C. & Baskin, J. M. 1998. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, an Imprint of Elsevier. 666p. ISBN 978-0-12-080263-0.

Batista, W. B., Rolhauser, A. G., Biganzoli, F., Burkart, S. E., Goveto, L., Maranta, A., Pignataro, A. G., Morandeira, N. S. & Rabadán, M. 2014. Las comunidades vegetales de la sabana del Parque Nacional del Palmar (Argentina). *Darwiniana*. 2 (1): 5-38.

Bautista-Domínguez, J. A. 2010. Evaluación de diferentes tipos y concentraciones de sales sobre la germinación del árbol (*Koelreuteria paniculata*). Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".

- Beames, L.** 2016. Kimberley weeds. Edition 3. Kimberley Nature Project, Environs Kimberley.
- Beames, L., Pickerd, I. & Hamaguchi, N.** 2017. Interim neem (*Azadirachta indica*) management plan for the Kimberley, WA. Environs Kimberley, Broome. 78 p.
- Beckjord, P. R. & McIntosh, M. S.** 1983. *Paulownia tomentosa*: effects of fertilization and coppicing in plantation establishment. *Southern Journal of Applied Forestry*. 7 (2): 81-85.
- Beckjord, P. R., Melhuish-Jr, J. H. & Kundt, J. F.** 1985. Survival and growth of *Paulownia* seedlings are enhanced through weed control. *Journal of Environmental Horticulture*. 3 (3): 115-117.
- Beeson, C. F. C.** 1911. The ecology and control of the forest insects of India and the neighbouring countries. Government of India. Indian Agriculture Research Institute, New Delhi. 1007 p.
- Begam, M. F. & Manimekalai, V.** 2014. Seed histochemistry of *Melia azedarach* L. *International Journal of Bioassays*. 4 (1): 3657-3660.
- Benavides-Meza, H. M.** 1992. Current situation of the urban forest in Mexico City. *Journal of Arboriculture*. 18 (1): 33-36.
- Benthall, A. P.** 1946. The trees of Calcutta and its neighbourhood. Thacker, Spink & Co (1933) Ltd, Calcutta, India. 802 p.
- Berger, M. R., Hubs, M., Jahn, S. A. A. & Schmal, D.** 1984. Toxicological assessment of seeds from *Moringa oleifera* and *M. stenopetala*, two efficient primary coagulants for domestic water treatment of tropical raw waters. *East African Medical Journal*. 61 (9): 712-716.
- Betancort, J. A. R. & de Paz, P. L. P.** 2000. Contribución al estudio de la flórua del Parque García Sanabria (Santa Cruz de Tenerife, Tenerife, Islas Canarias). *Revista de la Academia Canaria de Ciencias*. 12 (3): 169-190.
- Bhargave, A., Pandey, I., Nama, K. S. & Pandey, M.** 2015. *Moringa oleifera* Lam.—Sanjana (Horseradish Tree)—A miracle food plant with multipurpose uses in Rajasthan-India—an overview. *International Journal of Pure Applied Bioscience*. 3 (6): 237-248.
- Biondi, D. & Muller, E.** 2012. Espécies arbóreas invasoras no paisagismo dos Parques urbanos de Curitiba, PR. *Floresta*. 43 (1): 69-82.
- Bitencourt, R. G., Queiroga, C. L., Duarte, G. H., Eberlin, M. N., Kohn, L. K., Arns, C. W. & Cabral, F. A.** 2014. Sequential extraction of bioactive compounds from *Melia azedarach* L.

in fixed bed extractor using CO₂, ethanol and water. *The Journal of Supercritical Fluids*. 95: 355-363.

Bito, D. 2007. An alien in an archipelago: *Spathodea campanulata* and the geographic variability of its moth (Lepidoptera) communities in the New Guinea and Bismarck Islands. *Journal of biogeography*. 34 (5): 769-778.

Boa, E. R. 1995. A guide to the identification of diseases and pests of neem (*Azadirachta indica*). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Bangkok. RAP Publication: 1995/41. 71 p.

Bodle, M. I., Ferriter, A. P. & Thayer, D. D. 1994. The biology, distribution, and ecological consequences of *Melaleuca quinquenervia* in the everglades. In: Davis, S. M. & Ogden, J. C. (eds.). *Everglades: the ecosystem and its restoration*. CRC Press. Boca Raton Florida. 341-356 p. ISBN 0-9634030-2-8.

Boland, D. J., Brooker, M. I. H., Chippendale, G. M., Hall, N., Hyland, B. P. M., Johnston, R. D., Kleinig, D. A., McDonald, M. W. & Turner, J. D. 2006. Forest trees of Australia. Fifth Edition. CSIRO Publishing, Australia. 715 p. ISBN: 0643069690.

Bonner, F. T. & Burton, J. D. 1974. *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Sieb. & Zucc. Ex Steud, royal Paulownia. In: Schopmeyer, S. C. (ed.). *Seed of woody plants in the United States*. Agriculture Handbook No. 450. Forest Service, U. S. Department of Agriculture, Washington, D. C. 883 p.

Bonner, F. T. 1990. *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Sieb. & Zucc. Ex Steud, royal Paulownia. In: Burns, R. M. & Honkala, B. H. (eds.). *Silvics of North America*. Vol. 2: Hardwood. Agriculture Handbook No. 654. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. 501-502 p.

Botanic Garden Meise. 2018. *Moringa oleifera* Lam. Meise Botanic Garden Herbarium (BR). Version 1.8. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/wrthhx> accessed via GBIF.org <https://www.gbif.org/occurrence/1839847280>.

Boydak, M. 2000. Can paulownia species be miracle trees? *Orman Mühendisligi*. 36 (9):4-9.

Brill, E. J. 1909. The flora of the Dutch West Islands St. Eustatius, Saba and St. Martin. Boekhanden en Drukkerij. 321 p.

Britton, N. L. 1918. Flora of Bermuda. Charles Scribner's Sons, New York, NY.

Brophy, J. J., Craven, L. A. & Doran, J. CH. 2013. Melaleucas: their botany, essential oils and uses. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR). 415 p. ISBN: 978-1922137-524.

- Browder, J. A. & Schroeder, P. B.** 1981. *Melaleuca* seed dispersal and perspectives on control. In: *Proceedings of a Melaleuca Symposium. Florida Dept. of Agriculture and Consumer Services, Division of Forestry, Tallahassee, Florida*. Vol. 140, 17-21 p.
- Brown, C. & Grace, B.** 2006. Athel pine in the northern territory: a strategic approach to eradication. Fifteenth Australian Weeds Conference.
- Brown, G. K., Udovicic, F. & Ladiges, P. Y.** 2001. Molecular phylogeny and biogeography of *Melaleuca*, *Callistemon* and related genera (Myrtaceae). *Australian Systematic Botany*. 14 (4): 565-585.
- Brown, P. & Daigneault, A.** 2014. Cost-benefit analysis of managing the invasive African tulip tree (*Spathodea campanulata*) in the Pacific. *Environmental Science & Policy*. 39: 65-76.
- Brundu, G. & Camarda, I.** 2004. The exotic flora of Chad: a first contribution. *Weed Technology*. 18 (1): 1226-1231.
- Bruno, G., Stiefkens, L., Hadid, M., Liscovsky, I., Cosa, M. T. & Dottori, N.** 2007. Efecto de la contaminación ambiental en la anatomía de la hoja de *Ligustrum lucidum* (Oleaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 42 (3-4): 231-236.
- Buckingham, G. R.** 2001. Quarantine host range studies with *Lophyrotoma zonalis*, an Australian sawfly of interest for biological control of melaleuca, *Melaleuca quinquenervia*, in Florida. *Biological Control*. 46 (3): 363-386 p.
- Burger, W. & Gentry, A.** 2000. Bignoniaceae. *Fieldiana: Botany*. 41: 77-161.
- Burrows, D. W. & Balciunas, J. K.** 1997. Biology, distribution and host-range of the sawfly, *Lophyrotoma zonalis* (hym., Pergidae), a potential biological control agent for the paperbark tree, *Melaleuca quinquenervia*. *Entomophaga*. 42 (3): 299-313.
- Cáceres, A., Freire, V., Girón, M. L., Avilés, O. & Pacheco, G.** 1991. *Moringa oleifera* (Moringaceae): ethnobotanical studies in Guatemala. *Economic Botany*. 45 (4): 522-523.
- Cacho, O. J., Spring, D., Pheloung, P. C. & Hester, S.** 2006. Evaluating the feasibility of eradicating an invasion. *Biological Invasions*. 8: 903-913.
- Calderón, R. G. & Germán, M. T.** 1993. Meliaceae. En: Rzedowski, R. J. & Calderón, R. G. (eds.). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Instituto de Ecología, A. C. 22 p. ISSN: 0188-5170.
- Cameron, A. & Richter, P.** 2015. Top paddock, newsletter. Northern Territory Government. Department of Primary Industry and Fisheries.

- Campos, J.** 1999. Productos forestales no madereros en Chile. Serie Forestal 10 Corporación de Investigación Tecnológica, INTEC-CHILE y FAO, Santiago, Chile. 65 p.
- Canett-Romero, R., Arvayo-Mata, K. L. & Ruvalcaba-Garfias, N. V.** 2014. Aspectos tóxicos más relevantes de *Moringa oleifera* y sus posibles daños. *Biotecnia*. 16 (2): 36-43.
- Carpenter, S. B. & Smith, N. D.** 1979. Germination of *Paulownia* seeds after stratification and dry storage. *Tree Planters' Notes*. 30 (4): 4-6.
- Carpenter, S. B. & Smith, N. D.** 1981. Germination of *Paulownia* seeds in the presence and absence of light. *Tree Planting Notes*. 32: 27-29.
- Carreras, H. A., Cañas, M. S. & Pignata, M. L.** 1996. Differences in responses to urban air pollutants by *Ligustrum lucidum* Ait. and *Ligustrum lucidum* Ait. f. *tricolor* (REHD.) REHD. *Environmental Pollution*. 93 (2): 211-218.
- Carroll, S. P. & Boyd, C.** 1992. Host race radiation in the soapberry bug: natural history with the history. *Evolution*. 46 (4): 1052-1069.
- Carroll, S. P. & Loye, J. E.** 1987. Specialization of *Jadera* Species (Hemiptera: Rhopalidae) on the Seeds of Sapindaceae (Sapindales), and (Revolutionary Responses of Defense and Attack. *Annals of the Entomological Society of America*. 80 (3): 373-378.
- Cavoski, I., Chami, Z. A., Bouzebboudja, F., Sasanelli, N., Simeone, V., Mondelli, D., Miano, T., Sarais, G., Ntalli, N. & Caboni, P.** 2012. *Melia azedarach* controls *Meloidogyne incognita* and triggers plant defense mechanisms on cucumber. *Crop Protection*. 35: 85-90.
- Cazanga, S. R., Leiva, M. C. & Retamal, G. M.** 2010. Mapas de zonificación de aptitud productiva del territorio nacional de especies vegetales con potencial de producción de biocombustible. Informe final. Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN.
- Center for Invasive Species and Ecosystem Health (CISEH).** 2018. Chinaberry *Melia azedarach* L. Fecha de actualización: octubre 2018. <https://www.invasive.org/browse/subinfo.cfm?sub=3049>.
- Center, T. D., Van, T. K., Rayachhetry, M., Buckingham, G. R., Dray, F. A., Wineriter, S. A., Purcell, M. F. & Pratt, P. D.** 2000. Field colonization of the *Melaleuca* snout beetle (*Oxyops vitiosa*) in south Florida. *Biological Control*. 19 (2): 112-123.
- Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD).** 1988. *Azadirachta indica* A. Jussieu. *Bois et Forêts des Tropiques*. 217 (3): 33-46.

Centre for Agricultural Bioscience International (CABI). 2018a. Datasheet: *Melia azedarach* (Chinaberry). Fecha de actualización: 14 de julio de 2018. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/33144>.

Centre for Agricultural Bioscience International (CABI). 2018b. Datasheet: *Paulownia tomentosa* (paulownia). Pasiecznik, N. (Autor). Fecha de actualización: 27 de septiembre de 2018. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/39100#CE174776-9502-4FB3-ADD9-4B262E0FD4D2>.

Centre for Agricultural Bioscience International (CABI). 2018c. Datasheet: *Moringa oleifera* (horse-radish tree). Vélez-Gavilán, J. (Autor). Fecha de actualización: 3 de enero de 2018. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/34868>.

Centre for Agricultural Bioscience International (CABI). 2018d. Datasheet: *Spathodea campanulata* (African tulip tree). Rojas-Sandoval, J., Acevedo-Rodríguez, P. & Pasiecznik, N (Autor). Fecha de actualización: 15 de noviembre de 2018. <https://www.cabi.org/ISC/datasheet/51139>.

Centre for Agricultural Bioscience International (CABI). 2018e. Datasheet: *Melaleuca quinquenervia* (paperbark tree). Rojas-Sandoval, J., Acevedo-Rodríguez, P. & Pasiecznik, N (Autor). Fecha de actualización: 27 de septiembre de 2018. <https://www.cabi.org/ISC/datasheet/34348>.

Centre for Agricultural Bioscience International (CABI). 2018f. Datasheet: *Azadirachta indica* (neem tree). Rojas-Sandoval, J. & Acevedo-Rodríguez, P (Autor). Fecha de actualización: 29 de noviembre de 2018. <https://www.cabi.org/ISC/datasheet/33144>.

Centre for Agricultural Bioscience International (CABI). 2018g. *Ligustrum Lucidum* (Broad-leaf privet). González-Moreno, P (Autor). Fecha de actualización: 6 de noviembre de 2018. <https://www.cabi.org/ISC/datasheet/30751#36382535-E299-434C-9D43-2AC4949EFE0F>.

Centre for Agricultural Bioscience International (CABI). 2018h. Datasheet: *Koelreuteria paniculata* (Golden rain tree). Fecha de actualización: 28 de marzo de 2018. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/29493>.

Centre for Invasive Species Ecosystem Health. 2016. Invasive.org. Georgia, USA. Fecha de actualización: Octubre 2018. <http://www.invasive.org>.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central. Resultados de cinco años de investigación. Serie técnica. Informe técnico No. 86. Turrialba, Costa Rica. 224 p. ISBN: 9977-951-92-6.

- Cerda-Lemus, M. & González-Adame, G.** 2008. Flora urbana. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE) & Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) (Eds.). *La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado*. México. 216-225 p. ISBN: 978-970-9000-45-0.
- Chamberlain, J. R., Childs, F. J. & Harris, P. J. C.** 2000. An introduction to neem, its use and genetic improvement. Improvement of neem (*Azadirachta indica*) and its potential benefits to poor farmers in developing countries. R7348. 01.04.99-31.12.99. Forestry Research Programme of the Renewable Natural Resources.
- Chávez-León, G.** 2006. Inventario florístico y faunístico del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. AS014, México D. F.
- Cheng, X., He, Z., Yu, M. & Yin, Z.** 2014. Gas exchange characteristics of the hybrid *Azadirachta indica* × *Melia azedarach*. *iForest-Biogeosciences and Forestry*. 8 (4): 431-437.
- Chong, K. Y., Tan, H. T. W. & Corlett, R. T.** 2009. A checklist of the total vascular plant flora of Singapore, native, naturalised and cultivated species. Rafles Museum of Biodiversity Research, National University of Singapore. 273 p. ISBN: 978-981-08-4030-3.
- Christman, S.** 2007. #192 *Koelreuteria paniculata*. Fecha de actualización: 22 de marzo de 2007. <https://floridata.com/plant/192>.
- Chunchukov, A., & Yancheva, S.** 2015. Micropropagation of Paulownia species and hybrids. In: *First National Conference of Biotechnology, Sofia*. 223-230 p.
- Ciesla, W. M.** 1993. ¿Qué le sucede al neem en el Sahel? *Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales*. 44 (172): 1.
- Clatterbuck, W. K. & Hodges, D. G.** 2004. Tree crops for marginal farmland, *Paulownia*, with a financial analysis. The University of Tennessee.
- 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.
- Conkling, S. F.** 1980. A check list of the vascular plants of Nicaragua, 1968-1976. In: *Phytologia Memoirs 1*. New Jersey.
- Connor, K. F. & Francis, J. K.** 2002. *Spathodea campanulata* P. Beauv. In: Vozzo, J. A. (ed.). *Tropical tree seed manual*. U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 716-718 p.
- Cordemoy, E. J.** 1895. Flore de l'île de la Réunion. Librairie Medicale & Scientifique. 574 p.

- Cosme, M., Franken, P., Mewis, I., Baldermann, S. & Wurst, S.** 2014. Arbuscular mycorrhizal fungi affect glucosinolate and mineral element composition in leaves of *Moringa oleifera*. *Mycorrhiza*. 24 (7): 565-570.
- Coombs, M.** 2004. Broadleaf privet, *Ligustrum lucidum* Aiton (Oleaceae), a late-season host for *Nezara viridula* (L.), *Plautia affinis* Dallas and *Glaucias amyoti* (Dallas)(Hemiptera: Pentatomidae) in northern New South Wales, Australia. *Australian Journal of Entomology*. 43 (4): 335-339.
- Cossalter, C. & Pye-Smith, C.** 2003. Fast-wood forestry, myths and realities. Center International Forestry Research (CIFOR). 50 p. ISBN: 979-3361-09-3.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P. & van den Belt, M.** 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. 387: 253-260.
- Craven, L. A. & Dawson, J. W.** 1998. *Callistemon* of New Caledonia transferred to *Melaleuca* (Myrtaceae). *Adansonia*. 20 (1): 191-194.
- Craven, L. A.** 2009. *Melaleuca* (Myrtaceae) from Australia. *Novon: A Journal for Botanical Nomenclature*. 19 (4): 444-453.
- CRC for Australian Weed Management.** 2013. Chinese rain tree (*Koelreuteria elegans* ssp. *formosana*). Commonwealth Department of the Environment and Heritage. 6 p. ISBN: 1-920932-40-2.
- Cruz-Fernandez, M. & Ángel-Sánchez, R.** 2004. El árbol del nim, establecimiento y aprovechamiento en la Huasteca Potosina. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Huichihuayán y Campo Experimental Ébano. Folleto técnico No. 3. San Luis Potosí, México. 23 p.
- Cruz-Fernandez, M.** 1998. Dinámica de la azadiractina en árboles de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) de México y su efecto contra dos insectos de almacén. Tesis de Doctorad. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Csurhes, S. & Edwards, R.** 1998. Potential environmental weeds in Australia: candidate species for preventive control. Biodiversity Group, Environmental Australia, 202 p. ISBN: 0-642-21409-3.
- Csurhes, S. & Navie, S.** 2016. Queensland, Australia: Department of Agriculture and Fisheries, Biosecurity Queensland. 22 p.
- Csurhes, S.** 2016. Invasive plant risk assessment: neem tree, *Azadirachta indica*. Department of Agriculture and Fisheries, Biosecurity Queensland. Queensland Government. 14 p.

D'Antonio, C. A. & Meyerson, L. A. 2002. Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis. *Restoration Ecology*. 10: 703-713.

Dar, W. D. 2017. Challenges in the industrialization of moringa in the Philippines. In: *International Symposium on Moringa*. 1158: 15-18.

Darwin Initiative. 2003. Framework for monitoring invasive tree species in Ghana. Final report. Project Ref. No. 162/9/019. 27 p.

Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (DAISIE). 2019a. Species factsheet: *Paulownia tomentosa*. Fecha de actualización: s/f. <http://www.europe-aliens.org/speciesFactsheet.do?speciesId=18222#>.

Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (DAISIE). 2019b. Species factsheet: *Ligustrum lucidum*. Fecha de actualización: s/f. <http://www.europe-aliens.org/speciesFactsheet.do?speciesId=19492>.

Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (DAISIE). 2019c. Species factsheet: *Koelreuteria paniculata*. Fecha de actualización: s/f. <http://www.europe-aliens.org/speciesFactsheet.do?speciesId=17132#>.

Deng, M., Cao, Y., Zhao, Z., Yang, L., Zhang, Y., Dong, Y. & Fan, G. 2017. Discovery of microRNAs and their target genes related to drought in *Paulownia* "Yuza 1" by high-throughput sequencing. In: *International Journal of Genomics*. 1-11p.

Department of Agriculture and Fisheries (DAF). 2016. Fact sheet: African tulip tree *Spathodea campanulata*. In: *Restricted invasive plant*. Biosecurity Queensland. Queensland, Australia. 7 p.

Dhaliwal, G. S., Arora, R. & Koul, O. 2004. Neem research in Asian continent: Present status and future outlook. In: Koul, O. & Wahab, S. (eds.). *Neem: Today and in the new millennium*. Kluwer Academic Publishers. 65-96 p. ISBN: 1-4020-2596-3.

Di Stefano, J. F. & Fisher, R. 1984. Invasion potential of *Melaleuca quinquenervia* in southern Florida, U.S.A. *Forest Ecology and Management*. 7 (2): 133-14.

Diario Oficial de la Federación 7 de diciembre 2012. Lista de las Especies Exóticas Invasoras para México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Dias, D., Bocado, P. J., de Souza, H. G. & Furtado, E. L. 2009. Ocorrência de queima foliar em árvores de Santa Bárbara (*Melia azedarach*) causado por *Cercospora meliae*. *Summa Phytopathol.* 35 (1): 72.

- Dias, M. C., Azevedo, C., Costa, M. Pinto, G. & Santos, C.** 2014. *Melia azedarach* plants show tolerance properties to water shortage treatment: An ecophysiological study. *Plant Physiology and Biochemistry*. 75: 123-127.
- Diatloff, A., Wood, B. A. & Wright, D. G.** 1993. Bacterial wilt of neem tree caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Australasian Plant Pathology*. 22 (1): 1.
- Diehl, J.** 2014. Integrated pest management (IPM) techniques for *Moringa oleifera*. Tesis de Doctorado, The Pennsylvania State University.
- Dirección de Reforestación Urbana.** s/f. Manual técnico para el establecimiento y manejo integral de las áreas verdes urbanas del Distrito Federal. Gobierno del Distrito Federal. Secretaria del Medio Ambiente. Dirección General de la Unidad de Bosques Urbanos y Educación Ambiental. 25 p.
- Dirr, A. M. & Warren, S. K.** 2019. The tree book, superior selections for landscapes, streetscapes, and gardens. Timber Press. Portland, Oregon. 939 p. ISBN: 978-1-60469-714-8.
- Doran, J. C.** 1997. Seed, nursery practice and establishment. In: Doran, J. C. & Turnbull, J. W. (eds.). *Australian trees and shrubs: species for land rehabilitation and farm planting in the tropics*. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia. 59-87 p. ISBN 1 86320 127 0.
- Doran, J. C. & Gunn, B. V.** 1995. Recursos Genéticos Forestales. No. 22. FAO, Roma, Italia. Fecha de actualización: ND. <http://www.fao.org/3/v3965s/V3965S07.htm#ch7>.
- Doran, J. C. & Turnbull, J. W.** 1997. Australian trees and shrubs: species for land rehabilitation and farm planting in the tropics. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia. 328-329 p. ISBN 1 86320 127 0.
- Doran, J. C., Turnbull, J. W., Martensz, P. N., Thomson, L. A. & Hall, N.** 1997. "Introduction to the species" digests. In: Doran, J. C. & Turnbull, J. W. (eds.). *Australian Trees and Shrubs: species for land rehabilitation and farm planting in the tropics*. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia. 328-329 p. ISBN 1 86320 127 0.
- Dos Santos, A. S. & Kiwango, H. R.** 2010. Management of invasive plants in tropical forest ecosystems: trials of control methods of *Azadirachta indica*. *World Applied Sciences Journal*. 10 (12): 1414-1424.
- Dosmann, M. & Whitlow, T.** 2006. Unlocking the genetic potential of goldenrain tree. *Landscape Plant News*. 17 (2): 8-11.
- Dosmann, M. S., Whitlow, T. H. & Ho-Duck, K.** 1936. The (un) natural and cultural history of Korean goldenrain tree. *Arnoldia*. 64 (1): 16-30.

Dray, F. A., Hale, R. E., Madeira, P. T., Bennett, B. C. & Center, T. D. 2009. Concordance between life history traits, invasion history, and allozyme diversity of the Everglades invader *Melaleuca quinquenervia*. *Aquatic Botany*. 90 (4): 296–302.

Drechsel, P., Glaser, B. & Zech, W. 1991. Effect of four multipurpose tree species on soil amelioration during tree fallow in Central Togo. *Agroforestry systems*. 16 (3): 193-202.

Duncan, R. P., Blackburn, T. M. & Sol, D. 2003. The ecology of bird introductions. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 34 (1):71-98.

Duvall, G. 1802. An experimental botánico-medical essay on the *Melia azedarach* of Linneus. Tesis de Doctorado en Medicina, Universidad de Pensilvania.

Elton, C. S. 1958. The ecology of invasions by animals and plants. Methuen, London.

EN CONTACTO MGZ. 2014. Reforestar Tijuana es factor importante para la preservación del medio ambiente. Fecha de actualización: 1 de abril de 2014. <http://www.encontactomagazine.com/sin-categoria/reforestar-tijuana-es-factor-importante-para-la-preservacion-del-medio-ambiente/>.

Environs Kimberley. 2017a. Eradicating neems from the Joonjoo Botanical Trail. Fecha de actualización: Marzo de 2017. https://www.environskimberley.org.au/derby_weed_project.

Environs Kimberley. 2017b. Kimberley weed control note. Fecha de actualización: Marzo de 2017. <https://d3n8a8pro7vhmx.cloudfront.net/environskimberley/pages/147/attachments/original/1512019408/Neem-Id-and-Control-Note.pdf?1512019408>.

Environs Kimberley. 2017c. Derby declares war on weeds. Fecha de actualización: Marzo de 2017. https://d3n8a8pro7vhmx.cloudfront.net/environskimberley/pages/168/attachments/original/1514874235/Derby_Declares_War_on_Weeds.pdf?1514874235.

Ervina, M. 2018. A review: *Melia azedarach* L. as a potent anticancer drug. *Pharmacognosy Reviews*. 12 (23): 94-102.

Escobar-Maldonado, A. 2019. Video: Naturaleza Viva!!! Fecha de actualización: 2 de marzo de 2019. <https://www.facebook.com/arnulfo.escobarmaldonado/videos/10217401630809402/>.

Espinoza-Alvarez, M. M. 1998. Factibilidad técnica económica de las substancias insecticidas del neem (*Azadirachta indica* A. Juss) en sistemas ecológico ambiental del sur de Sonora. Tesis de Maestría en Ciencias, Tecnológico de Monterrey.

Essl, F. 2007. From ornamental to detrimental? The incipient invasion of Central Europe by *Paulownia tomentosa*. *Preslia*. 79: 377-389.

Estrada, A., Villareal, J. A., Encina, J. A., Garza, P., Patiño, A. M., Salinas, M. M., Marmolejo, J. G. & Arévalo, J. R. 2017. Arbusto y árboles silvestres de las planicies y laderas de montaña en Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. 317 p. ISBN: 978-607-27-0812-9.

Estrada, J., López, M. T., Castillo, B. Z. & Puig, N. 2007. Bioinsecticidas de nim en la agricultura urbana. *Agrícola Orgánica*. 3: 44-45.

Estrada-Castillón, E., Villarreal-Quintanilla, J. Á., Salinas-Rodríguez, M. M., Rodríguez-González, H., Jiménez-Pérez, J. & García-Aranda, M. A. 2013. Flora and phytogeography of Cumbres de Monterrey National Park, Nuevo León, México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*. 7 (2): 771-801.

European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). 2005. Mini data sheet on *Ceroplastes ceriferus*. Fecha de actualización: ND. https://gd.eppo.int/download/doc/1055_minids_CERPCE.pdf

Evans, C. W., Moorhead, D. J., Barger, C. T. & Douce, G. K. 2006. Invasive plants responses to silvicultural practices in the south. The University of Georgia Bugwood Network, Tifton GA, BW-2006-03. 52 p.

Export-Import Bank of India. 2013. Neem - potential medicinal planta. Agri export advantage. Vol. XVII.

Fahey, J. W. 2005. *Moringa oleifera*: A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. *Trees for life Journal*. 1 (5): 21205-2185.

Falasca, S., Ulberich, A. & Miranda, C. 2015. Potenciales áreas de cultivo de *Melia azedarach* L. en Argentina, como productora de aceite para biodiesel y bioinsecticida. *Quebracho-Revista de Ciencias Forestales*. 23 (1,2): 18-29.

Fan, G., Yang, L., Deng, M., Niu, S., Zhao, Z., Dong, Y. & Li, Y. 2016. Comparative analysis of microRNAs and putative target genes in hybrid clone *Paulownia* 'yuza 1' under drought stress. *Acta Physiologiae Plantarum*. 38 (8): 203.

Fan, G., Zhai, X., Niu, S. & Ren, Y. 2014. Dynamic expression of novel and conserved microRNAs and their targets in diploid and tetraploid of *Paulownia tomentosa*. *Biochimie*. 102: 68-77.

FAO. 2000. Especies extrañas perjudiciales para los bosques de América del Norte. Comisión Forestal para América del Norte. 20a reunión. St. Andrews, New Brunswick, Canadá, 12-16 de junio de 2016.

FAO. 2019. La red Internacional del Neem. Fecha de actualización: 25 de abril de 2007. <http://www.fao.org/forestry/neem/5311/es/>.

Farquhar, R. T. 1822. Catalogue of exotic plants, cultivated in the island of Mauritius. Mallac Brothers, Printers to Government. 44 p.

Fernández, E., Baya, F. J., Cruz, C. A., Soliz, C. A., Baya, A. F. & Torrico, G. G. 2016. Guía de árboles y arbustos del campus “Las Cuadras”, valorando la Universidad Mayor de San Simón. Dirección de Investigación Científica y Tecnológica. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 150 p. ISBN: 978-99974-65-39-9.

Fernández, N. R. & CONABIO. 2018. *Koelreuteria paniculata* Laxm. Fecha de actualización: octubre 2018. <https://www.gbif.org/occurrence/1896039911>.

Ferreiro, D., Orozco, J. P. Mirón, C. Real, T., Hernández, D., Soler, F. & Pérez, M. 2010. Chinaberry tree (*Melia azedarach*) poisoning in dog: a case report. *Topics in Companion Animal Medicine*. 25 (1): 64-67.

Ferreras, A. E., Torres, C. & Galetto, L. 2008. Fruit removal of an invasive exotic species (*Ligustrum lucidum*) in a fragmented landscape. *Journal of Arid Environments*. 72: 1573-1580.

Ferrer-Gallego, P. P., Guillot, O. D. & Laguna, L. E. 2016. Nuevas citas para la flora alóctona en la provincia de Valencia. *Bouteloua*. 24: 126-131.

Flora of Qatar. 2016a. *Melia azedarach* L. Fecha de actualización: 21 de marzo de 2016. http://www.floraofqatar.com/melia_azedarach.htm.

Flora of Qatar. 2016b. *Moringa oleifera* Lam. Fecha de actualización: 28 de marzo de 2016. http://www.floraofqatar.com/moringa_oleifera.htm.

Foidl, N., Makkar, H. P. S. & Becker, K. 2001. The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. The miracle tree: The multiple attributes of *Moringa*. Dar Es Salaam. 45-76 p.

Fosberg, F. R. 1957. The Maldivias Islands, Indian Ocean. *Atoll Research Bulletin*. 58: 1-37

Fosberg, F. R., Sachet, M. H. & Royce, O. 1979. A geographical checklist of the Micronesian dicotyledonae. *Micronesia*. 15 (1-2): 41-295.

Fosberg, F. R., Sachet, M. H. & Stoddart, D. R. 1983. List of the recorded vascular flora of Agalega. *Atoll Research Bulletin*. 273: 109-142.

Francis, J. K. & Liogier, H. A. 1991. Naturalized exotic tree species in Puerto Rico. General Technical Report SO-82, U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 12 p.

Francis, J. K. & Lowe, C. A. 2000. Bioecología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. Gen. Tech. Rep. IITF-15. Río Piedras, Puerto Rico: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. 582 p.

Francis, J. K. 1990. *Spathodea campanulata* Beauv. African tulip tree. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. SO-ITF-SM. 5 p.

Franck, A. R. & Bornhorst, K. 2019. *Moringa oleifera* Lam. University of South Florida Herbarium (USF). Fecha de modificación: s/f. <https://www.gbif.org/occurrence/1503293519>.

Franco, D. P., Guerreiro, J. C., Ruiz, M. G. & Da Silva, R. M. G. 2015. Evaluación del potencial insecticida del néctar de *Spathodea campanulata* (Bignoniaceae) sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Colombiana de Entomología*. 41 (1): 63-67.

Freire-Moro, M., Westerkamp, C. & Martins, F. R. 2013. Naturalization and potential impact of the exotic tree *Azadirachta indica* A. Juss. in Northeastern Brazil. *Check List*. 9 (1): 153-156.

Fronza. 2019. *Koelreuteria paniculata*. Fecha de actualización: s/f. <https://www.fronza.com/productos/koelreuteria-paniculata>.

Frutos, M. 2018. El llamado “árbol del futuro” está en NL. Fecha de actualización: 23 de mayo de 2018. <https://www.posta.com.mx/nuevo-leon/el-llamado-arbol-del-futuro-esta-en-nl>.

Fuentes, F. 1913. Reseña botánica sobre la Isla de Pascua. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile*. 5: 320-337.

Fuentes, V. R., Granda, M. M., Lemes, C. M. & Rodríguez, C. A. 2001. Estudio fenológico en plantas medicinales XII. *Revista Cubana Plantas Medicinales*. 6 (3): 87-92.

Fuji, Y., Parvez, S. S., Parvez, M. M., Ohmae, Y. & Iida, O. 2003. Screening of 239 medicinal plant species for allelopathic activity using the sandwich method. *Weed Biology and Management*. 3: 233-241.

Galán, C. W. E & Ramírez, M. J. B. 2011. Evaluación de los extractos de hojas de *Azadirachta indica* (Nim) para control de *Meloidogyne sp.* (nematodo parásitos) de *Coffea arabica* (café). Tesis de Licenciatura, Universidad del El Salvador.

Gamble, J. S. 1902. A Manual of Indian Timbers (Reprint 1972) Bishen Singh Mohinderpal Singh, Dehradun, India.

García, J. F., Aguirre, Ó., Estrada, E., Flores, J., Jiménez, J. & Jurado, E. 2007. Germinación y establecimiento de plantas nativas del matorral tamaulipeco y una especie introducida en un gradiente de elevación. *Madera y Bosques*. 13 (1): 99-117.

Gardencenterejea. 2019. *Koelreuteria paniculata*. Fecha de actualización: s/f. <https://gardencenterejea.com/arboles/1336-koelreuteria-paniculata.html>.

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.

Gargominy, O., Bouchet, P., Pascal, M., Jaffré, T. & Tourneur, J. C. 1996. Conséquences des introductions d'espèces animales et végétales sur la biodiversité en Nouvelle-Calédonie. *Revue D'Écologie*. 51: 375-402.

Gaucín, N. 2000. Biología de la conservación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en el Sótano del Barro, Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Informe final SNIB- CONABIO proyecto No. L204. México D.F.

Gavier-Pizarro, G., Kuemmerle, T., Hoyos, L. E., Stewart, S. I., Huebner, C. D., Keuler, N. S. & Radeloff, V. C. 2012. Monitoring the invasion of an exotic tree (*Ligustrum lucidum*) from 1983 to 2006 with Landsat TM/ETM + satellite data and Support Vector Machines in Córdoba, Argentina. *Remote Sensing of Environment*. 122: 134-145.

Geary, T. F. & Woodall, S. L. 1900. *Melaleuca quinquenervia*. In: Burns, R. M. & Honkala, B. H. (eds.). *Silvics of North America*. Vol. 2: Hardwood. Agriculture Handbook No. 654. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. 877 p.

Geary, T. F. 1998. *Melaleuca quinquenervia*. In: Burns, R. M., Mosquera, M. S. & Whitmore, J. L. (eds.). *Useful Trees of the Tropical Region of North America*. North American Forestry Commission. Publication No. 3, Washington, D. C. 207- 216 p.

Geilfus, F. 1994. El árbol al servicio del agricultor, manual de agroforestería para el desarrollo rural. Volumen 2, Guía de especies. Enda-Caribe y CATIE, Turrialba, Costa Rica. 774 p. ISBN: 9977-57-174-0

Gentry, A. H. 1974. Coevolutionary patterns in Central American Bignoniaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 61 (3): 728-759.

Gershenson, J. & Croteau, R. 1992. Terpenoides. In: Rosenthal, G. A. & Berenbaum, M. R. (eds.). *Herbivores: Their interactions with secondary plant metabolites*, vol. 1: The Chemical Participants, 2nd ed. Academic Press, San Diego, CA. 165-219 p.

Ghahari, S., Alinezhad, H., Nematzadeh, G. A. & Ghahari, S. 2015. Phytochemical screening and antimicrobial activities of the constituents isolated from *Koelreuteria paniculata* leaves. *Natural Product Research*. 29 (19): 1865-1869

Gilman, E. F. & Watson, D. G. 1993. *Koelreuteria paniculata* Goldenraintree. Forest Service Department of Agriculture. Factsheet ST-338.

Global Biodiversity Information Facility (GBIF). 2019. GBIF Occurrence Download. Fecha de actualización: 05 de enero de 2019. <https://doi.org/10.15468/dl.5invsl>

Godino, M., Arias, C. & Izquierdo, M. I. 2013. Interés forestal de la *Moringa oleifera* y posibles zonas de implantación en España. In: 6º Congreso Forestal Español: "Montes: Servicios y desarrollo rural". Sociedad Española de Ciencias Forestales, Barcelona, ESP. 2-13 p.

González, D. 2018. Paulownias, opción para reforestar. El Siglo de Torreón. Fecha de actualización: 25 de junio de 2018. <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/1473849.paulownias-opcion-para-reforestar.html>.

González-Moreno, P. 2018. *Ligustrum Lucidum* (Broad-leaf privet). Invasive Species Compendium Centre for Agricultural Bioscience International (CABI). Fecha de actualización: 6 de noviembre de 2018. <https://www.cabi.org/ISC/datasheet/30751#36382535-E299-434C-9D43-2AC4949EFE0F>.

Gordon, D. R., Mitterdorfer, B., Pheloung, P. C., Ansari, S., Buddenhagen, C., Chimera, C., Daehler, C. C., Dawson, W., Denslow, J. S., LaRosa, A. M., Nishida, T., Onderdonk, D. A., Panetta, F. D., Pyšek, P., Randall, R. P., Richardson, D. M., Tshidada, N. J., Virtue, J. G. & Williams, P. A. 2010. Guidance for addressing the Australian Weed Risk Assessment questions. *Plant Protection Quarterly*. 25 (2): 56-74.

Gouldthorpe, J. 2008. Athel pine: national best practice management manual. Australian Government.

Grajales, S. M., Ovando, C. M. E. & Manjares, S. M. 2001. Evaluación de parcelas de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) en la región del pacifico sur. En: Osuna, L. E. (ed.). *Memoria: Potencialidades y manejo del neem*. INIFAP. 58-67 p.

Grove, E. & Clarkson, B. D. 2005. An ecological study of chinese privet (*Ligustrum sinense* Lour.) in the Waikato Region. Contract Report No. 41. Centre for Biodiversity and Ecology Research. Department of Biological Sciences. University of Waikato. Hamilton, New Zealand. 5 p.

Grubben, G. J. H. & Denton, O. A. 2004. Vegetables. Plant Resources of Tropical Africa 2. PROTA Foundation/Backhuys Publishers/CTA Wagening, Netherlands. 668 p. ISBN: 90-5782-147-8.

- Gu, J., Su, J., Lin, R., Li, R. & Xiao, P.** 2011. Testing four proposed barcoding markers for the identification of species within *Ligustrum* L. (Oleaceae). *Journal of Systematics and Evolution*. 49 (3): 213–224.
- Guillot-Ortiz, D.** 2009. Flora ornamental española: aspectos históricos y principales especies. Monografía de Bouteloua, No. 8. 274 p. ISBN: 978-84-937528-1-1.
- Gunderson, L. H.** 1983. Status of exotic woody species in Big Cypress National Preserve. South Florida Research Center Report SFRC-83/07. 22 p.
- Gutiérrez-Liñán, J. L. & Ocaña-Delgado, R.** 2009. Manual para el cultivo de *Paulownia elongata*. Cuadrenos de investigación. 1ra edición. Universidad Autónoma del Estado de México. 41 p. ISBN: 978-607-422-064-3.
- Haines, H. H.** 1922. Botany of Bihar and Orissa. Part IV. Gamopetalae. Adlard & Son & West Newman, London. 1350 p.
- Hammer, R. L.** 1996. Invasive Plants: Weeds of the Global Garden. In: Randall, J. M. & Marinelli, J. (eds). Washington. Brooklyn Botanic Garden; 1st edition. 111 p. ISBN: 0945352956.
- Hare, W. R.** 1998. Chinaberry (*Melia azedarach*) poisoning in animals. In: Garland, T. & Barr, A. C. (eds.). *Toxic plants and other natural toxicants*. Wallingford: CAB International. 514-516 p. ISBN: 0-85199-263-3.
- Hasegawa, M., Matsumura, J., Kusano, R., Tsushima, S., Sasaki, Y. & Oda, K.** 2010. Acoustoelastic effect in *Melia azedarach* for nondestructive stress measurement. *Construction and Building Materials*. 24 (9): 1713–1717
- Hashimoto, Y., Hattori, T., Ishida, H., Akamatsu, H. & Tamura, K.** 2003. Distribution of the Alien species *Ligustrum lucidum* (Oleaceae) on a sandbank in the Inagawa River in Hyogo Prefecture, western Japan. *Human and Nature*. 14: 55-61.
- Hatch, L. C.** 2015. Cultivars of woody plant: *Lavandula*, *Lantana*, *Laurus* and other genera. Third edition. TCR Press. 131 p.
- Helbig, K.** 1957. La cuenca alta de El Zamorano. Un estudio de paisaje de Honduras, C. A. *Comunicaciones*. 6 (2): 69-76.
- Henderson, L. & Musil, K. J.** 1984. Exotic woody plant invaders of the Transvaal. *Bothalia*. 15 (1, 2): 297-313.
- Hernández, L., Parés-Jiménez, V., Lizcano, D. J. & Cerón, M. C. E.** 2016. Plantas leñosas del Parque Nacional Machalilla, Ecuador: Una lista de especies. *Arnaldia*. 23 (1): 363-392.

- Hernández-Peña, J. & García-Solís, A.** 2016. Diagnóstico de Especies Exóticas Invasoras (Trueno chino, Carrizo, Tabaco silvestre, Kalanchoe y Sombrilla japonesa) en Predios del PNCM. Informe final al Global Environment Facility (GEF) sobre el Proyecto, 89333.
- Heuzé, V., Tran, G., Hassoun, P., Bastianelli, D. & Lebas, F.** 2017. Moringa (*Moringa oleifera*). Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. Fecha de actualización: 6 de junio de 2017. <https://www.feedipedia.org/node/124>.
- Hofstetter, R. L.** 1991. The current status of *Melaleuca quinquenervia* in southern Florida. In: Center, T. D., Doren, R. F., Hofstetter, R. L. Myers, R. L. & Whiteaker, L. D. (eds). *Proceedings of the Symposium on Exotic Pest Plants*. 2–4 November 1988, University of Miami, Florida. National Park Service, Denver. 159–176 p.
- Hossain, M. M., Miah, G., Ahamed, T. & Sarmin, N. S.** 2012. Allelopathic effect of *Moringa oleifera* on the germination of *Vigna radiata*. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 4 (3): 114-121.
- Hossain, M. S., Saed, A., Karmakar, U. K. & Hossain, M. A.** 2013. Assessment of phytochemical, analgesic and antioxidant profile of *Melia azedarach* L. [leaves] (Family-Meliaceae). *The Pharma Innovation*. 2 (7): 1-6.
- Hough, B. R.** 1907. Handbook of the trees of the northern states and Canadá, east of the Rocky Mountains. Publicado por el autor. 410-411 p.
- Howard, R. A. & Kellogg, E. A.** 1987. Contributions to a flora of Anguilla and adjacent islets. *Journal of the Arnold Arboretum*. 68 (1): 105-131.
- Howard, R. A.** 1978. Botanical impressions of the People's Republic of China. *Arnoldia*. 38 (6): 218-237.
- Hoyos, L. E., Gavier-Pizarro, G. I., Kuemmerle, T., Bucher, E. H., Radeloff, V. C. & Tecco, P. A.** 2010. Invasion of glossy privet (*Ligustrum lucidum*) and native forest loss in the Sierras Chicas of Córdoba, Argentina. *Biological Invasions*. 12: 3261-3275.
- Hussain, S., Malik, F. & Mahmood, S.** 2014. An exposition of medicinal preponderance of *Moringa oleifera* (Lank.). *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*. 27 (2): 397-403
- Hyde, M. A., Wursten, B. T., Ballings, P. & Coates-Palgrave, M.** 2019. Flora of Zimbabwe. Fecha de actualización: 1 de abril de 2018. <https://www.zimbabweflora.co.zw/speciesdata/utilities/utility-species-search.php>.
- Icka, P., Damo, R. & Icka, E.** 2016. *Paulownia tomentosa*, a fast growing timber. The Annals of Valahia University of Targoviste.

Idárraga, P. A., Ortiz, R. C., Callejas, P. R. & Merrello, M. 2011. Catálogo de las plantas vasculares, flora de Antioquía. Vol. II. Universidad de Antioquia, Missouri Botanical Garden & Oficina de Planeación Departamental de la Gobernación de Antioquia. 939 p. ISBN: 978-958-8709-61-1.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1995. Síntesis geográfica del estado de Baja California Sur. 49 p. ISBN: 970-13-0097-1.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2009. Tuxpan, Veracruz de Ignacio de Llave, clave geoestadística 30189. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.

Isman, M. B. 2004. Factors limiting commercial success of neem insecticides in north America and western Europe. In Koul, O. & Wahab, S. (eds.). *Neem: today and in the new millennium*. Kluwer Academic Publishers. 33-41 p. ISBN: 978-1-4020-1229-7.

Ito, C. & Fujiwara, K. 2007. Habitat and ecological characteristics of the alien species *Ligustrum lucidum* Ait. in urban forests in Japan-comparison with native *Ligustrum* species. *Japanese Journal of Conservation Ecology*. 12 (2): 143-150.

Jacobs, L. E., Wyk, E. & Wilson, J. R. 2015. Recent discovery of small naturalised populations of *Melaleuca quinquenervia* (Cav.) ST Blake in South Africa. *BioInvasions Records*. 4 (1): 53-59.

Jahn, S. A., Musnad, H. A. & Burgstaller, H. 1986. The tree that purifies water: cultivating multipurpose Moringaceae in the Sudan. *Unasylva*. 38 (2): 23-28.

Jaramillo-Díaz, P., Guézou, A., Mauchamp, A. & Tye, A. 2018. CDF Checklist of Galapagos Flowering Plants - FCD Lista de especies de Plantas con flores Galápagos. In: Bungartz, F., Herrera, H., Jaramillo, P., Tirado, N., Jiménez-Uzcátegui, G., Ruiz, D., Guézou, A. & Ziemmeck, F. (eds.). *Charles Darwin Foundation Galapagos Species Checklist - Lista de Especies de Galápagos de la Fundación Charles Darwin*. Charles Darwin Foundation.

Jardineriaon.com. s/f. Aligustre arbóreo (*Ligustrum lucidum*). Fecha de actualización: s/f. <https://www.jardineriaon.com/ligustrum-lucidum.html>.

Jarrillo, J., Castillo, E., Degollado, O., Flores, F. R., Valles, B. & Escobar, R. 2013. Emergencia de semillas de piocho (*Melia azedarach* L.) sometida a diferentes tiempos de escarificación con H₂SO₄. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 17 (3): 83-88.

Johnson, S. B. 2009. Privet species—are we sitting on species time bombs? In: *Proceedings of the 15th Biennial NSW Weeds Conference*, Narrabri.

Johnston, J. R. 1909. Flora of the islands of Margarita and Coche, Venezuela. *Proceedings of the Boston Society of Natural History*. 34 (7): 163-312.

- Juana-Clavero, J.** 2014. *Ligustrum japonicum* Thunb. us *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton. *Bouteloua*. 17: 76-101.
- Jyothi, P. V., Atluri, J. B. & Reddi, C. S.** 1990. Pollination ecology of *Moringa oleifera* (Moringaceae). *Proceedings: Plant Sciences*. 100 (1): 33-42
- Kairo, M., Ali, B., Cheesman, O., Haysom, K. & Murphy, S.** 2003. Invasive species threats in the Caribbean region. Report to the Nature Conservancy. Curepe, Trinidad and Tobago: CAB International, 132 p.
- Karmakar, P. R. & Chatterjee, B. P.** 1994. Isolation and characterization of two IgE-reactive proteins from *Azadirachta indica* pollen. *Molecular and Cellular Biochemistry*. 131 (1): 87-96.
- Keighery, G. J., Gibson, N., Kenneally, K. F. & Mitchell, A. A.** 1995. Biological inventory of Koolan Island, Western Australia, flora and vegetation. *Records of the Western Australian Museum*. 17 (3): 237-248.
- Keller, R. P. & Perrings, C.** 2011. International policy options for reducing the environmental impacts of invasive species. *BioScience*. 61 (12): 1005-1012.
- Keller, R. P., Cadotte, M. W. & Sandiford, G.** 2015. Invasive species in a globalized world. Ecological, social & legal perspectives on policy. The University of Chicago Press. Chicago & London.
- Keppel, G. & Watling, D.** 2011. Ticking time bombs – current and potential future impacts of four invasive plant species on the biodiversity of lowland tropical rainforests in south-east Viti Levu, Fiji. *The South Pacific of Natural and Applied Sciences*. 29 (1): 43-45.
- Khuroo, A. A., Weber, E., Malik, A. H., Reshi, Z. A., & Dar, G. H.** 2011. Altitudinal distribution patterns of the native and alien woody flora in Kashmir Himalaya, India. *Environmental Research*. 111 (7): 967-977.
- Kirtikar, K. R. & Basu, B. D.** 1918. Indian medicinal plants. Panini Office, Bhuwaneswari Asrama, Bahadurganj.
- Kline, W. N. & Duquesnel, J. G.** 1996. Management of invasive exotic plants with herbicides in Florida. *Down To Earth*. 51 (2): 22-28.
- Koul, O.** 2004. Neem: a global perspective. In: Koul, O. & Wahab, S. (eds.). *Neem: Today and in the new millennium*. Kluwer Academic Publishers. 1-20 p. ISBN: 1-4020-2596-3.
- Koul, O., Isman, M. B. & Ketkar, C. M.** 1990. Properties and uses of neem, *Azadirachta indica*. *Canadian Journal of Botany*. 68 (1): 1-11.

- Kueffer, C. & Lavergne, C.** 2004. Forest Health & Biosecurity Working Papers: Case studies on the status of invasive woody plant species in the western Indian Ocean. 4. Réunion. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FBS/4-4E. 37 p.
- Kueffer, C. & Mauremootoo, J.** 2004. Forest Health & Biosecurity Working Papers: Case studies on the status of invasive woody plant species in the western Indian Ocean. 3. Mauritius (Islands of Mauritius and Rodriguez). Food and Agriculture Organization of the United Nations. FBS/4-3E. 35 p.
- Kueffer, C. & Vos, P.** 2004. Forest Health & Biosecurity Working Papers: Case studies on the status of invasive woody plant species in the western Indian Ocean. 5. Seychelles. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FBS/4-5E. 58 p.
- Kumar, M., Kumar, S. & Kaur, S.** 2011. Investigations on DNA protective and antioxidant potential of chloroform and ethyl acetate fractions of *Koelreuteria paniculata* Laxm. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 5 (3): 421-427.
- Kumar, P. P., Rao, D. C., Rajaseger, G., & Rao, A. N.** 1999. Seed surface architecture and random amplified polymorphic DNA profiles of *Paulownia fortunei*, *P. tomentosa* and their hybrid. *Annals of Botany*. 83 (2): 103-107.
- Kumar, S. P., Das, B. & Bhatt, B. P.** 2017. Bakain (*Melia azedarach* L.): a promising agroforestry species for improving livelihood to farmers of Eastern Plateau and Hill Region of India. *The Bioscan*, 12 (2): 1095-1100.
- Kumaran, K., Kanna, S. U., Geethanjali, K. & Paramathma, M.** 2005. Allelopathic effect of *Eucalyptus tereticornis* on neem. *Indian Forester*. 131 (4): 595-596.
- Kumssa, D. B., Joy, E. J., Young, S. D., Odee, D. W., Ander, E. L., Magare, C. & Broadley, M. R.** 2017. Challenges and opportunities for *Moringa* growers in southern Ethiopia and Kenya. *PLoS one*. 12 (11): e0187651.
- Kuppinger, D. M.** 2008. Post-fire vegetation dynamics and invasion of *Paulownia tomentosa* in the southern Appalachians. Tesis de Doctorado, Universidad del Norte de Carolina.
- Labrada, R. & Díaz, M. A.** 2009. The invasiveness of the African Tulip tree, *Spathodea campanulata* Beauv. *Biodiversity*. 10 (2-3): 79-82.
- Laguna-Lumbreras, E. & Gallego-Ferrer, P. P.** 2012. Nuevas plantas alóctonas relevantes para la Comunidad Valenciana. *Flora Montiberica*. 51 (4): 80-84.
- Langdon, K. R. & Johnson, K. D.** 1994. Additional notes on invasiveness of *Paulownia tomentosa* in natural areas. *Natural Areas Journal*. 14: 139-140.

Lapie, G. & Maige, A. 1914. Flore forestiere de l'Algérie. Librairie Générale de l'Enseignement. 357 p.

Laroche, F. B. 1999. *Melaleuca* Management Plan: Ten years of successful melaleuca management in Florida 1988-1998. Florida Exotic Pest Plant Council. 106 p.

Larrue, S., Daehler, C., Vautier, F. & Bufford, J. L. 2014. Forest Invasion by the African Tulip Tree (*Spathodea campanulata*) in the Hawaiian Islands: Are seedlings shade-tolerant? *Pacific Science*. 68 (3): 345-358.

Larrue, S., Daehler, C. C., Meyer, J. Y., Pouteau, R. & Voldoire, O. 2016. Elevational distribution and photosynthetic characteristics of the invasive tree *Spathodea campanulata* on the island of Tahiti (South Pacific Ocean). *NeoBiota*. 30: 127-149.

Lehman, R. L., Brien, R. & White, T. 2009. Plants of The Texas Coastal Bend. Texas A&M University-Corpus Christi. 368 p. ISBN: 1-58544-408-1

Lemmens, R. H. M. J., Soerianegara, I. & Wong, W. C. 1995. *Azadirachta indica* A. H. L. Juss. Timber trees: minor commercial timbers. *Plant Resources of South-East Asia*. 5 (2): 72-78.

Levine, J. M. & D'Antonio, C. M. 2003. Forecasting biological invasions with increasing international trade. *Conservation Biology*. 17 (1): 322-326.

Ley General de Vida Silvestre (LGVS). 2018. Ley General de Vida Silvestre. Última reforma Enero, 2018. México.

Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente (LGEEPA). 2018. Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Última reforma DOF 15/05/2008, México, D. F., Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgeepa.htm>.

Li, X., Xiao, L., Lin, Z., He, W., Yang, Q., Yao, Y., Ren, D., Guo, J. & Guo, S. 2016. Fossil fruits of *Koelreuteria* (Sapindaceae) from the Miocene of northeastern Tibetan Plateau and their palaeoenvironmental, phytogeographic and phylogenetic implications. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 234: 125-135.

Li, Y., Fan, G., Dong, Y., Zhao, Z., Deng, M., Cao, X., Xu, E. & Niu, S. 2014. Identification of genes related to the phenotypic variations of a synthesized *Paulownia* (*Paulownia tomentosa* × *Paulownia fortunei*) autotetraploid. *Gene*. 553 (2): 75-83.

Liang-Xiong, H., Ye, C. Zheng-Sheng, H. Zhi-Wen, Z. & Bin, X. 2014. Demographic analysis of the fitness of *Problepsis superans* (Lepidoptera: Geometridae) feeding on the three *Ligustrum* (Lamiales: Oleaceae) Species. *Journal of economic entomology*. 107 (3): 1045-1054.

- Lianli, L. & Olson, M. E.** 2001. Moringaceae: *Moringa oleifera*. Flora of China. 8: 196.
- Lichstein, J. W., Grau, R. & Aragón, R.** 2004. Recruitment limitation in secondary forests dominated by an exotic tree. *International Association of Vegetation Science*. 15 (6): 721-728.
- Little, E. L. & Wadsworth, F. H.** 1964. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. U. S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook No. 249. 548 p.
- Llano-Sotelo, J. M.** 2009. Fisiología y bioquímica de *Paulownia imperialis*, *Paulownia elongata* y *Paulownia fortunei* en condiciones de campo e invernadero bajo diferente humedad en el suelo. Tesis de Doctorado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.
- Lodge, D. M., Williams, S., MacIsaac, H. J., Hayes, K. R., Leung, B., Reichard, S., Mack, R. N., Moyle, P. B., Smith, M., Andow, D. A., Carlton, J. T. & McMichael, A.** 2006. Biological invasions: recommendations for U.S. policy and management. *Ecological Applications*. 16: 2035-2054.
- Longbrake, A. C. W.** 2001. Ecology and invasive potential of *Paulownia tomentosa* (Scrophulariaceae) in a Hardwood forest landscape. Tesis de Doctorado. College of Arts and Science of Ohio University.
- Lopez, I., Comerford, N. B. & Muchovej, R. M.** 2004. Root development and competitive ability of the invasive species *Melaleuca quinquenervia* (Cav.) S.T. Blake in the South Florida flatwoods. *Plant and Soil*. 263 (1): 239–247.
- López-García, J. J.** 2016. *Moringa oleifera* Lam. : Biología, botánica, propiedades nutricionales y medicinales. Proyecto de trabajo fin de grado en farmacia. Universidad de Sevilla, Facultad de Farmacia.
- López-González, G. A.** 2004. Guía de los árboles y arbustos de la Península Ibérica y Baleares (Especies silvestres y cultivadas más comunes). Madrid, España. Editorial Paraninfo. 894 p. ISBN: 84.8476-210-6.
- Lorenzo-Cáceres, J. M.** 2016. *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton. Fecha de actualización: s/f. <https://www.arbolesornamentales.es/Ligustrum%20lucidum.pdf>.
- Lovenshimer, J. B.** 2016. Impacts, genetic diversity, and land management strategies of post-fire *Paulownia tomentosa* invasions in the Linville Gorge Wilderness Area, Burke County, N.C. Tesis de Maestría, Appalachian State University.
- 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), 12 p.

Lugo, A. E., Abelleira, O. J., Collado, A., Viera, C. A., Santiago, C., Vélez, D. O., Soto, E., Amaro, G., Charón, G., Colón, H., Santana, J., Morales, J. L., Rivera, K., Ortiz, L., Rivera, L., Maldonado, M., Rivera, N. & Vázquez, N. J. 2011. Allometry, biomass, and chemical content of Novel African Tulip Tree (*Spathodea campanulata*) forests in Puerto Rico. *New Forests*. 42 (3): 267-283.

Lyndon, M. & Charles, A. 2011. Edible wild plants of eastern North America. USA, New York, Dover Publications. 480 p. ISBN: 0-486-29104-9.

Mabberley, D. J. 1984. A monograph of *Melia* in Asia and the Pacific, the history of White cedar and persian lilac. *The Garden's Bulletin Singapore*. 37 (1): 49-64.

Mabberley, D. J., Pannell, C. M. & Sing, A. M. 1995. Flora Malesiana, Serie I, spermatophyta. Vol 12, part 1. Foundation Flora Malesiana. 407 p. ISBN: 90-71236-26-9.

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.

Maddox, V., Byrd, J. & Serviss, B. 2010. Identification and control of invasive privets (*Ligustrum spp.*) in the Middle Southern United States. *Invasive Plants Science and Management*. 3 (4): 482-488.

Mahmood, K. T., Mugal, T. & Haq, I. U. 2010. *Moringa oleifera*: a natural gift-A review. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2 (11): 775-781.

Makin, D. & Solowey, E. M. 2017. Observations on the adaptability of some species of moringa in Israel. In: *International Symposium on Moringa*. 1158: 33-44.

Mani, B. M., Huerta-Ocampo, J. A., Garcia-Sánchez, J. R., Barrera-Pacheco, A., Barba de la Rosa, A. P. & Teran L. M. 2015. Identification of *Ligustrum lucidum* pollen allergens using a proteomics approach. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 468 (4): 788-792.

Marcar, N., Crawford, D., Leppert, P., Jovanovic, T., Floyd, R. & Farrow, R. 1995. Trees for Saltland a guide to selecting native species for Australia. Australia. CSIRO. 72 p. ISBN: 0-643-05819-2.

- Mari-Herguido, J. I.** 2017. Caracterización polínica de mieles procedentes de la apicultura urbana en los Jardines del Real de la ciudad de Valencia, España. Tesis de Doctorado, Universidad Politécnica de Valencia.
- Marin, H. T., de la Garza, L. L. P. & Nepamuceno, M. F.** 2001. Análisis histológico y químico de embriones de neem in vitro. En: Osuna, L. E. (Ed.). *Memoria: Potencialidades y manejo del neem*. INIFAP. 32-40 p.
- Martin, M. R., Tipping, P. W., Reddy, K. R., Daroud, S. H. & Roberts, K. M.** 2010. Interactions of biological and herbicidal management of *Melaleuca quinquenervia* with fire: Consequences for ecosystem services. *Biological Control*. 54 (3): 307-315.
- Martin, M. R., Tipping, P. W., Reddy, K. R., Madeira, P. T. & Fitzgerald, D.** 2011. An evaluation of the impact of *Melaleuca quinquenervia* invasion and management on plant community structure after fire. *Aquatic Botany*. 95 (4): 287-291.
- Martínez, M. D. L. A., & Ramírez, S.** 2014. Insectos presentes en *Morus alba* L. y *Moringa oleifera* Lamark. *Revista de Protección Vegetal*. 29 (1): 52-56.
- Martínez, R. R., Rojo, M. G. E., Juárez, S. J. P. & Ramírez, V. B.** 2010. Estudios y propuestas para el medio rural. Tomo, 7. Universidad Autónoma Indígena de México. Colegio de Posgraduados, Campus Puebla. 159-193p. ISBN: 968-558-810-0.
- McCormack, G.** 2007. Cook Islands biodiversity database. Fecha de actualización: julio de 2007. <http://cookislands.bishopmuseum.org/species.asp?id=6383>.
- McGregor, P. G.** 2000. Prospects for biological control of privet (*Ligustrum spp.*) (Oleaceae). Landcare Research Contract Report LC9900/127. 16 p.
- Medina, F., Chateloín, T. & Nodarse, M. T.** 2017. *Melaleuca quinquenervia* (cayepu). En: García, J. P., Rodríguez, L. F. & Salabarría, M. D. (eds.). *Protocolos para el monitoreo de especies exóticas invasoras en Cuba*. Editorial GAIA. La Habana, Cuba. 158-167 p. ISBN: 978-959-287-077-2.
- Méndez, M., Aragão, M., Elias, F., Riet, F. & Gimeno, E. J.** 2002. Experimental intoxication by the leaves of *Melia azedarach* (Meliaceae) in cattle. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 22 (1):19-24.
- Mercadolibre.com.** 2019a. Arbol lila, Paraiso *Melia azedarach*. Fecha de actualización: s/f. https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-601209404-arbol-lila-paraiso-melia-azedarach-_JM.
- Mercadolibre.com.** 2019b. *Paulownia tomentosa*. Fecha de actualización: ND. [https://listado.mercadolibre.com.mx/paulownia-tomentosa#D\[A:paulownia%20tomentosa\]](https://listado.mercadolibre.com.mx/paulownia-tomentosa#D[A:paulownia%20tomentosa]).

Mercadolibre.com. 2019c. *Ligustrum lucidum*. Fecha de actualización: s/f. [https://listado.mercadolibre.com.mx/ligustrum-lucidum#D\[A:Ligustrum%20lucidum\]](https://listado.mercadolibre.com.mx/ligustrum-lucidum#D[A:Ligustrum%20lucidum]).

Mercadolibre.com. 2019d. *Koelreuteria paniculata*. Fecha de actualización: s/f. [https://listado.mercadolibre.com.mx/koelreuteria-paniculata#D\[A:koelreuteria%20paniculata\]](https://listado.mercadolibre.com.mx/koelreuteria-paniculata#D[A:koelreuteria%20paniculata]).

Merrill, E. D. 1923a. An enumeration of Philippine flowering plants. Vol. 2. Bureau of Printing, Manila. 530 p.

Merrill, E. D. 1923b. An enumeration of Philippine flowering plants. Vol. 3. Bureau of Printing, Manila. 628 p.

Meyer, F. G. 1976. A revision of the genus *Koelreuteria* (Sapindaceae). *Journal of the Arnold Arboretum*. 57 (2): 129-166.

Meyer, J. Y. 2004. Threat of invasive alien plants to native flora and forest vegetation of eastern Polynesia. *Pacific Science*. 58 (3): 357-375.

Meza, S. R. 2001. Áreas con potencial para el establecimiento de neem (*Azadirachta indica*, A. Juss.) en Baja California Sur. En: Osuna, L. E. (ed.). *Memoria: Potencialidades y manejo del neem*. INIFAP. 41-51 p.

Miller, F. 1979. Remote sensing applications in archeological investigations: Sharpley's Bottom, Vinton, Barton and Colbert, Mississippi. Final report. U. S. Army Engineer District, Mobile Corps of Engineers. Contract No. C5968-(79).

Miller, J. & Beames, L. 2018. A magic for the Northern Australian neem nightmare? *21st Australian Weeds Conference*. 261-264 p.

Millsbaugh, C. F. 1900. *Plantae Utowanae: plants collected in Bermuda, Porto Rico, St. Thomas, Culebras, Santo Domingo, Jamaica, Cuba, The Caymans, Cozumel, Yucatan and the Alacran Shoals*. Field Columbian Museum, Chicago, U.S.A. 110 p.

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) & Instituto Nacional Forestal (INAFOR). 2002. Guía de Especies Forestales de Nicaragua. 1ª Edición. Managua, Nicaragua. Editora de Arte. S. A. 304 p. ISBN: 99924-3417-1.

Missouri Botanical Garden (mobot.org). 2019. Angiosperm Phylogeny Website, version 14. Consultado 25 septiembre 2019, en: <https://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>

Montaldo, N. H. 1993. Dispersión por aves y éxito reproductivo de dos especies de *Ligustrum* (Oleaceae) en un relicto de selva subtropical en la Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural*. 66: 75-85.

- Mooney, A. A. & Hobbs, R. J.** 2000. Invasive species in a changing world. Island Press. Washington, D.C.
- Morales, C. A.** 2001. Evaluación de un modulo de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) establecido en el Valle del Yaqui, Sonora. En: Osuna, L. E. (ed.). *Memoria: Potencialidades y manejo del neem*. INIFAP. 52-57 p.
- Moreno, C. G. A.** 2018. Aplicación de semilla de *Moringa oleífera* Lam, como alternativa coagulante de agua almacenada en el municipio de Zirándaro, Gro. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Moritz, W.** 2017. The new nutritious vegetable-powder. *Amass*. 21(3): 46-47.
- Morton, J. F.** 1991. The horseradish tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae)-a boon to arid lands? *Economic Botany*. 45 (3): 318-333.
- Munger, G. T.** 2005. *Melaleuca quinquenervia*. Fire Effects Information System, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). Fecha de actualización: 24 de septiembre de 2007. <https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/melqui/all.html>.
- Muñoz, V. S.** 2002. El aceite de neem *Azadirachta indica* A. Juss, y su relación con el control de la roya de la hoja del trigo Var. Baviácora. Fecha de actualización: s/f. http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/neem_roya.htm.
- Muñoz-Valenzuela, S., Ibarra-López, A. A., Rubio-Silva, L. M., Valdez-Dávila, H. & Borboa-Flores, J.** 2007. Neem tree morphology and oil content. In: Janick, J. & Whipkey, A. (eds.). *Issues in new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, VA. 126-128 p. ISBN 0-9707546-8-X.
- Myers, R. L.** 1983. Site susceptibility to invasion by the exotic tree *Melaleuca quinquenervia* in southern Florida. *Journal of Applied Ecology*. 20 (2): 645-658.
- Naidoo, K. K. & Coopoosamy, R. M.** 2011. Review on herbal remedies used by the 1860 South African Indian settlers. *African Journal of Biotechnology*. 10 (43): 8533-8538.
- Nasca, L. Z., Montii, L., Grau, R. & Paolini, L.** 2014. Efectos de la invasión del ligustro, *Ligustrum lucidum*, en la dinámica hídrica de las Yungas del noroeste Argentino. *Bosque*. 35 (2): 195-205.
- Nathan, S. S., Savitha, G., George, D. K., Narmadha, A., Suganya, L. & Chung, P. G.** 2006. Efficacy of *Melia azedarach* L. extract on the malarial vector *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: Culicidae). *Bioresource Technology*. 97 (11): 1316–1323.

National Museum of Natural History (NMNH). 2019. *Moringa oleifera* Lam., (Moringaceae). Smithsonian Institution. Fecha de actualización: ND. <http://n2t.net/ark:/65665/32dd8f3d5-49de-40e4-8b8c-5010e65fb03f>.

National Research Council (NRC). 1983. Firewood crops- shrub and tree species for energy production. Vol.2. National Academy Press, Washington, D. C. 92 p. ISBN: 978-0-309-04164-5.

National Research Council (NRC). 1992. Neem: a tree for solving global problems. The National Academies Press. Washington, D.C. 141 p. ISBN 0-309-04686-6.

Natural Resources Conservation Service-U. S. Department of Agriculture (NRCS-USDA). 2019a. *Melia azedarach* L., chinaberrytree. Fecha de actualización: 8 de mayo de 2019. <https://plants.sc.egov.usda.gov/core/profile?symbol=MEAZ>.

Natural Resources Conservation Service-U. S. Department of Agriculture (NRCS-USDA). 2019b. *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Siebold & Zucc. ex Steud. Fecha de actualización: 8 de mayo de 2019. <https://plants.sc.egov.usda.gov/core/profile?symbol=PATO2>.

Natural Resources Conservation Service-U. S. Department of Agriculture (NRCS-USDA). 2019c. *Moringa oleifera* Lam., horseradish tree. Fecha de actualización: 8 de mayo de 2019. <https://plants.sc.egov.usda.gov/core/profile?symbol=MOOL>.

Natural Resources Conservation Service-U. S. Department of Agriculture (NRCS-USDA). 2019d. *Spathodea campanulata* P. Beauv., african tuliptree. Fecha de actualización: 8 de mayo de 2019. <https://plants.sc.egov.usda.gov/core/profile?symbol=SPCA2>.

Natural Resources Conservation Service-U. S. Department of Agriculture (NRCS-USDA). 2019e. *Melaleuca quinquenervia* (Casv.) S. F. Blake, punktree. Fecha de actualización: 8 de mayo de 2019. <https://plants.sc.egov.usda.gov/core/profile?symbol=MEQU>.

Natural Resources Conservation Service-U. S. Department of Agriculture (NRCS-USDA). 2019f. *Azadirachta indica* A. Juss., neem. Fecha de actualización: 8 de mayo de 2019. <https://plants.sc.egov.usda.gov/core/profile?symbol=AZIN2>.

Natural Resources Conservation Service-U. S. Department of Agriculture (NRCS-USDA). 2019g. *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton, glossy privet. Fecha de actualización: 8 de mayo de 2019. <https://plants.sc.egov.usda.gov/core/profile?symbol=LILU2>.

Naturaleza Viva. 2018. Centro de distribución en México. Fecha de actualización: ND. <http://naturalezaviva.mx/>.

Navie, S. & Csurhes, S. 2016. Invasive plant risk assessment: Horseradish tree, *Moringa oleifera*. Department of Agriculture and Fisheries, Biosecurity Queensland. Queensland Government. 22 p.

- Navroodi, I. H.** 2013. Comparison of growth and wood production of *Populus deltoides* and *Paulownia fortunei* in Guilan province (Iran). *Indian Journal of Science and Technology*. 6 (2): 4058-4062.
- Nesom, G. L.** 2009. Taxonomic overview of *Ligustrum* (Oleaceae) naturalized in North America north of Mexico. *Phytologia*. 91 (3): 467-482.
- Neves, E. J. & Carpanezi, A. A.** 2008. O Cultivo do Nim para Produção de Frutos no Brasil. *Circular Técnica, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*. 162: 1-8.
- Neycee, M. A., Nematzadeh, G. H. A., Dehestani, A. & Alavi, M.** 2012. Evaluation of antibacterial effects of chinaberry (*Melia azedarach*) against gram-positive and gram-negative bacteria. *International Journal Agriculture Crop Sciences*. 4 (11): 709-712.
- Nghiem, L. T., Tan, H. T. & Corlett, R. T.** 2015. Invasive trees in Singapore: are they a threat to native forests? *Tropical Conservation Science*. 8 (1): 201-214.
- Nicoletti, M., Maccioni, O., Coccioletti, T., Mariani, S. & Vitali, F.** 2012. Neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss) as source of bioinsecticides. In: Perveen, F. (Ed.). *Insecticides - advances in integrated pest management*. 411-426 p. ISBN: 978-953-307-780-2.
- Nicolson, D. H., DeFilipps, A. R. & Nicolson, A. C.** 1991. Flora of Dominica, part 2: dicotyledoneae. Smithsonian Institution Press, No. 77. 274 p.
- Niyonzima, G., Laekeman, G., Witvrouw, M., Van-Poel, B., Pieters, L., Paper, D., De-Clercq, E., Franz, G. & Vlietinck, J.** 1999. Hypoglycemic, anticomplement and anti-HIV activities of *Spathodea campanulata* stem bark. *Phytomedicine*. 6 (1): 45-49.
- Norten, E.** 1999. Neem: India's miraculous healing plant. Healing Art Press Rochester, Vermont. ISBN: 0-89281-837-9.
- Northern Territory of Australia.** 2015. Weed management plant for neem (*Azadirachta indica*). Department of Land Resource Management. Northern Territory Government.
- Ohwi, J.** 1965. Flora of Japan. In: Meyer, F. G. & Walker, E. H. (Eds.) Washington, D.C. Smithsonian Institution. 114 p.
- Oliva, S. R. & Valdés, B.** 2004. *Ligustrum lucidum* Ait. f. leaves as a bioindicator of the air-quality in a Mediterranean City. *Environmental Monitoring and Assessment*. 96 (1-3): 221-232.
- Olivares, J., Godínez, O., Flores, J. A. & Posadas, C.** 2017. Monitoreo de aves en fragmentos de bosque mesófilo de montaña en la Región Prioritaria para la Conservación, Xilitla. En: Sahagún, F. J., Huerta, F. M. & Durán, A. (eds.). *Experiencia de monitoreo de aves en el*

corredor ecológico de la Sierra Madre Oriental. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Universidad de Guadalajara. 93-103 p.

Olson, M. E. & Alvarado-Cárdenas, L. O. 2016. ¿Dónde cultivar el árbol milagro, *Moringa oleifera*, en México? Un análisis de su distribución potencial. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 87 (3): 1089–1102.

Olson, M. E. & Fahey, J. W. 2011. *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82 (4): 1071-1082.

Olson, M. E. 2010. Moringaceae: *Moringa oleifera*. In: Flora of North America Vol. 7. Fecha de actualización: 14 de marzo 2010. http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=200009759.

Oosterhout, E., Mowatt, J., Smith, L. & Johnson, S. 2016. Privet - broad-leaf (*Ligustrum lucidum*). Australia: NSW Department of Primary Industries. Fecha de actualización: 2018. <https://weeds.dpi.nsw.gov.au/Weeds/Details/110>.

Ord Land & Water Inc (OLW). 2009. Crossing falls, weed management plan 2009-2010. Australian Government's Caring for our Country.

Ord Land & Water Inc (OLW). 2011. Factsheet: Weed control on Lake Kununurra. Australian Government. Fecha de actualización: 20 de julio de 2017. http://www.olw.com.au/factsheets/lake_kununurra_factsheet_2011.pdf.

Orrell, T. & Hollowell, T. 2018. *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton. NMNH Extant Specimen Records. National Museum of Natural History, Smithsonian Institution. Fecha de actualización: agosto de 2018. <https://www.gbif.org/occurrence/1320155407>.

Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadas, R. & Anthony, S. 2009a. Agroforestry Database: a tree reference and selection guide versión 4.0. *Melia azedarach* L. (meliaceae), persian lilac. Fecha de actualización: ND. http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Melia_azedarach.PDF.

Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadas, R. & Anthony, S. 2009b. Agroforestry Database: a tree reference and selection guide versión 4.0. *Azadirachta indica* A. Juss (meliaceae), neem. Fecha de actualización: s/f. http://old.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Azadirachta_indica.PDF.

Osorio, H. S. 1979. Contribution to the lichen flora of Uruguay XII. Lichens from Nueva Palmira, Colonia Department. *Phytologia*. 43 (3): 289-292.

Osorio, H. S. 1982. Contribution to the lichen flora of Brasil X. Lichens from Guaíba, Rio Grande do Sul State. *Phytologia*. 51 (7): 479-483.

- Osuna, L. E. & Meza, S. R.** 2001. Evaluación de plantaciones de neem (*Azadirachta indica*, A. Juss) establecida en Baja California Sur. En: Osuna, L. E. (ed.). *Memoria: Potencialidades y manejo del neem*. INIFAP. 41-51 p.
- Osuna, L. E. & Parra, H. H.** 2001. Producción de plantas de neem (*Azadirachta indica*, A. Juss) en vivero. En: Osuna, L. E. (ed.). *Memoria: Potencialidades y manejo del neem*. INIFAP. 12-20 p.
- Osuna, L. E.** 2001. Importancia y utilización del neem (*Azadirachta indica*, A. Juss). En: Osuna, L. E. (ed.). *Memoria: Potencialidades y manejo del neem*. INIFAP. 1-11 p.
- Osuna, L. E.** 2001b. Memoria: Potencialidades y manejo del neem. XXX aniversario del campo Experimental Todos Santos. INIFAP. La Paz, BCS. 94 p.
- Ovando, C. M. E.** 2001. Propagación del neem (*Azadirachta indica*, A. Juss) por medio de injertos en la costa de Oaxaca. En: Osuna, L. E. (ed.). *Memoria: Potencialidades y manejo del neem*. INIFAP. 21-31 p.
- Oviedo, R.** 2013. Diversidad vegetal del humedal ciénega de zapata, Matanzas, Cuba. Tesis Doctoral, Universidad de Alicante.
- Oviedo-Prieto, R.** 2012. Lista nacional de especies de plantas invasoras y potencialmente invasoras en la República de Cuba – 2011. *Bissea*. 6 (1): 22-96.
- Pacific Island Ecosystem at Risk (PIER).** 2013a. *Melia azedarach* L., Meliaceae. Fecha de actualización: 21 de mayo de 2013. http://www.hear.org/pier/species/melia_azedarach.htm.
- Pacific Island Ecosystem at Risk (PIER).** 2013b. *Melaleuca quinquenervia* (Cav.) S. T. Blake, Myrtaceae. Fecha de actualización: 20 de mayo de 2013. http://www.hear.org/pier/species/melaleuca_quinquenervia.htm.
- Palada, M. C. & Chang, L. C.** 2003. Suggested cultural practices for jute mallow. *International Cooperator Guide*. 2 (14): 1-4.
- Panetta, F. D.** 2000. Fates of fruits and seeds of *Ligustrum lucidum* W.T.Ait. and *L. sinense* Lour. maintained under natural rainfall or irrigation. *Australian Journal of Botany*. 48 (6): 701-706.
- Panizzi, A. R. & Grazia, J.** 2001. Stink bugs (Heteroptera, Pentatomidae) and an unique host plant in the Brazilian subtropics. *Iheringia. Série Zoologia*. 90: 21-35.
- Parker, R. N.** 1918. Forest for the Punjab with Hazara and Delhi. Superintendent, Government Printing Punjab.

- Párraga, M. G.** 2016. El neen como planta de usos múltiples en el bosque seco tropical del Ecuador. En: Aguilera, P. R. G. (ed.). *Desarrollo local de las comunidades agrícolas rurales*. Universidad ECOTEC. 99 p. ISBN: 978-9942-960-08-5.
- Parrota, J. A.** 2000. *Moringa oleifera* Lam. Resedá, árbol de rábano. En: Francis, J. K. & Lowe, C. A. (eds.) *Bioecología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales*. Informe técnico general IITF-GTR-15, Departamento de Agricultura de EE. UU. Instituto Forestal Tropical del Servicio Forestal. Río Piedras. Puerto Rico. 582 p.
- Parrotta, J. A. & Chaturvedi, A. N.** 1994. *Azadirachta indica* A. Juss. Neem, margosa. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. New Orleans, LA: U.S. SO-ITF-SM-7. 8 p.
- Parrotta, J. A.** 2009. *Moringa olifeira* Lam., 1785. In: Roloff, A., Weisgerber, H., Lang, U. & Stimm, B (eds.). *Enzyklopädie der Holzgewächse, Handbuch und Atlas der Dendrologie*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. 1-8 p. ISBN: 978-3-527-32141-4.
- Pasternak, D., Keatinge, J. D. H. & Mamoudou, Z.** 2017. *Moringa* research and cultivation in Niger. In: *I International Symposium on Moringa*. 1158: 171-177.
- Paterson, I. & Orapa, W.** 2011. Determining the origin of african tulip tree, *Spathodea campanulata* (Bignoniaceae), populations in the pacific region using genetic techniques. In: *XIII International Symposium on Biological Control of Weeds*.
- Paterson, I. D., Paynter, Q., Neser, S., Akpabey, F. J., Orapa, W. & Compton, S. G.** 2017. West African arthropods hold promise as biological control agents for an invasive tree in the Pacific Islands. *African Entomology*. 25 (1): 244-247.
- Patil, P. D., Rao, L. R. Wasif, A. I. & Anekar, S. V.** 2016. *Spathodea campanulate* Beauv. flower dye extraction: Mass transfer enhancement through process optimization. *Indian Journal of Chemical Technology*. 23 (4): 302-307.
- Paul, C. W. & Didia, B. C.** 2012. The efect of methanolic extract of *Moringa oleifera* Lam roots on the histology of kidney and liver of guinea pigs. *Asian Journal of Medical Sciences*. 4 (1): 55-66.
- Paulowniasmexico.com.** 2019. Paulownias. Fecha de actualización: 2 de julio de 2019. <http://www.paulowniasmexico.com/comprar-paulownias.php>.
- Pejchar, L. & Mooney, H.** 2009. Invasive species, ecosystem services and human well-being. *Trends in Ecology and Evolution*. 24: 497-504.
- Pereira, F. S. G., de Sobral, A. D., da Silva, A. M. R. B. & da Rocha, M. A. G.** 2018. *Moringa oleifera*: a promising agricultural crop and of social inclusion for Brazil and semi-arid regions

for the production of energetic biomass (biodiesel and briquettes). *Oilseds & Fats Crops and Lipids*. 25 (1): 1-11.

Pérez, O. D. M., Martínez, R. R., Rojo, M. G. E. & Félix, H. J. A. 2010a. El cultivo forestal de moringa (*Moringa oleifera* Lam) en el sur de Sonora. En: Martínez, R. R., Rojo, M. G. E., Juárez, S. J. P. & Ramírez, V. B. (eds.). *Estudios y propuestas para el medio rural*. Tomo, 7. Universidad Autónoma Indígena de México. Colegio de Posgraduados, Campus Puebla. 159-193 p. ISBN: 968-558-810-0.

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.

Phua, D. H., Tsai, W. J., Ger, J., Deng, J. F. & Yang, C. C. 2008. Human *Melia azedarach* poisoning. *Clinical Toxicology*. 46 (10): 1067–1070.

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.

Pimentel, D., McNair, S., Janecka, J., Wightman, J., Simmonds, C., O'Connell, C., Wong, E., Russel, L., Zern, J., Aquino, T., Tsomondo, T. 2001. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 84: 1-20.

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.

Pimienta-Barrios, E., Robles-Murguía, C. & Martínez-Chávez, C. C. 2012. Respuesta ecofisiológica de árboles jóvenes nativos y exóticos a sequía y lluvia. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 35 (5): 15-20.

Pino, O., Sánchez, Y., Rojas, M. M., Rodríguez, H., Abreu, Y., Duarte, Y., Martínez, B., Peteira, B., Correa, T. M. & Martínez, D. 2011. Composición química y actividad plaguicida del aceite esencial de *Melaleuca quinquenervia* (Cav) S.T. Blake. *Revista Protección Vegetal*. 26 (3): 177-186.

Pipinis, E., Mavrokordopoulou, O., Milios, E., Diamanta, A., Kotili, I. & Smiris, P. 2015. Effects of dormancy-breaking treatments on seed germination of *Koelreuteria paniculata* and *Mahonia aquifolium*. *Dendrobiology*. 74: 149-155

Pirone, P. P. 1978. Diseases and Pests of Ornamental Plants. U.S.A. Wiley 5 edition. 584 p. ISBN: 0-471-07249-4.

Plants For A Future (PFAF). 1996. *Koelreuteria paniculata* - Laxm. Fecha de actualización: 2012. <https://pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Koelreuteria+paniculata>

Popoola, J. O. & Obembe, O. O. 2013. Local knowledge, use pattern and geographical distribution of *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) in Nigeria. *Journal of Ethnopharmacology*. 150 (2): 682-691.

Porazinska, D. L., Pratt, P. D. & Giblin, R. M. 2007. Consequences of *Melaleuca quinquenervia* invasion on soil nematodes in the Florida everglades. *Journal of Nematology*. 39 (4): 305-312.

Pouteau, R., Meyer, J. Y. & Larrue, S. 2015. Using range filling rather than prevalence of invasive plant species for management prioritization: the case of *Spathodea campanulata* in the Society Islands (South Pacific). *Ecological Indicators*. 54: 87-95.

Prado, O. A. 1981. Campo Experimental Forestal Barranca de Cupatitzio, Michoacán. *Revista del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales*. 1 (2): 39-49.

Pratt, P. D., Quevedo, V., Bernier, L., Sustache, J. & Center, T. D. 2005. Invasions of Puerto Rican wetlands by the Australian tree *Melaleuca quinquenervia*. *Caribbean Journal of Science*. 41 (1): 42-54.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) México. 2018. Plan de control de trueno y sombrilla japonesa en áreas concretas del Parque Ecológico Chipinque. Proyecto 083999 "Aumentar la Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI". Líderes Socialmente Ambientales A.C. 19 p.

PROSEA. 1999. Plant resources of south-east Asia 19, essential-oil plants. Backhuys Publishers. Bogor, Indonesia. 273 p. ISBN: 979-8316-24-X.

Pulipati, S., Parveen, S. H., Babu, R. K., Vagdevi, G. & Babu, S. 2013. Pharmacognostical and physiochemical standarization of leaves of *Spathodea campanulata* P. Beauv. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2 (2): 189-192.

Puri, H. S. 1999. Neem: The divine tree *Azadirachta indica*. Overseas Publishers Association. 166 p. ISBN: 0-203-34400-6.

Pyšek, P. & Richardson, D. M. 2010. Invasive species, environmental change and management, and health. *Annual Review of Environment and Resources*. 35: 25–55.

- Queiroz, A. C. M., Contrera, F. A. L. & Venturieri, G. C.** 2014. The effect of toxic nectar and pollen from *Spathodea campanulata* on the worker survival of *Melipona fasciculata* Smith and *Melipona seminigra* Friese, two Amazonian stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Sociobiology*. 61 (4): 536-540.
- Quentin, C. B. & Fuller, J. L.** 2001. Plant invaders. The threat to natural ecosystems. Routledge. 1 Edition. 256 p. ISBN: 978-1-85383-781-4.
- Quintana, R. D., Madanes, N., Malvárez, A. I., Kalesnik, F. A. & Cagnoni, M.** 2005. Análisis de la vegetación en tres tipos de hábitat de Carpinchos en la baja cuenca del Río Paraná, Argentina. *INSUGEO, Miscelánea*. 14: 183-200.
- Radji, R., Klu, K. & Kokou, K.** 2010. Forest invasion by alien plant species: The case of neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss.) in Southern Togo. *International Journal of Biodiversity and Conservation*. 2 (10): 300-307.
- Radwanski, S. A. & Wickens, G. E.** 1981. Vegetative fallows and potential value of the neem tree (*Azadirachta indica*) in the tropics. *Economic Botany*. 35 (4): 398-414.
- Rahman, M. K., Asaduzzaman, M., Rahman, M. M., Das, A. K. & Biswas, S. K.** 2014. Physical and mechanical properties of ghora neem (*Melia azedarach*) plywood. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*. 49 (1): 47-52.
- Rakaganno, R.** 2005. The tulip tree. Lankalibrary Forum. Fecha de actualización: 6 de noviembre de 2005. <http://www.lankalibrary.com/phpBB/viewtopic.php?t=1222>.
- Ramachandran, C., Peter, K. V. & Gopalakrishnan, P. K.** 1980. Drumstick (*Moringa oleifera*): a multipurpose indian vegetable. *Economic Botany*. 34 (3): 276-283
- Ramírez, J., Tulig, M., Watson, K. & Thiers, B.** 2019. *Moringa oleifera* Lam. The New York Botanical Garden Herbarium (NY). Fecha de actualización: s/f. <https://www.gbif.org/occurrence/1930489238>.
- Ramos, C. A., González, V. A., Soto, M., Engleman, E. M. & Rodríguez, D. A.** 2004. Variación en contenido de azadiractina en frutos de margosa durante su desarrollo. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 27 (1): 81-85.
- 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>
- Randall, J. M. & Marinelli, J.** 1996. Invasive plants: weeds of the global garden. Brooklyn Botanic Garden, Handbook No. 149. 111 p. ISBN: 0-945352-95-6.

- Rangaiah, K., Rao, S. P. & Raju, J. S.** 2004. Bird-pollination and fruiting phenology in *Spathodea campanulata* Beauv. (Bigoniaceae). *Beiträge zur Biologie der Pflanzen*. 73 (3): 395-408.
- Rashid, U., Anwar, F., Moser, B. R. & Knothe, G.** 2008. *Moringa oleifera* oil: a possible source of biodiesel. *Bioresource Technology*. 99 (17): 8175-8179.
- Rayachhetry, M. B., Van, T. K., Center, T. D. & Laroche, F.** 2001. Dry weight estimation of the aboveground components of *Melaleuca quinquenervia* trees in southern Florida. *Forest Ecology and Management*. 142 (1-3): 281-290.
- Rayamajhi, M. B., Pratt, P. D., Center, T. D., Tipping, P. W. & Van, T. K.** 2009. Decline in exotic tree density facilitates increased plant diversity: the experience from *Melaleuca quinquenervia* invaded wetlands. *Wetlands Ecology and Management*. 17 (5): 455-467.
- Rayamajhi, M. B., Van, T. K., Pratt, P. D. & Center, T. D.** 2006. Temporal and structural effects of stands on litter production in *Melaleuca quinquenervia* dominated wetlands of south Florida. *Wetlands Ecology and Management*. 14 (4): 303–316.
- Raymundo-Pérez, Á.** 2011. *Moringa oleifera*: una alternativa forrajera para ovinos. Sinaloa, México. Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). 20 p.
- Rehman, S. & Park, I. H.** 2000. Effect of scarification, GA and chilling on the germination of goldenrain-tree (*Koelreuteria paniculata* Laxm.) seeds. *Scientia Horticulturae*. 85 (4): 319-324.
- Reichard, S. H. & White, P.** 2001. Horticulture as a pathway of invasive plant introductions in the United States. *BioScience*. 51 (2): 103-113.
- Reyes, C. H. & Flores, A. J. R.** 2001. Cultivo del nim. Opción comunitaria de control biológico. En: Amo-Rodríguez, S. (ed.). *Lecciones del programa de acción forestal tropical (PROAFT)*. SEMARNAP, PROAF, CNEB, Plaza y Valdez. 191-206 p. ISBN: 968-856-874-0.
- Reyes, E. C., Valero S. W. & Garay, D. A.** 2003. Estudio preliminar de las propiedades físicas de la especie *Azadirachta indica* (Neem), procedentes del Estado Falcón (Venezuela). *Revista Forestal Venezuela*. 47 (2): 23–29.
- Reynolds, S., Beames, L., Willing, T. & Parker, C.** 2018. Distribution, ecology and cultural importance of Gunurru or Cable Beach Ghost Gum *Corymbia paractia* in the Broome area, Western Australia. Environs Kimberley, Broome.
- Riba, M., Torra, E. & Martí, J.** 1996. Bioactividad de extractos de *Melia azedarach* L. sobre el taladro del maíz *Sesamia nonagrioides* Lef. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*. 22 (2): 261-276.

Richard, A. & Brown, K. 2017. Plantas invasivas y no-nativas que usted debe conocer. UF/IFAS. Gainesville, Florida, U.S.A.

Richardson, A. & King, K. 2011. Plants of deep south Texas: a field guide to the woody and flowering species. Texas. Texas A&M University Press. 1st. 448 p. ISBN: 978-1603441445.

Richardson, D. M. 2011. Trees and shrubs. In: Simberloff, D. & Rejmánek, M. (eds.). *Encyclopedia of Biological Invasions*. University of California Press, Berkeley. Supplementary Material. 670-677 p.

Rivers, M. C. & Mark, J. 2017. *Spathodea campanulata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017. Fecha de actualización: 2 de marzo de 2017. <https://www.iucnredlist.org/species/49196213/49196223>.

Robertson, S. A. & Fosberg, F. R. 1983. Listo of plants collected on coetivy islans, Seychelles. *Atoll Research Bulletin*. 273: 143-156.

Rodrigues-Macedo, M. L, Damico, D. C. S., Machado-Freire, M. D. G., Toyama, M. H., Marangoni, S., & Novello, J. C. 2003. Purification and characterization of an N-acetylglucosamine-binding lectin from *Koelreuteria paniculata* seeds and its effect on the larval development of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of agricultural and food chemistry*. 51 (10): 2980-2986.

Rodríguez, F. L., Castro, L. M. & Salabarría, D. 2014. EEI: el caso del archipiélago cubano. *Ambienta*. 109: 62-77.

Roig, J. T. 1945. Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba. Tomo II. Editorial Científico- Técnica. Instituto Cubano del Libro. 590 p. ISBN: 978-959-05-0814-1.

Rojas, F. & Torres, G. 2015. Árboles del valle central de Costa Rica: reproducción Corcho (*Melaleuca quinquenervia* (Cav.) S.T.Blake.). *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*. 12 (29): 80-82.

Rojas-Rodríguez, F. & Torres-Córdoba G. 2009. Árboles del valle central de Costa Rica, reproducción, llama del bosque. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*. 6 (16): 63-65.

Rosatti, T. J. 2012. *Ligustrum lucidum*. Jepson Flora Project. Fecha de actualización: s/f. http://ucjeps.berkeley.edu/eflora/eflora_display.php?tid=30906.

Ruiz, S. 2017. Ciudadanos en Bahía, arrancan proyecto de siembra de árbol kiri. Tribuna de la Bahía. Fecha de actualización: 16 de agosto de 2017. <http://www.tribunadelabahia.com.mx/ciudadanos-bahia-arrancan-proyecto-siembrarbol-kiri/>.

Russell, L. M. 1948. The North American species of whiteflies of the genus *Trialeurodes*. Miscellaneous publication No. 635. United States Department of Agriculture. Washington, D. C.

Sáenz-Ríos, P. M. 2016. Evaluación económica para la obtención de alimento balanceado en pelets incorporando moringa (*Moringa oleifera* Lam) como fuente de proteína, Coahuila, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

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 (1): 305–332.

Salam, M. A. & Kato-Noguchi, H. 2010. Evaluation of allelopathic potential of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) against seed germination and seedling growth of different test plant species. *International Journal of Sustainable Agriculture*. 2 (2): 20-25.

Salazar, L. J., Peguero, B. & Veloz, A. 2000. Flora de la Península de Semana, República Dominicana. *Moscosoa*. 11: 133-188.

Saldaña-Álvarez, L. 1999. Impacto ambiental del árbol del neem, *Azadirachta indica* A. Juss en el sur de Sonora. Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

Salleh, N., Azeman, S., Kiew, R., Kamin, I. & Kong, R. C. 2017. Plant checklist of the Bukit Nanas Forest Reserve, Kuala Lumpur, Malaysia. *One Ecosystem*. 2: 1-41.

Sánchez-Silva, R. 2004. Presencia de *Melaleuca quinquenervia* (Cav.) Blake (Myrtaceae). Un problema en México. *Universidad y Ciencia*. 1: 67-65.

Sankara, K. V. & Suresh, T. A. 2013. Invasive alien plants in the forests of Asia and the Pacific. Asia-Pacific Forest Invasive Species Network. Asia-Pacific Forestry Commission. 213 p. ISBN: 978-92-5-107639-2.

Santa Cruz-Cabrera, E. L., Bocourt-Vigil, J. L., González-Hernández, E. & Pérez-Márquez, R. 2016. Plantas exóticas invasoras y potencialmente invasoras en el Jardín Botánico Orquideario Soroa, Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*. 37: 115-119

Santamour Jr, F. S. & Riedel, L. G. 1993. Susceptibility of various landscape trees to root-knot nematodes. *Journal of Arboriculture*. 19 (5): 257-259.

Santamour, F. S. & Spongberg, S. A. 1996. 'Rose lantern': a new cultivar of *Koelreuteria paniculata*, the golden-rain tree. *Arnoldia*. 56 (2): 32-37.

- Santillán, M. L.** 2013. Beneficios nutritivos y medicinales de la moringa. Ciencia UNAM, Dirección General de la Divulgación de la Ciencia de la UNAM. Fecha de actualización: 25 de septiembre de 2013. http://ciencia.unam.mx/leer/261/Beneficios_nutritivos_y_medicinales_de_la_moringa.
- Sarmin, N. S.** 2014. Effect of *Moringa oleifera* on germination and growth of *Triticum aestivum*. *Journal of Bioscience and Agricultural Research*. 2 (2): 59-69.
- Sasaki, Y. & Ohashi, H.** 2007. Natural distribution and habitat of *Koelreuteria paniculata* Laxm. (Sapindaceae) in Japan and its new form. *Journal of Japanese Botany*. 82 (3): 160.
- Scandé, M.** 2000. Stress, storage and survival of neem seed. Tesis de Doctorado, Wageningen University.
- Scher, J. L., Walters, D. S. & Redford, A. J.** 2015. *Melaleuca quinquenervia*. Fecha de actualización: abril de 2015. <http://idtools.org/id/fnw/factsheet.php?name=14637>.
- Schmutterer, H.** 1995. The neem tree, *Azadirachta indica* A. Juss. and other meliaceous plants: source of unique natural products for integrated pest management, medicine, industry and other purposes. Weinheim (Germany), VCH Verlagsgesellschaft.
- Schomburgk, R.** 1848. Versuch einer fauna und flora von Britisch-Guiana. Leipzig, Verlagsbuchhandlung Von J. J. Weber. 1260 p.
- Schwyzler, A.** 1985. El paraíso (*Melia azedarach* L.) experiencias hechas en Paraguay. *El Chasqui (CATIE)*. 7: 17-20
- SEINet.** 2019. *Ligustrum lucidum* Ait. F. The New York Botanical Garden. Fecha de actualización: s/f. <http://swbiodiversity.org/seinet/taxa/index.php?tid=4085>.
- Seo, S. T., Shin, C. H., Park, J. H. & Shin, H. D.** 2013. First report of leaf spot caused by *Pseudocercospora subsessilis* on *Melia azedarach* in Korea. *Plant Disease*. 97 (7): 993-993.
- Serbesoff-King, K.** 2003. *Melaleuca* in Florida: a literature review on the taxonomy, distribution, biology, ecology, economic importance and control measures. *Journal of Aquatic Plant Management*. 41 (1): 98-112.
- Setshogo, M. P.** 2005. Preliminary checklist of the plants of Botswana. Sabonet Report no. 37. Sabonet, Pretoria and Gaborone. 161 p. ISBN: 1-919976-18-3.
- Sevik, H. & Cetin, M.** 2015. Effects of water stress on seed germination for select landscape plants. Polish. *Journal Environ Studies*. 24 (2): 689-693.

- Sevillano, L., Horvitz, C. C. & Pratt, P. D.** 2010. Natural enemy density and soil type influence growth and survival of *Melaleuca quinquenervia* seedlings. *Biological Control*. 53 (2): 168-177.
- Sharry, S., Cabrera, J. L., Herrera, L., Rangel, R. M., Lede, S. & Abedini, W.** 2006. An alternative pathway for plant in vitro regeneration of chinaberry -tree *Melia azedarach* L. derived from the induction of somatic embryogenesis. *Electronic Journal of Biotechnology*. 9 (3): 187-194
- Sheley, R., Manoukian, M. & Marks, G.** 1996. Preventing noxious weed invasion. Montana State University Extension. 339-342 p.
- Sherley, G.** 2000. Invasive species in the Pacific: a technical review and draft regional strategy. South Pacific Regional Environment Programme. 190 p. ISBN: 982-04-0214-X.
- Shi, L., Ma, Y. & Cai, Z.** 1998. Quantitative determination of salidroside and specneushenide in the fruits of *Ligustrum lucidum* Ait by high performance liquid chromatography. *Biomedical Chromatography*. 12: 27-30.
- Shine, R.** 2015. The ecological, evolutionary and social impact of invasive cane toads in Australia. In: Keller, R.P., M.W. Cadotte & G. Sandiford (Eds.). *Invasive species in a globalized world. Ecological, social & legal perspectives on policy*. The University of Chicago Press, Chicago. 23-43 p.
- Silva, E., Ibis, A., Moreira, M., Romeu, C., Millán, M. & Quintana, F.** 2014. Evaluación del efecto de *Melaleuca quinquenervia* sobre la población de *Plutella xylostella* en el cultivo de la col. *Fitosanidad*. 18 (1): 29-32.
- 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., Martin, J-L., Genovesi, P., Maris, V., Wardle, D. A., Aronson, J., Courchamp, F., Galil, B., García-Berthou, E., Pascal, M., Pyšek, P., Sousa, R., Tabacchi, E. & Vilà, M.** 2013. Impacts of biological invasions—what’s what and the way forward. *Trends in Ecology and Evolution*. 28 (1): 58-66.
- Simberloff, D., Parker, I. M. & Windle, P. N.** 2005. Introduced species policy, management, and future research needs. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 3 (1): 12-20.
- Singh, K. K., Phogat, S., Tomar, A. & Dhillon, R. S.** 2008. *Neem, a Treatise*. New Delhi, India: IK International, 568 p. ISBN: 978-81-89866-00-0.
- Smith, A. C.** 1985. *Flora Vitiensis Nova, a new flora of Fiji (spermatophytes only)*. Vol. 3. Pacific Tropical Botanical Garden, Lawai, Kahuai, Hawaii. 758 p.

- Smith, C. W.** 1984. Impact of alien plants on Hawaii's native biota. In: Stone, C. P. & Scott, J. M. (eds.). *Hawaii's terrestrial ecosystems: preservation and management*. Proceeding of a symposium del 5-6 de junio. Hawaii Volcanoes National Park. 180-250 p.
- Soares, A. L., Rego, F. C., McPhersonb, E. G., Simpsonb, J. R., Peper P. J. & Xiao, Q.** 2011. Benefits and costs of street trees in Lisbon, Portugal. *Urban Forestry & Urban Greening*. 10 (2): 69-78.
- Soliman, M. H., Ahlam, H. H., Hamdah, A. G., & Shroug, S.** 2017. Allelopathic effect of *Moringa oleifera* leaves extract on seed germination and early seedling growth of Faba Bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Agricultural Technology*. 13(1): 105-117.
- Sosa-Martínez, A., Mosqueda-Vázquez, R., Lagunes-Tejeda, A. & Riestra-Díaz, D.** 2003. Aspectos fenológicos del árbol del nim (*Azadirachta indica* A. Juss) en un clima cálido subhúmedo. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 9 (1): 15-28.
- Space, J. C. & Flynn, T.** 2001. Report to the Kingdom of Tonga on invasive plant species of environmental concern. USDA Forest Service. 78 p.
- Space, J. C. & Flynn, T.** 2002. Report to the Government of Samoa on invasive plant species of environmental concern. USDA Forest Service. 78 p.
- Space, J. C., Waterhouse, B. M., Newfield, M. & Bull, C.** 2004. Report to the Government of Niue and the United Nations Development Programme: Invasive plant species on Niue following Cyclone Heta. UNDP NIU/98/G31 - Niue Enabling Activity. 76 p.
- Standley, P. C. & Dahlgren, B. E.** 1937. Flora of Costa Rica. Vol. 18, Part 2. Field Museum of Natural History, Chicago, USA. 780 p.
- Standley, P. C. & Record, S. J.** 1936. The forests and flora of British Honduras. Field Museum of Natural History, Chicago, USA. 432 p.
- Standley, P. C. & Steyermark, J. A.** 1946. Flora of Guatemala. Vol. 24, Part. V. Chicago Natural History Museum. 502 p.
- Standley, P. C. & Williams, L. O.** 1974. Flora of Guatemala. Vol. 24, Part X. Field Museum of Natural History, Chicago, USA. 466 p.
- Starr, F., Starr, K. & Loope, L.** 2003. *Ligustrum spp.*, privet, Oleaceae. United States Geological Survey, Biological Resources Division, Maui, Hawaii.
- Stocker, R. K.** 1999. Mechanical harvesting of *Melaleuca quinquenervia* in Lake Okeechobee, Florida. *Ecological Engineering*. 12 (3-4): 373-386.

Sussman, R. W. & Raven, P. H. 1978. Pollination by lemurs and marsupials: An archaic coevolutionary system. *Science, New Series*. 200 (4343): 731-736.

Sutton, G. F., Paterson, I. D. & Paynter, Q. 2017. Genetic matching of invasive populations of the African tulip tree, *Spathodea campanulata* Beauv. (Bigoniaceae), to their native distribution: maximizing the likelihood of selecting host-compatible biological control agents. *Biological Control*. 114: 167-175.

Swarbrick, J. T., Timmins, S. M. & Bullen, K.M. 1999. The biology of Australian weeds. 36. *Ligustrum lucidum* Aiton and *Ligustrum sinense* Lour. *Plant Protection Quarterly*. 14 (4): 122-130.

Sweetman, H. L. 1949. Further studies of the winter feeding habits of cottontail rabbits. *Ecology*. 30 (3): 371-376.

Tak, S. & Maurya, I. B. 2017. Genetic diversity of *Moringa oleifera* Lam. in Rajasthan, India. In: *International Symposium on Moringa*. 1158: 71-78.

Tecco, P. A., Díaz, S. Gurvich, D. E., Perez-Harguindeguy, N., Cabido, M. & Bertone, G. A. 2007. Facilitation and interference underlying the association between the woody invaders *Pyracantha angustifolia* and *Ligustrum lucidum*. *Applied Vegetation Science*. 10: 211-218.

Texas Invasive Plant and Pest Council (TIPPC). 2004. Invasives database: *Melia azedarach* golden rain tree. Fecha de actualización: 3 de junio de 2004. https://www.texasinvasives.org/plant_database/detail.php?symbol=MEAZ.

Texas Invasive Plant and Pest Council (TIPPC). 2007. *Ligustrum japonicum*, japanese privet. Fecha de actualización: 8 de noviembre de 2007. https://www.texasinvasives.org/plant_database/detail.php?symbol=LIJA.

Texas Invasive Plant and Pest Council (TIPPC). 2014. *Ligustrum quihoui*, quihoui privet. Fecha de actualización: 23 de junio de 2014. https://www.texasinvasives.org/plant_database/detail.php?symbol=LIQU2.

Thai, K. V., Rayamajhi, M. B. & Center, T. D. 2005. Seed Longevity of *Melaleuca quinquenervia*: a burial experiment in south Florida. *Journal Aquatic Plant Management*. 43: 39-42.

Thaman, R. R., Hasall, D. C. & Takeda, S. 2009. The vegetation and flora of Nauru-2007. Secretariat of the Pacific Community, Land Resources Division, Sava, Fiji Islands. 173 p. ISBN: 978-982-00-0314-9.

Tian, D., Zhu, F., Yan, W., Xi, F., Xiang, W., Deng, X. & Peng, C. 2009. Heavy metal accumulation by paniced goldenrain tree (*Koelreuteria paniculata*) and common

elaecarpus (*Elaeocarpus decipens*) in abandoned mine soils in southern China. *Journal of Environmental Sciences*. 21 (3): 340-345.

Tinghui, X., Wegener, M., O'Shea, M. & Deling, M. 2001. World distribution and trade in neem products with reference to their potential in China. In: Conference of Australian Agricultural and Resource Economics Society Adelaide, Australia. 22-25 de enero de 2001.

Tomar, U. K. & Kaushik, N. 2011. Neem (*Azadirachta indica* A. Jusieu) biodiversity in India for bioresource: Azadirachtin – an important biopesticide. *Asian Journal of Experimental Sciences*. 25 (1): 15-21.

Torres, U., Lowry, J. & López, C. A. 2017. Monitoreo de Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Querétaro. En: Sahagún, F. J., Huerta, F. M. & Durán, A. (Eds.). *Experiencia de monitoreo de aves en el corredor ecológico de la Sierra Madre Oriental*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Universidad de Guadalajara. 71-79 p.

Toscan, M. A. G., Temponi, L. G. & Guimarães, A. T. B. 2017. Caracterização da produção de serapilheira e da chuva de sementes em uma reserva de floresta estacional semidecidual, Paraná. *Ciência Florestal*. 27 (2): 415-427.

Tourn, G. M., Menvielle, M. F., Scopel, A. L. & Pidal, B. 1999. Clonal strategies of a woody weed: *Melia azedarach*. *Plant and Soil*. 217 (1-2): 111-117.

Trade Technocrats Ltd. 2019. *Ligustrum lucidum*, berry glossy privet fruit. Fecha de actualización: s/f. <https://tradetechnocrats.com/products/ligustrum-lucidum-berry-glossy-privet-fruit>.

Trigo, J. R. & Santos, W. F. 2000. Insect mortality in *Spathodea campanulata* Beauv. (Bignoniaceae) flowers. *Revista Brasileira de Biologia*. 60 (3): 537-538.

Trikshiqi, R. & Rexha, M. 2015. Heavy metal monitoring by *Ligustrum lucidum*, fam: oleaceae vascular plant as bio-indicator in Durres City. *International Journal od Current Research*. 7 (4): 14415-14422.

Trilles, B., Bouraïma, S. & Valet, G. 2006. *Melaleuca quinquinervia* (Cavanilles) S. T. BLAKE, NIAOULI. In: Southwell, I. & Lowe, R. (Eds.). *Tea tree. The genus Melaleuca*. Ámsterdam. Harwood Academic Publishers. 247 p. ISBN: 0-203-34323-9

Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 2019a. *Moringa oleifera* Lam. Fecha de actualización: s/f. <http://www.tropicos.org/Name/21400003>

Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 2019b. *Spatothea campanulata*. Fecha de actualización: ND. <http://www.tropicos.org/Name/3700582>.

Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 2019c. *Koelreuteria paniculata* Laxm. Fecha de actualización: s/f. <http://www.tropicos.org/Name/28600566>.

Troup, R. S. 1921. The silviculture of Indian trees. Volume II, leguminosae (Caesalpinieae) to verbenaceae. Oxford at the Clarendon Press. 11195 p.

Tudge, C. 2005. A natural history of what trees are, how they live, and why they matter. Three Rivers Press, New York. ISBN: 978-0-307-39539-9.

Turner, C. E., Center, T. D., Burrows, D. W. & Buckingham, G. R. 1998. Ecology and management of *Melaleuca quinquenervia*, an invader of wetlands in Florida, U.S.A. *Wetlands Ecology and Management*. 5 (3): 165–178.

U.S. Congress, Office of Technology Assessment (OTA). 1993. Harmful non-indigenous species in the United States. Washington, DC: U.S.A. Government Printing. 391 p. ISBN: 0-16-042075-X.

Ulu, F., Cetiner, S., Eren, N. & Ayan, S. 2002. Results of the field stage in the third year of species and provenances trials of *Paulownia* Sieb. & Zucc. in eastern Black Sea region. Proceedings IUFRO Meeting management of fast growing plantations.

University of Florida (UF) & Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS). 2018. *Melia azedarach*. Fecha de actualización 9 de diciembre de 2018 <http://plants.ifas.ufl.edu/plant-directory/melia-azedarach/#top>.

University of Michigan Herbarium. 2019. *Spathodea campanulata* P. Beauv. Fecha de actualización: enero 2019. <https://www.gbif.org/occurrence/1988915681>.

USDA-ARS. 2018. Germplasm Resources Information Network (GRIN). Beltsville, Maryland, USA: National Germplasm Resources Laboratory. Fecha de actualización: s/f. <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomysimple.aspx>.

Vaithyanathan, T., Soundari, M., Rajesh, M., Sankar Ganesh, K., & Sundaramoorthy, P. 2014. Allelopathic effect of *Azadirachta indica* L. on the germination of *Abelmoschus esculentus* L. *International Letters of Natural Sciences*, 10.

Valarezo, O., Cañarte, E. & Navarrete, B. 2008. El nim: insecticida botánico para el manejo de plagas agrícolas. INIAP- Estación Experimental Portoviejo. *Boletín Divulgativo* No. 336. 14 p.

Van Driesche, R. G., Hoddle, M. S. & Center, T. D. 2007. Control de plagas y malezas por enemigos naturales. Washington, D. C. U.S. Department of Agriculture (USDA). 737 p.

Vander, V. N. 2003. The vascular plants of Majuro Atoll, Republic of the Marshall Islands. *Atoll Research Bulletin*. 503: 1-141.

Velasco, J. S. 2013. Valoración medioambiental de los árboles en los espacios verdes urbanos. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Cataluña.

Velderrain-Algara, L. A. 2007. Estructura de la vegetación en montículos en una planicie aluvial de Baja California Sur. Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.

Vera, A., Martínez, M., Colina, M. E., & Ayala, Y. 2007. Desarrollo silvestre de *Azadirachta indica* (Neem) bajo el sombreado de *Prosopis juliflora* en la Planicie de Maracaibo, Estado Zulia. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*. 41 (3): 331-339.

Verdeguer, M. 2011. Fitotoxicidad de aceites esenciales y extractos acuosos de plantas mediterráneas para el control de arvenses. Tesis de Doctorado, Universitat Politècnica de València.

Vilà, M. & Ibañez, L. 2011. Plant invasions in the landscape. *Landscape Ecology*. 26: 461-472.

Villarreal-Gómez, A. & Ortega-Angulo, K. J. 2014. Revisión de las características y usos de la planta *Moringa oleifera*. *Investigación & Desarrollo*. 22 (2): 309-330.

Villavicencio, M. A., Pérez, B. E. & López, B. N. 2015. Plantas útiles de tres municipios de la Reserva de la Biosfera Barranca. En: Pulido, G., Monks, S. & López, M. (Eds.). *Estudios en Biodiversidad*. Lincoln, Nebraska. Volumen 1. 173-179 p. ISBN: 978-1-60962-073-8.

Vincent, M. A., Gardner, R. L. & Riley B.P. 2011. Additions to and interesting records for the Ohio vascular flora (with one new record for Indiana). *Phytoneuron*. 60: 1–23.

Vitousek, P.M., D'Antonio, C. M., Loope, L. L. & Westbrooks, R. 1996. Biological invasions as global environmental change. *American Scientist*. 84: 468-478.

Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J. & Melillo, J. 1997. Human's domination of earth's ecosystems. *Science*. 277: 494–499.

Vivero Forestal Encanto. 2018. *Paulownia tomentosa*. Fecha de actualización: Marzo de 2018. <http://www.viveroforestalencanto.com/paulownias/>.

Voigt, F. A., Farwig, N. & Johnson, S. 2011. Interactions between the invasive tree *Melia azedarach* (Meliaceae) and native frugivores in South Africa. *Journal of Tropical Ecology*. 27 (4): 355-363 p.

Vos, P. 2004. Forest Health & Biosecurity Working Papers: Case studies on the status of invasive woody plant species in the western Indian Ocean. 2. The Comoros Archipelago (Union of the Comoros and Mayotte). Food and Agriculture Organization of the United Nations. FBS/4-2E. 34 p.

Wade, D., Ewel, J. & Hofstetter, R. 1980. Fire in south Florida ecosystems. USDA Forest Service; 1st Edition. 125 p.

Waggy, M. A. 2009. *Melia azedarach*. Fire Effects Information System. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). Fecha de actualización: ND.
<https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/melaze/all.html>.

Wallace, R. E. 1963. The genera of Capparaceae and Moringaceae in the southeastern United States. *Journal of the Arnold Arboretum*. 44 (1): 81-95.

Weaber, E. R. 1974. A group outstanding goldenrain trees (*Koelreuteria paniculata*) along Boston's fenway. *Arnoldia*. 34 (4): 134.

Wester, L. 1985. Checklist of the vascular plants of the northern Line Islands. *Atoll Research Bulletin*. 287: 1-38.

Wheeler, G. S. & Ordnung, K. M. 2005. Secondary metabolite variation affects the oviposition preference but has little effect on the performance of *Boreioglycaspis melaleucae*: A biological control agent of *Melaleuca quinquenervia*. *Biological Control*. 35 (2): 115–123.

Wheeler, G. S., Pratt, P. D., Giblin, R. M. & Ordnung, K. M. 2007. Intraspecific variation of *Melaleuca quinquenervia* leaf oils in its naturalized range in Florida, the Caribbean, and Hawaii. *Biochemical Systematics and Ecology*. 35 (8): 489-500.

Williams, C. E. 1993a. Age structure and importance of naturalized *Paulownia tomentosa* in a central Virginia streamside forest. *Castanea*. 58 (4): 243-249.

Williams, C. E. 1993b. The exotic empress tree, *Paulownia tomentosa*: an invasive pest of forests? *Natural Areas Journal*. 13 (3): 221-222.

Williams, L. & Dahlgren, B. E. 1936. Woods of northeastern Peru. Vol. 15. Chicago Natural History Museum, Chicago, U. S. A. 587 p.

Wittenberg, R. & Cock, M. J. W. 2001. How to Address One of the Greatest Threats to Biodiversity: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices. Global Invasive Species Programme. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.

Woods, V. B., 2008. *Paulownia* as a novel biomass crop for Northern Ireland? A review of current knowledge, Global Research Unit AFBI Hillsborough, Occasional publication № 7: 1–47.

- Yadav, N. K., Vaidya, B. N., Henderson, K., Lee, J. F., Stewart, W. M., Dhekney, S. A. & Joshee, N.** 2013. A review of *Paulownia* biotechnology: a short rotation, fast growing multipurpose bioenergy tree. *American Journal of Plant Sciences*. 4 (11): 2070-2082.
- Yang, X., Yang, X., Guo, T., Gao, K., Zhao, T., Chen, Z. & An, X.** 2018. Embriogénesis somática de alta eficiencia de plántulas de *Koelreuteria paniculata* Laxm. *Bosques*. 9 (12): 769.
- Yuncker, T. G. & Dahlgren, B. E.** 1938. A contribution to the flora Honduras. Vol. 16, No. 4. Field Museum of Natural History, Chicago, USA. 407 p.
- Zamora-Nasca, L., Montti, L., Grau, R. & Paolini, L.** 2014. Efectos de la invasión del ligustro, *Ligustrum lucidum*, en la dinámica hídrica de las Yungas del noroeste Argentino. *Bosque*. 35 (2): 195-205.
- Zavaleta, E. S., Hobbs, R. J. & Mooney, H. A.** 2001. Viewing invasive species removal in a whole-ecosystem context. *Trends in Ecology & Evolution*. 8: 454-459.
- Zeinsteger, P. & Gurni, A.** 2004. Plantas tóxicas que afectan el aparato digestivo de caninos y felinos. *Revista Veterinaria*. 15 (1): 35-44.
- Zhao-Hua, Z., Ching-Ju, C., Xin-Yu, L. & Yao-Gao, X.** 1986. *Paulownia* in China: cultivation and utilization. Chinese Academy of Forestry Staff. Asian Network for Biological Science, International Development Research Centre. ISBN: 9971-84-546-6. 65 p.

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) adaptado de acuerdo a con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.* (2010)), 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

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. Guía basada en el sistema australiano de evaluación de malezas (AWRA) con las modificaciones para las condiciones en México basado en Gordon *et al.* (2010).

ANEXO 2. PROCEDIMIENTO PARA MODELAR EL RIESGO DE INVASIÓN 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 cualquiera de las especies objetivo, presentadas en este documento, establecerse en México. 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 presentan los mapas de distribución potencial utilizando la modelación Maxent con las variables climáticas a nivel del país y por similitud climática.

Método

Además, se usó la altitud como variable topográfica.

Base de datos: Todos los registros de ocurrencia se analizaron en un Sistema de Información Geográfica ArcGis 10.4. 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.

Modelado: Para el desarrollo de los modelos se usó MaxEnt (ver. 3.4.1, 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 cuatro regiones para cada una de las especies exóticas invasoras: 1. el nicho climático de las especies en su región nativa, 2. a nivel mundial incluyendo los registros de invasión actual, 3. En México y 4. en Norteamérica y Centroamérica, orientado a presentar el riesgo potencial que implica para México. Se usó el 75% de los registros de presencia como datos de entrenamiento y 25% como datos de validación siempre que el número de registros fuese elevado (Franklin 2009). Para los modelos con pocos registros se usó el 10% de los registros para validación. Se corrieron 5 réplicas para evitar la incertidumbre asociada a la modelación. La partición de los registros para entrenamiento y validación fue aleatoria en cada iteración (*random seed*) y réplica y se utilizó el *bootstrap* como método de remuestreo. Todos los modelos fueron generados utilizando las variables de temperatura, precipitación y fueron transferidos a México y a Norte y Centroamérica para identificar las zonas con la combinación de condiciones climáticas idóneas para la invasión potencial de estos árboles.

Se calibraron 6 modelos diferentes para cada especie:

- a. Dos modelos que se calibran a nivel mundial (uno con los registros de la región nativa y el otro con registros de invasión incluyendo a México) y que se transfieren los resultados a México;
- b. Uno que se calibra solo con los registros en México y que es para proyectar los resultados en México;
- c. Dos que se calibran a nivel mundial (región nativa y de invasión) y se transfieren los resultados a Norte y Centroamérica;
- d. Y uno que se calibra con los registros de invasión en Norte y Centroamérica para proyectarlo ahí mismo.

Los registros de México sí fueron incluidos en la modelación de la región invadida a nivel mundial.

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 25% (muchos registros) y 10% (con pocos registros) de los registros como se mencionó previamente.

Los análisis espaciales fueron realizados en el SIG ArcView 3.2.

En el cuadro 3 se identifican aquellas variables que tuvieron mayor contribución en cada uno de los modelos antes mencionados por especie.

TAMAÑOS DE MUESTRA PARA REALIZAR LAS MODELACIONES

Cuadro 1. Número de registros espacialmente independientes utilizados en los modelos de Maxent de especies de árboles forestales exóticos con potencial invasor en México.

Especie	Modelo	Tamaño muestra entrenamiento modelo	Tamaño muestra evaluación modelo	% entrenamiento/ validación
<i>Azadirachta indica</i>	Región nativa con transferencia en México	54	17	75/25
	Región invadida con transferencia en México	1153	384	75/25
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	54	17	75/25
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	1153	384	75/25
<i>Koelreuteria paniculata</i>	Región nativa con transferencia en México	42	13	75/25
	Región invadida con transferencia en México	241	80	75/25
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	42	13	75/25
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	241	80	75/25
<i>Ligustrum lucidum</i>	Región nativa con transferencia en México	170	56	75/25
	Región invadida con transferencia en México	984	327	75/25
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	170	56	75/25
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	984	327	75/25
<i>Melaleuca quinquenervia</i>	Región nativa con transferencia en México	411	137	75/25
	Región invadida con transferencia en México	66	21	75/25

	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	411	137	75/25
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	66	21	75/25
<i>Melia azedarach</i>	Región nativa con transferencia en México	688	229	75/25
	Región invadida con transferencia en México	1835	611	75/25
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	688	229	75/25
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	1835	611	75/25
<i>Moringa oleifera</i>	Región nativa con transferencia en México	58	19	75/25
	Región invadida con transferencia en México	384	128	75/25
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	58	19	75/25
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	384	128	75/25
<i>Paulownia tomentosa</i>	Región nativa con transferencia en México	86	28	75/25
	Región invadida con transferencia en México	623	207	75/25
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	86	28	75/25
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	623	207	75/25
<i>Spathodea campanulata</i>	Región nativa con transferencia en México	149	49	75/25
	Región invadida con transferencia en México	344	114	75/25
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	149	49	75/25
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	344	114	75/25

Cuadro 2. Evaluación de los modelos. Valores del área bajo la curva AUC obtenidos para datos de entrenamiento y validación de los modelos.

Especie	Modelo	AUC entrenamiento	AUC validación
<i>Azadirachta indica</i>	Región nativa con transferencia en México	0,98±0,005	0,97±0,02
	Región invadida con transferencia en México	0,92±0,001	0,91±0,003
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	0,98±0,01	0,97±0,01
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	0,92±0,001	0,91±0,004
<i>Koelreuteria paniculata</i>	Región nativa con transferencia en México	0,99±0,003	0,97±0,01
	Región invadida con transferencia en México	0,96±0,002	0,95±0,01
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	0,98±0,002	0,98±0,01
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	0,96±0,001	0,95±0,005
<i>Ligustrum lucidum</i>	Región nativa con transferencia en México	0,98±0,0003	0,98±0,001
	Región invadida con transferencia en México	0,93±0,001	0,92±0,004
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	0,98±0,0005	0,98±0,001
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	0,93±0,001	0,93±0,002
<i>Melaleuca quinquenervia</i>	Región nativa con transferencia en México	0,97±0,0004	0,97±0,001
	Región invadida con transferencia en México	0,95±0,01	0,94±0,02
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	0,97±0,001	0,97±0,001
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	0,95±0,02	0,94±0,01
<i>Melia azedarach</i>	Región nativa con transferencia en México	0,95±0,001	0,94±0,002
	Región invadida con transferencia en México	0,86±0,001	0,86±0,002
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	0,95±0,001	0,95±0,002
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	0,87±0,0004	0,86±0,003
<i>Moringa oleifera</i>	Región nativa con transferencia en México	0,99±0,003	0,98±0,007
	Región invadida con transferencia en México	0,93±0,003	0,92±0,01
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	0,99±0,004	0,99±0,007

	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	0,93±0,004	0,92±0,01
<i>Paulownia tomentosa</i>	Región nativa con transferencia en México	0,99±0,0003	0,99±0,0003
	Región invadida con transferencia en México	0,95±0,002	0,95±0,004
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	0,99±0,0004	0,99±0,002
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	0,95±0,001	0,95±0,002
<i>Spathodea campanulata</i>	Región nativa con transferencia en México	0,98±0,001	0,98±0,003
	Región invadida con transferencia en México	0,95±0,003	0,94±0,01
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	0,98±0,0004	0,97±0,004
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	0,95±0,001	0,94±0,005

RESULTADOS DE LA ROBUSTEZ DE LOS MODELOS PREDICTIVOS EN FUNCIÓN DE LA MODELACIÓN MAXENT.

Cuadro 3. Contribución relativa (%) e importancia de la permutación de las variables climáticas a los modelos de Maxent de las especies de árboles invasores en su región nativa, en la zona de invasión a nivel mundial. Se transfiere la información para denotar el riesgo para la región de Norte y Centro América en especial con relación a México.

Espece	Modelo	Variabes	Porcentaje de contribución	Importancia de la permutación
<i>Azadirachta indica</i>	Región nativa con transferencia en México	Precipitación anual	25.9	13.7
		Temperatura media del trimestre más frío	25.8	5.4
		Temperatura media del trimestre más cálido	25.8	24.3
		Temperatura mínima del mes más frío	4.4	41.7
	Región invadida con transferencia en México	Temperatura media del trimestre más frío	54.8	29
		Precipitación anual	22.8	16.7
		Temperatura mínima del mes más frío	14.6	34.1
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	Temperatura media anual	38.4	5.3
		Precipitación anual	25	17.5
		Temperatura media del trimestre más cálido	15	37.8
		Temperatura mínima del mes más frío	5	27.9
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	Temperatura media del trimestre más frío	50.9	27.2
		Precipitación anual	23.8	16.4
Temperatura mínima del mes más frío		16.4	35	
<i>Koelreuteria paniculata</i>	Región nativa con transferencia en México	Temperatura media del trimestre más frío	49.8	44.1
		Precipitación anual	28.2	3.7
		Temperatura media anual	3.8	19.5
	Región invadida con transferencia en México	Temperatura media del trimestre más frío	35.7	16
		Temperatura media anual	33.3	27.9
		Temperatura mínima del mes más frío	5.5	22.1
Región nativa con transferencia en	Temperatura media del trimestre más frío	48.1	42	

	Norte y Centroamérica	Precipitación anual	29.6	4
		Temperatura mínima del mes más frío	5.4	19.4
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	Temperatura media anual	32.7	14.4
		Temperatura media del trimestre más frío	30.8	31.4
		Temperatura media del trimestre más cálido	11.5	25.6
<i>Ligustrum lucidum</i>	Región nativa con transferencia en México	Precipitación anual	36.4	3.1
		Temperatura media del trimestre más frío	30.1	25.1
		Temperatura media del trimestre más cálido	4.7	30.2
	Región invadida con transferencia en México	Temperatura mínima del mes más frío	40.2	36.9
		Temperatura media anual	27.2	6.9
		Temperatura media del trimestre más frío	9.2	30.1
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	Precipitación anual	38	2.4
		Temperatura media del trimestre más frío	35.6	27.7
		Temperatura media del trimestre más cálido	5.9	28.8
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	Temperatura mínima del mes más frío	34.3	20
		Temperatura media del trimestre más frío	17.1	36.7
<i>Melaleuca quinquenervia</i>	Región nativa con transferencia en México	Precipitación anual	43.6	10.7
		Temperatura media del trimestre más frío	37.2	36
		Temperatura máxima del mes más cálido	11.3	25.5
	Región invadida con transferencia en México	Temperatura media del trimestre más frío	42.3	24.8
		Precipitación anual	30.6	3.1
		Temperatura mínima del mes más frío	14.9	34.9
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	Precipitación anual	35.6	7.2
		Temperatura media del trimestre más frío	29.9	18
		Temperatura máxima del mes más cálido	19.8	31.1
		Temperatura media del trimestre más cálido	9.2	37.6

	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	Temperatura media del trimestre más frío	50.8	27.9	
		Precipitación anual	29.4	3.9	
		Temperatura mínima del mes más frío	8.4	41.7	
<i>Melia azedarach</i>	Región nativa con transferencia en México	Temperatura media del trimestre más frío	60.6	53.7	
		Precipitación anual	22.7	8.7	
	Región invadida con transferencia en México	Temperatura mínima del mes más frío	33.2	10.5	
		Precipitación anual	25.4	18.9	
		Temperatura media del trimestre más frío	21	40.7	
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	Temperatura media del trimestre más frío	54.9	38.2	
		Precipitación anual	21.5	8.1	
		Temperatura media del trimestre más cálido	4.1	29.5	
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	Temperatura media anual	53.3	28.8	
		Precipitación anual	21.5	23.1	
	<i>Moringa oleifera</i>	Región nativa con transferencia en México	Precipitación anual	45	9.8
Temperatura media del trimestre más cálido			26.9	43.2	
Temperatura media del trimestre más frío			7.3	20.5	
Región invadida con transferencia en México		Temperatura mínima del mes más frío	64.6	68.1	
Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica		Precipitación anual	46.4	10	
		Temperatura media del trimestre más cálido	22.9	42.8	
Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica		Temperatura mínima del mes más frío	59.4	69.2	
<i>Paulownia tomentosa</i>	Región nativa con transferencia en México	Precipitación anual	40	3.5	
		Temperatura media del trimestre más frío	19.1	18.4	
		Temperatura media anual	18.4	29.7	
		Temperatura media anual	39.8	4.5	
		Precipitación anual	27.6	27.1	

	Región invadida con transferencia en México	Temperatura media del trimestre más frío	26.5	49.6
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	Precipitación anual	39.3	2.9
		Temperatura media del trimestre más frío	29.8	24.2
		Temperatura media anual	6.7	28.9
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	Temperatura media anual	36.4	4
		Temperatura media del trimestre más frío	33.4	50.6
Precipitación anual		25.5	27.5	
<i>Spathodea campanulata</i>	Región nativa con transferencia en México	Precipitación anual	35.1	4.5
		Temperatura mínima del mes más frío	34.1	64.9
	Región invadida con transferencia en México	Temperatura media del trimestre más frío	42.7	12.1
		Temperatura mínima del mes más frío	15.9	56.4
	Región nativa con transferencia en Norte y Centroamérica	Precipitación anual	39.1	5.7
		Temperatura mínima del mes más frío	35.2	66.9
	Región invadida con transferencia en Norte y Centroamérica	Temperatura media del trimestre más frío	47.3	23.2
		Temperatura mínima del mes más frío	7.7	47.1

Literatura citada sección Modelación de especies de árboles forestales 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.

APÉNDICE 1. FORMATO ANÁLISIS DE RIESGO WRA

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

Nombre botánico: <i>Melia azedarach</i>		Resultado: Rechazar	
Nombre común:		Puntaje: 27	
Familia:		Su nombre:	
Biogeografía/Historia			
A	1 Domesticación	1.01 ¿Es una especie domesticada? Si la respuesta es 'no' entonces vaya a la pregunta 2.01	N (0)
C		1.02 ¿La especie se ha naturalizado en el lugar donde se ha sembrado o cultivado?	
C		1.03 ¿La especie tiene razas o variedades que sean malezas?	
	2 Clima y distribución	2.01 Especie adecuada a climas en México (0 - bajo; 1-intermedio; 2-alto)	Y (2)
		2.02 Calidad de la similitud climática (0-bajo; 1-intermedio; 2- alto)	Y (2)
C		2.03 Especie adaptable a un rango ambiental muy amplio	Y (1)
C		2.04 Nativo o naturalizada en hábitats con periodos extensivos de sequías	Y (1)
		2.05 ¿Hay evidencia de introducciones repetidas fuera de su rango de distribución natural?	Y
C	3 Maleza en cualquier sitio	3.01 Naturalizado fuera de su rango nativo de distribución	Y (1)
E		3.02 Maleza de jardines o de espacios de uso público urbano	N (0)
A		3.03 Maleza agrícola, hortícola o forestal	Y (4)
E		3.04 Maleza ambiental	Y (4)
		3.05 Relación filogenética cercana con especies de malezas	N (0)
Biología/Ecología			
A	4 Rasgos indeseables	4.01 Produce espinas, o estructuras ganchudas	N (0)
C		4.02 Alelopática	Y (1)
C		4.03 Parásita	N (0)
A		4.04 No adecuado para animales de pastoreo	Y (1)
C		4.05 Tóxico a animales	Y (1)
C		4.06 Hospedero de plagas o patógenos reconocidos	Y (1)
C		4.07 Causa alergias o es tóxico para los humanos	Y (1)
E		4.08 Crea un riesgo de incendio en sistemas naturales	N (0)
E		4.09 Es una especie tolerante a la sombra en alguna fase de su ciclo de vida	N (0)
E		4.10 Crece en suelos de México	Y (1)

E		4.11 Hábito trepador	N (0)
E		4.12 Crecimiento cerrado o denso	Y (1)
E	5 Tipo de planta	5.01 Acuática	N (0)
C		5.02 Pastos (Poaceae)	N (0)
E		5.03 Plantas fijadoras de nitrógeno	N (0)
C		5.04 Geófito	N (0)
C	6 Reproducción	6.01 Evidencia de bajo éxito reproductivo en su lugar de origen	N (0)
C		6.02 Produce semillas viables	Y (1)
C		6.03 Hibrida de manera natural	Y (1)
C		6.04 Autofecundación	N (-1)
C		6.05 Requiere de polinizadores especialistas	N (0)
C		6.06 Reproducción vegetativa	Y (1)
C		6.07 Tiempo generacional mínimo (años)	-1
A	7 Mecanismos de dispersión	7.01 Los propágulos probablemente puedan ser dispersados no intencionalmente	
C		7.02 Los propágulos se dispersan intencionalmente por el humano	Y (1)
A		7.03 Los propágulos puede pueden ser dispersados como contaminantes de productos	N (-1)
C		7.04 Propágulos adaptados a dispersión por viento	N (-1)
E		7.05 Propágulos con capacidad de flotación exclusivamente en ambientes terrestres	Y (1)
E		7.06 Propágulos dispersados por aves	Y (1)
C		7.07 Propágulos dispersados por animales (de manera externa)	N (-1)
C		7.08 Propágulos dispersados por animales (de manera interna)	Y (1)
C	8 Atributos de persistencia	8.01 Abundante producción de semillas	Y (1)
A		8.02 Evidencia de que existe un banco de semillas persistente (de más de un año)	Y (1)
A		8.03 Es controlado por herbicidas	Y (-1)
C		8.04 Es tolerante o se beneficia de mutilación, corte, cultivo o fuego	Y (1)
E		8.05 Enemigos naturales efectivos en México	N (1)

A= agrícola, E= ambiental, C= combinado

Nombre botánico: <i>Paulownia tomentosa</i>		Resultado: Rechazar	
Nombre común:		Puntaje: 23	
Familia:		Su nombre:	
Biogeografía/Historia			
A	1 Domesticación	1.01 ¿Es una especie domesticada? Si la respuesta es 'no' entonces vaya a la pregunta 2.01	N (0)
C		1.02 ¿La especie se ha naturalizado en el lugar donde se ha sembrado o cultivado?	
C		1.03 ¿La especie tiene razas o variedades que sean malezas?	
C	2 Clima y distribución	2.01 Especie adecuada a climas en México (0 - bajo; 1-intermedio; 2-alto)	Y (2)
C		2.02 Calidad de la similitud climática (0-bajo; 1-intermedio; 2- alto)	Y (2)
C		2.03 Especie adaptable a un rango ambiental muy amplio	Y (1)
C		2.04 Nativo o naturalizada en hábitats con periodos extensivos de sequías	Y (1)
C		2.05 ¿Hay evidencia de introducciones repetidas fuera de su rango de distribución natural?	Y
C	3 Maleza en cualquier sitio	3.01 Naturalizado fuera de su rango nativo de distribución	Y (2)
E		3.02 Maleza de jardines o de espacios de uso público urbano	Y (2)
A		3.03 Maleza agrícola, hortícola o forestal	Y (4)
E		3.04 Maleza ambiental	Y (4)
		3.05 Relación filogenética cercana con especies de malezas	N (0)
Biología/Ecología			
A	4 Rasgos indeseables	4.01 Produce espinas, o estructuras ganchudas	N (0)
C		4.02 Alelopática	N (0)
C		4.03 Parásita	N (0)
A		4.04 No adecuado para animales de pastoreo	N (-1)
C		4.05 Tóxico a animales	N (0)
C		4.06 Hospedero de plagas o patógenos reconocidos	Y (1)
C		4.07 Causa alergias o es tóxico para los humanos	N (0)
E		4.08 Crea un riesgo de incendio en sistemas naturales	N (0)
E		4.09 Es una especie tolerante a la sombra en alguna fase de su ciclo de vida	N (0)
E		4.10 Crece en suelos de México	Y (1)
E		4.11 Hábito trepador	N (0)
E		4.12 Crecimiento cerrado o denso	Y (1)
E	5 Tipo de planta	5.01 Acuática	N (0)
C		5.02 Pastos (Poaceae)	N (0)
E		5.03 Plantas fijadoras de nitrógeno	N (0)
C		5.04 Geófito	N (0)

C	6 Reproducción	6.01 Evidencia de bajo éxito reproductivo en su lugar de origen	N (0)
C		6.02 Produce semillas viables	Y (1)
C		6.03 Hibrida de manera natural	N (-1)
C		6.04 Autofecundación	N (-1)
C		6.05 Requiere de polinizadores especialistas	N (0)
C		6.06 Reproducción vegetativa	Y (1)
C		6.07 Tiempo generacional mínimo (años)	-1
A	7 Mecanismos de dispersión	7.01 Los propágulos probablemente puedan ser dispersados no intencionalmente	
C		7.02 Los propágulos se dispersan intencionalmente por el humano	Y (1)
A		7.03 Los propágulos puede pueden ser dispersados como contaminantes de productos	Y (1)
C		7.04 Propágulos adaptados a dispersión por viento	Y (1)
E		7.05 Propágulos con capacidad de flotación exclusivamente en ambientes terrestres	Y (1)
E		7.06 Propágulos dispersados por aves	N (-1)
C		7.07 Propágulos dispersados por animales (de manera externa)	N (-1)
C		7.08 Propágulos dispersados por animales (de manera interna)	N (-1)
C	8 Atributos de persistencia	8.01 Abundante producción de semillas	Y (1)
A		8.02 Evidencia de que existe un banco de semillas persistente (de más de un año)	Y (1)
A		8.03 Es controlado por herbicidas	Y (-1)
C		8.04 Es tolerante o se beneficia de mutilación, corte, cultivo o fuego	Y (1)
E		8.05 Enemigos naturales efectivos en México	N (1)

A= agrícola, E= ambiental, C= combinado

Nombre botánico: <i>Moringa oleifera</i>		Resultado: Rechazar	
Nombre común: Moringa		Puntaje: 28	
Familia:		Su nombre:	
Biogeografía/Historia			
A	1 Domesticación	1.01 ¿Es una especie domesticada? Si la respuesta es 'no' entonces vaya a la pregunta 2.01	N (0)
C		1.02 ¿La especie se ha naturalizado en el lugar donde se ha sembrado o cultivado?	
C		1.03 ¿La especie tiene razas o variedades que sean malezas?	
	2 Clima y distribución	2.01 Especie adecuada a climas en México (0 - bajo; 1-intermedio; 2-alto)	Y (2)
C		2.02 Calidad de la similitud climática (0-bajo; 1-intermedio; 2- alto)	Y (2)
		2.03 Especie adaptable a un rango ambiental muy amplio	Y (1)
C		2.04 Nativo o naturalizada en hábitats con periodos extensivos de sequías	Y (1)
		2.05 ¿Hay evidencia de introducciones repetidas fuera de su rango de distribución natural?	Y
C	3 Maleza en cualquier sitio	3.01 Naturalizado fuera de su rango nativo de distribución	Y (2)
E		3.02 Maleza de jardines o de espacios de uso público urbano	Y (2)
A		3.03 Maleza agrícola, hortícola o forestal	N (0)
E		3.04 Maleza ambiental	Y (4)
		3.05 Relación filogenética cercana con especies de malezas	N (0)
Biología/Ecología			
A	4 Rasgos indeseables	4.01 Produce espinas, o estructuras ganchudas	N (0)
C		4.02 Alelopática	Y (1)
C		4.03 Parásita	N (0)
A		4.04 No adecuado para animales de pastoreo	N (-1)
C		4.05 Tóxico a animales	N (0)
C		4.06 Hospedero de plagas o patógenos reconocidos	Y (1)
C		4.07 Causa alergias o es tóxico para los humanos	Y (1)
E		4.08 Crea un riesgo de incendio en sistemas naturales	N (0)
		4.09 Es una especie tolerante a la sombra en alguna fase de su ciclo de vida	Y (1)
E		4.10 Crece en suelos de México	Y (1)
E		4.11 Hábito trepador	N (0)
E		4.12 Crecimiento cerrado o denso	Y (1)
E	5 Tipo de planta	5.01 Acuática	N (0)
C		5.02 Pastos (Poaceae)	N (0)
E		5.03 Plantas fijadoras de nitrógeno	N (0)
C		5.04 Geófito	Y (1)
C	6 Reproducción	6.01 Evidencia de bajo éxito reproductivo en su lugar de origen	N (0)

C		6.02	Produce semillas viables	Y (1)
C		6.03	Hibrida de manera natural	N (-1)
C		6.04	Autofecundación	Y (1)
C		6.05	Requiere de polinizadores especialistas	N (0)
C		6.06	Reproducción vegetativa	Y (1)
C		6.07	Tiempo generacional mínimo (años)	1
A	7 Mecanismos de dispersión	7.01	Los propágulos probablemente puedan ser dispersados no intencionalmente	
C		7.02	Los propágulos se dispersan intencionalmente por el humano	Y (1)
A		7.03	Los propágulos puede pueden ser dispersados como contaminantes de productos	N (-1)
C		7.04	Propágulos adaptados a dispersión por viento	Y (1)
E		7.05	Propágulos con capacidad de flotación exclusivamente en ambientes terrestres	Y (1)
E		7.06	Propágulos dispersados por aves	N (-1)
C		7.07	Propágulos dispersados por animales (de manera externa)	N (-1)
C		7.08	Propágulos dispersados por animales (de manera interna)	N (-1)
C	8 Atributos de persistencia	8.01	Abundante producción de semillas	Y (1)
A		8.02	Evidencia de que existe un banco de semillas persistente (de más de un año)	Y (1)
A		8.03	Es controlado por herbicidas	N (1)
C		8.04	Es tolerante o se beneficia de mutilación, corte, cultivo o fuego	Y (1)
E		8.05	Enemigos naturales efectivos en México	N (1)

A= agrícola, E= ambiental, C= combinado

Nombre botánico: <i>Spathodea campanulata</i>		Resultado: Rechazar	
Nombre común:		Puntaje: 23	
Familia:		Su nombre:	
Biogeografía/Historia			
A	1 Domesticación	1.01 ¿Es una especie domesticada? Si la respuesta es 'no' entonces vaya a la pregunta 2.01	N (0)
C		1.02 ¿La especie se ha naturalizado en el lugar donde se ha sembrado o cultivado?	
C		1.03 ¿La especie tiene razas o variedades que sean malezas?	
	2 Clima y distribución	2.01 Especie adecuada a climas en México (0 - bajo; 1-intermedio; 2-alto)	Y (2)
		2.02 Calidad de la similitud climática (0-bajo; 1-intermedio; 2- alto)	Y (2)
C		2.03 Especie adaptable a un rango ambiental muy amplio	Y (1)
		2.04 Nativo o naturalizada en hábitats con periodos extensivos de sequías	Y (1)
C		2.05 ¿Hay evidencia de introducciones repetidas fuera de su rango de distribución natural?	Y
C	3 Maleza en cualquier sitio	3.01 Naturalizado fuera de su rango nativo de distribución	Y (2)
E		3.02 Maleza de jardines o de espacios de uso público urbano	N (0)
A		3.03 Maleza agrícola, hortícola o forestal	Y (4)
E		3.04 Maleza ambiental	Y (4)
		3.05 Relación filogenética cercana con especies de malezas	N (0)
Biología/Ecología			
A	4 Rasgos indeseables	4.01 Produce espinas, o estructuras ganchudas	N (0)
C		4.02 Alelopática	N (0)
C		4.03 Parásita	N (0)
A		4.04 No adecuado para animales de pastoreo	N (-1)
C		4.05 Tóxico a animales	N (0)
C		4.06 Hospedero de plagas o patógenos reconocidos	N (0)
C		4.07 Causa alergias o es tóxico para los humanos	N (0)
E		4.08 Crea un riesgo de incendio en sistemas naturales	N (0)
		4.09 Es una especie tolerante a la sombra en alguna fase de su ciclo de vida	Y (1)
E		4.10 Crece en suelos de México	Y (1)
E		4.11 Hábito trepador	N (0)
E		4.12 Crecimiento cerrado o denso	Y (1)
E	5 Tipo de planta	5.01 Acuática	N (0)
C		5.02 Pastos (Poaceae)	N (0)
E		5.03 Plantas fijadoras de nitrógeno	N (0)
C		5.04 Geófito	N (0)
C	6 Reproducción	6.01 Evidencia de bajo éxito reproductivo en su lugar de origen	N (0)
C		6.02 Produce semillas viables	Y (1)

C		6.03	Hibrida de manera natural	N (-1)
C		6.04	Autofecundación	N (-1)
C		6.05	Requiere de polinizadores especialistas	N (0)
C		6.06	Reproducción vegetativa	Y (1)
C		6.07	Tiempo generacional mínimo (años)	-1
A	7 Mecanismos de dispersión	7.01	Los propágulos probablemente puedan ser dispersados no intencionalmente	
C		7.02	Los propágulos se dispersan intencionalmente por el humano	Y (1)
A		7.03	Los propágulos puede pueden ser dispersados como contaminantes de productos	N (-1)
C		7.04	Propágulos adaptados a dispersión por viento	Y (1)
E		7.05	Propágulos con capacidad de flotación exclusivamente en ambientes terrestres	Y (1)
E		7.06	Propágulos dispersados por aves	Y (1)
C		7.07	Propágulos dispersados por animales (de manera externa)	N (-1)
C		7.08	Propágulos dispersados por animales (de manera interna)	Y (1)
C	8 Atributos de persistencia	8.01	Abundante producción de semillas	Y (1)
A		8.02	Evidencia de que existe un banco de semillas persistente (de más de un año)	Y (1)
A		8.03	Es controlado por herbicidas	Y (-1)
C		8.04	Es tolerante o se beneficia de mutilación, corte, cultivo o fuego	Y (1)
E		8.05	Enemigos naturales efectivos en México	N (1)

A= agrícola, E= ambiental, C= combinado

Nombre botánico: <i>Melaleuca quinquenervia</i>		Resultado: Rechazar		
Nombre común:		Puntaje: 27		
Familia:		Su nombre:		
Biogeografía/Historia				
A	1	1.01	¿Es una especie domesticada? Si la respuesta es 'no' entonces vaya a la pregunta 2.01	N (0)
	Domesticación	1.02	¿La especie se ha naturalizado en el lugar donde se ha sembrado o cultivado?	
C		1.03	¿La especie tiene razas o variedades que sean malezas?	
C				
	2	2.01	Especie adecuada a climas en México (0 - bajo; 1-intermedio; 2-alto)	Y (2)
	Clima y distribución	2.02	Calidad de la similitud climática (0-bajo; 1-intermedio; 2- alto)	Y (2)
C		2.03	Especie adaptable a un rango ambiental muy amplio	Y (1)
		2.04	Nativo o naturalizada en hábitats con periodos extensivos de sequías	Y (1)
C		2.05	¿Hay evidencia de introducciones repetidas fuera de su rango de distribución natural?	Y
C	3	3.01	Naturalizado fuera de su rango nativo de distribución	Y (2)
E	Maleza en cualquier sitio	3.02	Maleza de jardines o de espacios de uso público urbano	N (0)
A		3.03	Maleza agrícola, hortícola o forestal	Y (4)
E		3.04	Maleza ambiental	Y (4)
		3.05	Relación filogenética cercana con especies de malezas	N (0)
Biología/Ecología				
A	4	4.01	Produce espinas, o estructuras ganchudas	N (0)
C	Rasgos indeseables	4.02	Alelopática	Y (1)
C		4.03	Parásita	N (0)
A		4.04	No adecuado para animales de pastoreo	N (-1)
C		4.05	Tóxico a animales	N (0)
C		4.06	Hospedero de plagas o patógenos reconocidos	N (0)
C		4.07	Causa alergias o es tóxico para los humanos	Y (1)
E		4.08	Crea un riesgo de incendio en sistemas naturales	Y (1)
		4.09	Es una especie tolerante a la sombra en alguna fase de su ciclo de vida	N (0)
E		4.10	Crece en suelos de México	Y (1)
E		4.11	Hábito trepador	N (0)
E		4.12	Crecimiento cerrado o denso	Y (1)
E	5	5.01	Acuática	N (0)
C	Tipo de planta	5.02	Pastos (Poaceae)	N (0)
E		5.03	Plantas fijadoras de nitrógeno	N (0)
C		5.04	Geófito	N (0)
C	6	6.01	Evidencia de bajo éxito reproductivo en su lugar de origen	N (0)
	Reproducción			

C		6.02	Produce semillas viables	Y (1)
C		6.03	Hibrida de manera natural	N (-1)
C		6.04	Autofecundación	N (-1)
C		6.05	Requiere de polinizadores especialistas	N (0)
C		6.06	Reproducción vegetativa	Y (1)
C		6.07	Tiempo generacional mínimo (años)	0
A	7 Mecanismos de dispersión	7.01	Los propágulos probablemente puedan ser dispersados no intencionalmente	Y (1)
C		7.02	Los propágulos se dispersan intencionalmente por el humano	Y (1)
A		7.03	Los propágulos puede pueden ser dispersados como contaminantes de productos	N (-1)
C		7.04	Propágulos adaptados a dispersión por viento	Y (1)
E		7.05	Propágulos con capacidad de flotación exclusivamente en ambientes terrestres	Y (1)
E		7.06	Propágulos dispersados por aves	Y (1)
C		7.07	Propágulos dispersados por animales (de manera externa)	Y (1)
C		7.08	Propágulos dispersados por animales (de manera interna)	N (-1)
C	8 Atributos de persistencia	8.01	Abundante producción de semillas	Y (1)
A		8.02	Evidencia de que existe un banco de semillas persistente (de más de un año)	Y (1)
A		8.03	Es controlado por herbicidas	Y (-1)
C		8.04	Es tolerante o se beneficia de mutilación, corte, cultivo o fuego	Y (1)
E		8.05	Enemigos naturales efectivos en México	N (1)

A= agrícola, E= ambiental, C= combinado

Nombre botánico: <i>Azadirachta indica</i>		Resultado: Rechazar		
Nombre común: Neem		Puntaje: 30		
Familia:		Su nombre:		
Biogeografía/Historia				
A	1	1.01	¿Es una especie domesticada? Si la respuesta es 'no' entonces vaya a la pregunta 2.01	N (0)
	Domesticación	1.02	¿La especie se ha naturalizado en el lugar donde se ha sembrado o cultivado?	
C		1.03	¿La especie tiene razas o variedades que sean malezas?	
C				
	2	2.01	Especie adecuada a climas en México (0 - bajo; 1-intermedio; 2-alto)	Y (2)
	Clima y distribución	2.02	Calidad de la similitud climática (0-bajo; 1-intermedio; 2- alto)	Y (2)
C		2.03	Especie adaptable a un rango ambiental muy amplio	Y (1)
		2.04	Nativo o naturalizada en hábitats con periodos extensivos de sequías	Y (1)
C		2.05	¿Hay evidencia de introducciones repetidas fuera de su rango de distribución natural?	Y
C	3	3.01	Naturalizado fuera de su rango nativo de distribución	Y (2)
E	cualquier sitio	3.02	Maleza de jardines o de espacios de uso público urbano	Y (2)
A		3.03	Maleza agrícola, hortícola o forestal	Y (4)
E		3.04	Maleza ambiental	Y (4)
		3.05	Relación filogenética cercana con especies de malezas	N (0)
Biología/Ecología				
A	4	4.01	Produce espinas, o estructuras ganchudas	N (0)
C	indeseables	4.02	Alelopática	Y (1)
C		4.03	Parásita	N (0)
A		4.04	No adecuado para animales de pastoreo	N (-1)
C		4.05	Tóxico a animales	N (0)
C		4.06	Hospedero de plagas o patógenos reconocidos	Y (1)
C		4.07	Causa alergias o es tóxico para los humanos	N (0)
E		4.08	Crea un riesgo de incendio en sistemas naturales	N (0)
		4.09	Es una especie tolerante a la sombra en alguna fase de su ciclo de vida	Y (1)
E		4.10	Crece en suelos de México	Y (1)
E		4.11	Hábito trepador	N (0)
E		4.12	Crecimiento cerrado o denso	Y (1)
E	5	5.01	Acuática	N (0)
C	Tipo de planta	5.02	Pastos (Poaceae)	N (0)
E		5.03	Plantas fijadoras de nitrógeno	N (0)
C		5.04	Geófito	N (0)
C	6	6.01	Evidencia de bajo éxito reproductivo en su lugar de origen	N (0)
	Reproducción			

C		6.02	Produce semillas viables	Y (1)
C		6.03	Hibrida de manera natural	Y (1)
C		6.04	Autofecundación	Y (1)
C		6.05	Requiere de polinizadores especialistas	N (0)
C		6.06	Reproducción vegetativa	Y (1)
C		6.07	Tiempo generacional mínimo (años)	0
A	7 Mecanismos de dispersión	7.01	Los propágulos probablemente puedan ser dispersados no intencionalmente	
C		7.02	Los propágulos se dispersan intencionalmente por el humano	Y (1)
A		7.03	Los propágulos puede pueden ser dispersados como contaminantes de productos	N (-1)
C		7.04	Propágulos adaptados a dispersión por viento	N (-1)
E		7.05	Propágulos con capacidad de flotación exclusivamente en ambientes terrestres	Y (1)
E		7.06	Propágulos dispersados por aves	Y (1)
C		7.07	Propágulos dispersados por animales (de manera externa)	N (-1)
C		7.08	Propágulos dispersados por animales (de manera interna)	Y (1)
C	8 Atributos de persistencia	8.01	Abundante producción de semillas	Y (1)
A		8.02	Evidencia de que existe un banco de semillas persistente (de más de un año)	Y (1)
A		8.03	Es controlado por herbicidas	Y (-1)
C		8.04	Es tolerante o se beneficia de mutilación, corte, cultivo o fuego	Y (1)
E		8.05	Enemigos naturales efectivos en México	N (1)

A= agrícola, E= ambiental, C= combinado

Nombre botánico: <i>Ligustrum lucidum</i>		Resultado: Rechazar	
Nombre común:		Puntaje: 27	
Familia:		Su nombre:	
Biogeografía/Historia			
A	1 Domesticación	1.01 ¿Es una especie domesticada? Si la respuesta es 'no' entonces vaya a la pregunta 2.01	N (0)
C		1.02 ¿La especie se ha naturalizado en el lugar donde se ha sembrado o cultivado?	
C		1.03 ¿La especie tiene razas o variedades que sean malezas?	
	2 Clima y distribución	2.01 Especie adecuada a climas en México (0 - bajo; 1-intermedio; 2-alto)	Y (2)
C		2.02 Calidad de la similitud climática (0-bajo; 1-intermedio; 2- alto)	Y (2)
		2.03 Especie adaptable a un rango ambiental muy amplio	Y (1)
C		2.04 Nativo o naturalizada en hábitats con periodos extensivos de sequías	Y (1)
		2.05 ¿Hay evidencia de introducciones repetidas fuera de su rango de distribución natural?	Y
C	3 Maleza en cualquier sitio	3.01 Naturalizado fuera de su rango nativo de distribución	Y (2)
E		3.02 Maleza de jardines o de espacios de uso público urbano	N (0)
A		3.03 Maleza agrícola, hortícola o forestal	Y (4)
E		3.04 Maleza ambiental	Y (4)
		3.05 Relación filogenética cercana con especies de malezas	Y (2)
Biología/Ecología			
A	4 Rasgos indeseables	4.01 Produce espinas, o estructuras ganchudas	N (0)
C		4.02 Alelopática	N (1)
C		4.03 Parásita	N (0)
A		4.04 No adecuado para animales de pastoreo	N (-1)
C		4.05 Tóxico a animales	N (0)
C		4.06 Hospedero de plagas o patógenos reconocidos	Y (1)
C		4.07 Causa alergias o es tóxico para los humanos	Y (1)
E		4.08 Crea un riesgo de incendio en sistemas naturales	N (0)
		4.09 Es una especie tolerante a la sombra en alguna fase de su ciclo de vida	Y (1)
E		4.10 Crece en suelos de México	Y (1)
E		4.11 Hábito trepador	N (0)
E		4.12 Crecimiento cerrado o denso	Y (1)
E	5 Tipo de planta	5.01 Acuática	N (0)
C		5.02 Pastos (Poaceae)	N (0)
E		5.03 Plantas fijadoras de nitrógeno	N (0)
C		5.04 Geófito	N (0)
C	6 Reproducción	6.01 Evidencia de bajo éxito reproductivo en su lugar de origen	N (0)

C		6.02	Produce semillas viables	Y (1)
C		6.03	Hibrida de manera natural	N (-1)
C		6.04	Autofecundación	Y (1)
C		6.05	Requiere de polinizadores especialistas	N (0)
C		6.06	Reproducción vegetativa	Y (1)
C		6.07	Tiempo generacional mínimo (años)	0
A	7 Mecanismos de dispersión	7.01	Los propágulos probablemente puedan ser dispersados no intencionalmente	
C		7.02	Los propágulos se dispersan intencionalmente por el humano	Y (1)
A		7.03	Los propágulos puede pueden ser dispersados como contaminantes de productos	N (-1)
C		7.04	Propágulos adaptados a dispersión por viento	N (-1)
E		7.05	Propágulos con capacidad de flotación exclusivamente en ambientes terrestres	N (-1)
E		7.06	Propágulos dispersados por aves	Y (1)
C		7.07	Propágulos dispersados por animales (de manera externa)	N (-1)
C		7.08	Propágulos dispersados por animales (de manera interna)	Y (1)
C	8 Atributos de persistencia	8.01	Abundante producción de semillas	Y (1)
A		8.02	Evidencia de que existe un banco de semillas persistente (de más de un año)	Y (1)
A		8.03	Es controlado por herbicidas	Y (-1)
C		8.04	Es tolerante o se beneficia de mutilación, corte, cultivo o fuego	Y (1)
E		8.05	Enemigos naturales efectivos en México	N (1)

A= agrícola, E= ambiental, C= combinado

Nombre botánico: <i>Koelreuteria paniculata</i>		Resultado: Rechazar		
Nombre común:		Puntaje: 17		
Familia:		Su nombre:		
Biogeografía/Historia				
A	1	1.01	¿Es una especie domesticada? Si la respuesta es 'no' entonces vaya a la pregunta 2.01	N (0)
	Domesticación	1.02	¿La especie se ha naturalizado en el lugar donde se ha sembrado o cultivado?	
C		1.03	¿La especie tiene razas o variedades que sean malezas?	
C				
	2	2.01	Especie adecuada a climas en México (0 - bajo; 1-intermedio; 2-alto)	Y (2)
	Clima y distribución	2.02	Calidad de la similitud climática (0-bajo; 1-intermedio; 2- alto)	Y (2)
C		2.03	Especie adaptable a un rango ambiental muy amplio	Y (1)
		2.04	Nativo o naturalizada en hábitats con periodos extensivos de sequías	Y (1)
C		2.05	¿Hay evidencia de introducciones repetidas fuera de su rango de distribución natural?	Y
C	3	3.01	Naturalizado fuera de su rango nativo de distribución	Y (2)
E	Maleza en cualquier sitio	3.02	Maleza de jardines o de espacios de uso público urbano	N (0)
A		3.03	Maleza agrícola, hortícola o forestal	Y (4)
E		3.04	Maleza ambiental	Y (4)
		3.05	Relación filogenética cercana con especies de malezas	N (0)
Biología/Ecología				
A	4	4.01	Produce espinas, o estructuras ganchudas	N (0)
C	Rasgos indeseables	4.02	Alelopática	N (0)
C		4.03	Parásita	N (0)
A		4.04	No adecuado para animales de pastoreo	N (-1)
C		4.05	Tóxico a animales	N (0)
C		4.06	Hospedero de plagas o patógenos reconocidos	N (0)
C		4.07	Causa alergias o es tóxico para los humanos	N (0)
E		4.08	Crea un riesgo de incendio en sistemas naturales	N (0)
		4.09	Es una especie tolerante a la sombra en alguna fase de su ciclo de vida	N (0)
E		4.10	Crece en suelos de México	Y (1)
E		4.11	Hábito trepador	N (0)
E		4.12	Crecimiento cerrado o denso	N (0)
E	5	5.01	Acuática	N (0)
C	Tipo de planta	5.02	Pastos (Poaceae)	N (0)
E		5.03	Plantas fijadoras de nitrógeno	N (0)
C		5.04	Geófito	N (0)
C	6	6.01	Evidencia de bajo éxito reproductivo en su lugar de origen	N (0)
	Reproducción			

C		6.02 Produce semillas viables	Y (1)
C		6.03 Hibrida de manera natural	N (-1)
C		6.04 Autofecundación	Y (1)
C		6.05 Requiere de polinizadores especialistas	N (0)
C		6.06 Reproducción vegetativa	Y (1)
C		6.07 Tiempo generacional mínimo (años)	
A	7 Mecanismos de dispersión	7.01 Los propágulos probablemente puedan ser dispersados no intencionalmente	
C		7.02 Los propágulos se dispersan intencionalmente por el humano	Y (1)
A		7.03 Los propágulos puede pueden ser dispersados como contaminantes de productos	N (-1)
C		7.04 Propágulos adaptados a dispersión por viento	Y (1)
E		7.05 Propágulos con capacidad de flotación exclusivamente en ambientes terrestres	Y (1)
E		7.06 Propágulos dispersados por aves	N (-1)
C		7.07 Propágulos dispersados por animales (de manera externa)	N (-1)
C		7.08 Propágulos dispersados por animales (de manera interna)	N (-1)
C	8 Atributos de persistencia	8.01 Abundante producción de semillas	Y (1)
A		8.02 Evidencia de que existe un banco de semillas persistente (de más de un año)	Y (1)
A		8.03 Es controlado por herbicidas	Y (-1)
C		8.04 Es tolerante o se beneficia de mutilación, corte, cultivo o fuego	N (-1)
E		8.05 Enemigos naturales efectivos en México	N (1)

A= agrícola, E= ambiental, C= combinado

**APÉNDICE 2. SOBREPOSICIÓN DE REGISTROS POR ESPECIE DE ÁRBOL
FORESTAL 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 árbol forestal trabajadas en este reporte (*Melia azedarach*, *Paulownia tomentosa*, *Moringa oleifera*, *Spathodea campanulata*, *Melaleuca quinquinerva*, *Azadirachta indica*, *Ligustrum lucidum* y *Koelreuteria paniculata*). 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 árbol forestal 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 (sinopsis presentada en la base de datos general). Para el rango de invasión, el número de registros de algunas especies es muy alto (más de 5,000 registros para *Melia azedarach* y *Ligustrum lucidum*), por lo que para extraer los datos de clima se hizo por puntos al azar, pero dirigidos; dentro de algunos países se tenía una gran cantidad de registros dentro de un mismo tipo de clima, por lo que se anotó dicho clima; de esta manera se representan todos los 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 árboles forestales 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 árbol forestal 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>Koelreuteria paniculata</i>	Canadá	Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave)	China	Dwb	Hemiboreal con invierno seco (verano suave, invierno frío)	
		Dfb	Hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío)		Dwc	Subpolar con invierno seco (verano suave y corto, invierno frío)	
	Estados Unidos	Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave)		Cwb	Templado con invierno seco (verano suave)	
		Csa	Mediterráneo (verano cálido)		BSk -	Semiárido frío	
		BSk	Semiárido frío		ET -	Clima de tundra	
		BSh	Semiárido cálido		Cwa -	Subtropical con invierno seco (verano cálido)	
		Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)		Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)	
		Cfb	Oceánico (verano suave)		Cwa -	Subtropical con invierno seco (verano cálido)	
	México	Csa	Mediterráneo (verano cálido)		República de Corea	Dwb	Hemiboreal con invierno seco (verano suave, invierno frío)
		Cwa	Subtropical con invierno seco (verano cálido)			Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)
		Cwb	Templado con invierno seco (verano suave)		Japón	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)
		BSh	Semiárido cálido			Dfb	Hemiboreal sin estación seca

						(verano suave, invierno frío)
		Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
	Guatemala	Am	Tropical monzónico			
	Brasil	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
		Aw	Tropical seco o de sabana con invierno seco			
	Sudáfrica	Cwb	Templado con invierno seco (verano suave)			
	España	Csa -	Mediterráneo (verano cálido)			
		BSh -	Semiárido cálido			
		Csb -	Oceánico mediterráneo (verano suave)			
		Cfb -	Oceánico (verano suave)			
		Cfa -	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
	Francia	Cfb -	Oceánico (verano suave)			
		Cfa -	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
		Csa -	Mediterráneo (verano cálido)			
	Reino Unido	Cfb -	Oceánico (verano suave)			
	Holanda	Cfb -	Oceánico (verano suave)			
	Bélgica	Cfb -	Oceánico (verano suave)			
	Alemania	Cfb -	Oceánico (verano suave)			
	Dinamarca	Cfb -	Oceánico (verano suave)			

	Suecia	Cfb -	Oceánico (verano suave)			
	República Checa	Cfb -	Oceánico (verano suave)			
	Austria	Cfb -	Oceánico (verano suave)			
	Hungría	Cfb -	Oceánico (verano suave)			
	Eslovaquia	Cfb -	Oceánico (verano suave)			
	Croacia	Cfb -	Oceánico (verano suave)			
	Bulgaria	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
	Ucrania	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
	Rusia	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
	Egipto	BWh	Árido cálido			
	Irán	Bsk	Semiárido frío			
		Csa	Mediterráneo (verano cálido)			
	Georgia	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
	Azerbaián	Bsk	Semiárido frío			
	Vietnam	Aw	Tropical seco o de sabana con invierno seco			
		Cwa -	Subtropical con invierno seco (verano cálido)			
	Taiwan	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
	Australia	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
		Cfb	Oceánico (verano suave)			
		Csa	Mediterráneo (verano cálido)			

		Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave)			
	Nueva Zelanda	Cfb	Oceánico (verano suave)			
<i>Azadirachta indica</i>	Estados Unidos	Cfa -	Subtropical sin estación seca (verano cálido)		Cwa	Subtropical con invierno seco (verano cálido)
	México	<u>BWh</u> -	Árido cálido	India	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco
		<u>BSh</u> -	Semiárido cálido		<u>Am</u> -	Tropical monzónico
		As	Tropical seco o de sabana Con verano seco		<u>BSh</u> -	Semiárido cálido
		<u>BSk</u> -	Semiárido frío		<u>Csa</u> -	Mediterráneo (verano cálido)
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco		As	Tropical seco o de sabana Con verano seco
		<u>Cfb</u> -	Oceánico (verano suave)	<u>Am</u> -	Tropical monzónico	
		<u>Am</u> -	Tropical monzónico	Sri Lanka	<u>Aw</u> -	Tropical seco o de sabana Con invierno seco
	El Salvador	Aw	<u>Af</u> -		Ecuatorial o tropical húmedo	
	Costa Rica	<u>Am</u> -	Tropical monzónico			
	Colombia	<u>Am</u> -	Tropical monzónico			
		<u>Af</u> -	Ecuatorial o tropical húmedo			
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			

	Ecuador	<u>Am -</u>	Tropical monzónico			
		<u>BSh -</u>	Semiárido cálido			
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo			
	Brasil	<u>Am -</u>	Tropical monzónico			
		<u>BSh -</u>	Semiárido cálido			
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
	Paraguay	<u>Cfa -</u>	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
	Guadalupe	<u>Am -</u>	Tropical monzónico			
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo			
	Benin	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
	Senegal	<u>Am -</u>	Tropical monzónico			
	Nigeria	<u>BSh -</u>	Semiárido cálido			
		<u>BWh -</u>	Árido cálido			
	Etiopia	<u>Cwb -</u>	Templado con invierno seco (verano suave)			
		<u>BSh -</u>	Semiárido cálido			
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave)			
India	<u>BSh -</u>	Semiárido cálido				

		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		<u>Am -</u>	Tropical monzónico			
		<i>Cwa -</i>	<u>Subtropical con invierno seco (verano cálido)</u>			
	Camboya	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		Am	Tropical monzónico			
	Australia	<u>BWh -</u>	Árido cálido			
		<u>BSh -</u>	Semiárido cálido			
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
<i>Ligustrum lucidum</i>	Estados Unidos	<u>Cfa -</u>	Subtropical sin estación seca (verano cálido)	China	<u>Cfa -</u>	Subtropical sin estación seca (verano cálido)
	México	<u>BWh -</u>	Árido cálido		<i>Cwa</i>	<u>Subtropical con invierno seco (verano cálido)</u>
		<u>BSh -</u>	Semiárido cálido		<i>Cwb -</i>	<u>Templado con invierno seco (verano suave)</u>
		<u>BSk -</u>	Semiárido frío			
		<i>Cwb -</i>	<u>Templado con invierno seco (verano suave)</u>			
		<u>Cfa -</u>	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		Am	Tropical monzónico			

	Argentina	<u>Cfa -</u>	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
	Brasil	<u>Cwa -</u>	Subtropical con invierno seco (verano cálido)			
	España	<u>Csa -</u>	Mediterráneo (verano cálido)			
		<u>BSk -</u>	Semiárido frío			
		<u>Cfa -</u>	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
	Francia	<u>Cfb</u>	<u>Océánico</u> (<u>verano suave</u>)			
		<u>Csa -</u>	Mediterráneo (verano cálido)			
	Italia	<u>Csa -</u>	Mediterráneo (verano cálido)			
Australia	<u>Cfa -</u>	Subtropical sin estación seca (verano cálido)				
	<u>Cfb</u>	<u>Océánico</u> (<u>verano suave</u>)				
<i>Melaleuca quinquenervia</i>	Estados Unidos	Csb	Océánico mediterráneo (verano suave)	Papua Nueva Guinea	Am	Tropical monzónico
		<u>BSk -</u>	Semiárido frío		Af -	Ecuatorial o tropical húmedo
		<u>Cfa -</u>	Subtropical sin estación seca (verano cálido)	Australia	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco
		Am	Tropical monzónico		Am	Tropical monzónico
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco		Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)
	Cuba	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco		<u>BSh -</u>	Semiárido cálido

	México	<i>Cwa -</i>	<i>Subtropical con invierno seco (verano cálido)</i>	Nueva Caledonia	Cfb	Oceánico (verano suave)
		<i>BSh -</i>	Semiárido cálido		Am	Tropical monzónico
	Honduras	<i>Cwb -</i>	<i>Templado con invierno seco (verano suave)</i>		<i>Af -</i>	Ecuatorial o tropical húmedo
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco		Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)
	Costa Rica	<i>Af -</i>	Ecuatorial o tropical húmedo		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco
	Panamá	Am	Tropical monzónico			
	Colombia	<i>Af -</i>	Ecuatorial o tropical húmedo			
	Puerto Rico	Am	Tropical monzónico			
		<i>Af -</i>	Ecuatorial o tropical húmedo			
	Brasil	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
	Australia	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		<i>BSh -</i>	Semiárido cálido			
		<i>BWh -</i>	Árido cálido			
		Csa	Mediterráneo (verano cálido)			
		Cfb	Oceánico (verano suave)			
		Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			

<i>Melia azedarach</i>	Estados Unidos	Am	Tropical monzónico	Australia	<u>BWh</u> -	Árido cálido
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco		<u>BSh</u> -	Semiárido cálido
		Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco
		Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave)		Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)
		<u>BSh</u> -	Semiárido cálido		Cfb	Oceánico (verano suave)
		<u>BSk</u> -	Semiárido frío		Am	Tropical monzónico
	México	Am	Tropical monzónico	China	<u>Af</u> -	Ecuatorial o tropical húmedo
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco		Cwa	<u>Subtropical con invierno seco</u> (verano cálido)
		Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)		BSk	Semiárido frío
		Cfb	Oceánico (verano suave)		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco
		<u>BSh</u> -	Semiárido cálido		Am	Tropical monzónico
		<u>BSk</u> -	Semiárido frío		Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)
		<i>Cwb</i> -	<u>Templado con invierno seco</u> (verano suave)		<i>Cwa</i> -	<u>Subtropical con invierno seco</u> (verano cálido)
		As	Tropical seco o de sabana Con verano seco		<i>Cwb</i> -	<u>Templado con invierno seco</u> (verano suave)
	<i>Cwa</i> -	<u>Subtropical con invierno seco</u> (verano cálido)				
	<u>BWh</u> -	Árido cálido				

	Guatemala	Am	Tropical monzónico			
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
	El Salvador	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
	Honduras	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		Am	Tropical monzónico			
	Nicaragua	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		Am	Tropical monzónico			
	Costa Rica	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		Am	Tropical monzónico			
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo			
	Panamá	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		Am	Tropical monzónico			
	Colombia	<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo			
		Am	Tropical monzónico			
		As	<u>Tropical seco o de sabana Con verano seco</u>			

	Ecuador	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo			
		Cfb	Oceánico (verano suave)			
	Peru	<u>BWh -</u>	Árido cálido			
		Am	Tropical monzónico			
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		Cfb	Oceánico (verano suave)			
	Brasil	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		<u>BSh -</u>	Semiárido cálido			
		As	<u>Tropical seco o de sabana</u> <u>Con verano seco</u>			
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo			
		Cwa -	<u>Subtropical con invierno seco (verano cálido)</u>			
		Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
	Argentina	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
	España	<u>Csa -</u>	Mediterráneo (verano cálido)			
Csb		Oceánico mediterráneo (verano suave)				

		<u>BSk -</u>	Semiárido frío			
		Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
		Cfb	Oceánico (verano suave)			
	Francia	Cfb	Oceánico (verano suave)			
		Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
		<u>Csa -</u>	Mediterráneo (verano cálido)			
	Italia	<u>Csa -</u>	Mediterráneo (verano cálido)			
	Grecia	<u>Csa -</u>	Mediterráneo (verano cálido)			
	Turquía	<u>Csa -</u>	Mediterráneo (verano cálido)			
	Libano	<u>Csa -</u>	Mediterráneo (verano cálido)			
	Egipto	<u>BWh -</u>	Árido cálido			
	Arabia Saudita	<u>BWh -</u>	Árido cálido			
	Marruecos	<u>Csa -</u>	Mediterráneo (verano cálido)			
		<u>BWh -</u>	Árido cálido			
	Benin	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
	Gabón	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
	Tanzania	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		<u>BSh -</u>	Semiárido cálido			
		<u>Cwb -</u>	<u>Templado con invierno seco (verano suave)</u>			

		<i>Cwa -</i>	<u>Subtropical con invierno seco (verano cálido)</u>			
	Kenia	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		<u>BSh -</u>	Semiárido cálido			
		<i>Cwb -</i>	<u>Templado con invierno seco (verano suave)</u>			
		<i>Cwa -</i>	<u>Subtropical con invierno seco (verano cálido)</u>			
		Cfb	Oceánico (verano suave)			
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo			
		Am	Tropical monzónico			
		As	<u>Tropical seco o de sabana</u> Con verano seco			
		Suazilandia	<u>BSh -</u>	Semiárido cálido		
	<u>BSk -</u>		Semiárido frío			
	Cfa		Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
	Cfb		Oceánico (verano suave)			
	Aw		Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
	China	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
		<i>Cwa -</i>	<u>Subtropical con invierno seco (verano cálido)</u>			

		<i>Cwb -</i>	<i>Templado con invierno seco (verano suave)</i>			
		<i>BSk -</i>	Semiárido frío			
	Japón	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
	Australia	<i>BSh -</i>	Semiárido cálido			
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		<i>BWh -</i>	Árido cálido			
		<i>Csa -</i>	Mediterráneo (verano cálido)			
		<i>Csb</i>	Oceánico mediterráneo (verano suave)			
		Cfb	Oceánico (verano suave)			
<i>Moringa oleifera</i>	Estados Unidos	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)	India	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco
		Am	Tropical monzónico		<i>Cwa -</i>	<i>Subtropical con invierno seco (verano cálido)</i>
		<i>BSk -</i>	Semiárido frío		<i>Csa -</i>	Mediterráneo (verano cálido)
	México	<i>BWh -</i>	Árido cálido		As	Tropical seco o de sabana Con verano seco
		<i>BSh -</i>	Semiárido cálido		Am	Tropical monzónico
		<i>BSk -</i>	Semiárido frío		<i>BSh -</i>	Semiárido cálido
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
	Cwb -	<i>Templado con invierno seco (verano suave)</i>				

		Am	Tropical monzónico			
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo			
	Guatemala	Am	Tropical monzónico			
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo			
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
	El Salvador	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
	Nicaragua	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
	Costa Rica	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		Am	Tropical monzónico			
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo			
	Colombia	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		Am	Tropical monzónico			
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo			
	Venezuela	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
	Brasil	Aw	Tropical seco o de sabana			

			Con invierno seco			
		Am	Tropical monzónico			
		As	Tropical seco o de sabana Con verano seco			
		<u>BSh -</u>	Semiárido cálido			
	Cuba	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
	Jamaica	Am	Tropical monzónico			
	Haití	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		Am	Tropical monzónico			
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo			
	Puerto Rico	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		Am	Tropical monzónico			
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo			
	Mali	<u>BWh -</u>	Árido cálido			
		<u>BSh -</u>	Semiárido cálido			
	Camerún	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		Am	Tropical monzónico			
		Aw	Tropical seco o de sabana			

			Con invierno seco			
	República democrática del Congo	Am	Tropical monzónico			
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo			
	Madagascar	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		Am	Tropical monzónico			
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo			
		<u>BSh -</u>	Semiárido cálido			
		Cwa -	<u>Subtropical con invierno seco (verano cálido)</u>			
	India	<u>BSh -</u>	Semiárido cálido			
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		Am	Tropical monzónico			
		Cwa -	<u>Subtropical con invierno seco (verano cálido)</u>			
	Australia	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		<u>BSh -</u>	Semiárido cálido			
		<u>BWh -</u>	Árido cálido			
<i>Paulownia tomentosa</i>	Estados Unidos	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)	China	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)

		Cfb	Oceánico (verano suave)	Japón	Cwa -	<u>Subtropical con invierno seco (verano cálido)</u>
		<u>Csa -</u>	Mediterráneo (verano cálido)		<u>BSk -</u>	Semiárido frío
		Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave)		Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)
		<u>BSk -</u>	Semiárido frío		<u>Dfb -</u>	Hemiboreal sin estación seca (verano suave, invierno frío)
	México	BWh	Árido cálido			
		<u>BSh -</u>	Semiárido cálido			
		As	Tropical seco o de sabana Con verano seco			
		Cwb -	<u>Templado con invierno seco (verano suave)</u>			
		<u>Csa -</u>	Mediterráneo (verano cálido)			
		Cwa -	<u>Subtropical con invierno seco (verano cálido)</u>			
	Brasil	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
		Cfb	Oceánico (verano suave)			
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
	España	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
		Cfb	Oceánico (verano suave)			
		<u>Csa -</u>	Mediterráneo (verano cálido)			
		<u>BSk -</u>	Semiárido frío			

	Francia	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
		Cfb	Oceánico (verano suave)			
		<u>Csa -</u>	Mediterráneo (verano cálido)			
		Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave)			
	Egipto	Bwh	Árido cálido			
	Corea	Cwa -	<u>Subtropical con invierno seco (verano cálido)</u>			
		Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
		<u>Dwa -</u>	Continental con invierno seco (verano cálido, invierno frío)			
	Australia	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
		Cfb	Oceánico (verano suave)			
		Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave)			
	Nueva Zelanda	Cfb	Oceánico (verano suave)			
<i>Spatodhea campanulata</i>	Estados Unidos	Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave)	Costa de Marfil	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco
		Am	Tropical monzónico	Benin	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco
	México	As	Tropical seco o de sabana Con verano seco	Ghana	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco

		<u>BSh -</u>	Semiárido cálido		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco
		Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave)	Camerún	Am	Tropical monzónico
		Cwb -	<u>Templado con invierno seco (verano suave)</u>		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco
		Am	Tropical monzónico		Am	Tropical monzónico
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo	República Democrática del Congo	<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo
	Guatemala	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco		Cwb -	<u>Templado con invierno seco (verano suave)</u>
	El Salvador	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco		Cwa -	<u>Subtropical con invierno seco (verano cálido)</u>
	Costa Rica	Am	Tropical monzónico		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo	Zambia	Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)
	Panamá	Am	Tropical monzónico		Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave)
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo		Cwb -	<u>Templado con invierno seco (verano suave)</u>
	Colombia	<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo			
		Cfb	Oceánico (verano suave)			
		Aw	Tropical seco o de sabana			

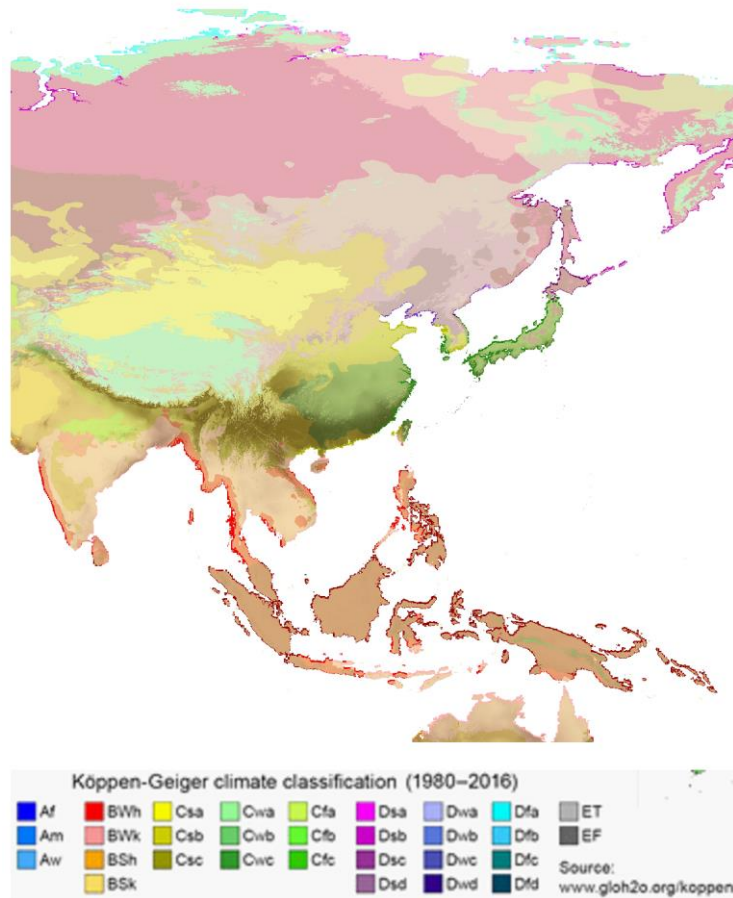
			Con invierno seco			
	Ecuador	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo			
		Csb	Oceánico mediterráneo (verano suave			
	Brasil	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		<u>Af -</u>	Ecuatorial o tropical húmedo			
		As	Tropical seco o de sabana Con verano seco			
		<u>BSh -</u>	Semiárido cálido			
		<u>Cwa -</u>	<u>Subtropical con invierno seco (verano cálido)</u>			
		Am	Tropical monzónico			
		Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
	Senegal	<u>BSh -</u>	Semiárido cálido			
		As	Tropical seco o de sabana Con verano seco			
	Gabón	Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		Am	Tropical monzónico			

	Botsuana	<u>BSh</u> -	Semiárido cálido			
	Madagascar	<u>Cwb</u> -	Templado con invierno seco (verano suave)			
		<u>Af</u> -	Ecuatorial o tropical húmedo			
	Australia	<u>Csa</u> -	Mediterráneo (verano cálido)			
		<u>BSh</u> -	Semiárido cálido			
		Aw	Tropical seco o de sabana Con invierno seco			
		<u>Af</u> -	Ecuatorial o tropical húmedo			
		Am	Tropical monzónico			
		Cfa	Subtropical sin estación seca (verano cálido)			
		<u>Cwa</u> -	Subtropical con invierno seco (verano cálido)			
		Cfb	Oceánico (verano suave)			

Mapas representando los climas de acuerdo a los registros georeferenciados de las especies en su distribución nativa. Los climas fueron tomados del mapa de climas del mundo (World Maps of Köppen-Geiger Climate Classification; <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/>) al sobreponer los puntos de registro. La distribución nativa de cada especie se puede corroborar en el apartado sobre su Estatus y la figura correspondiente.

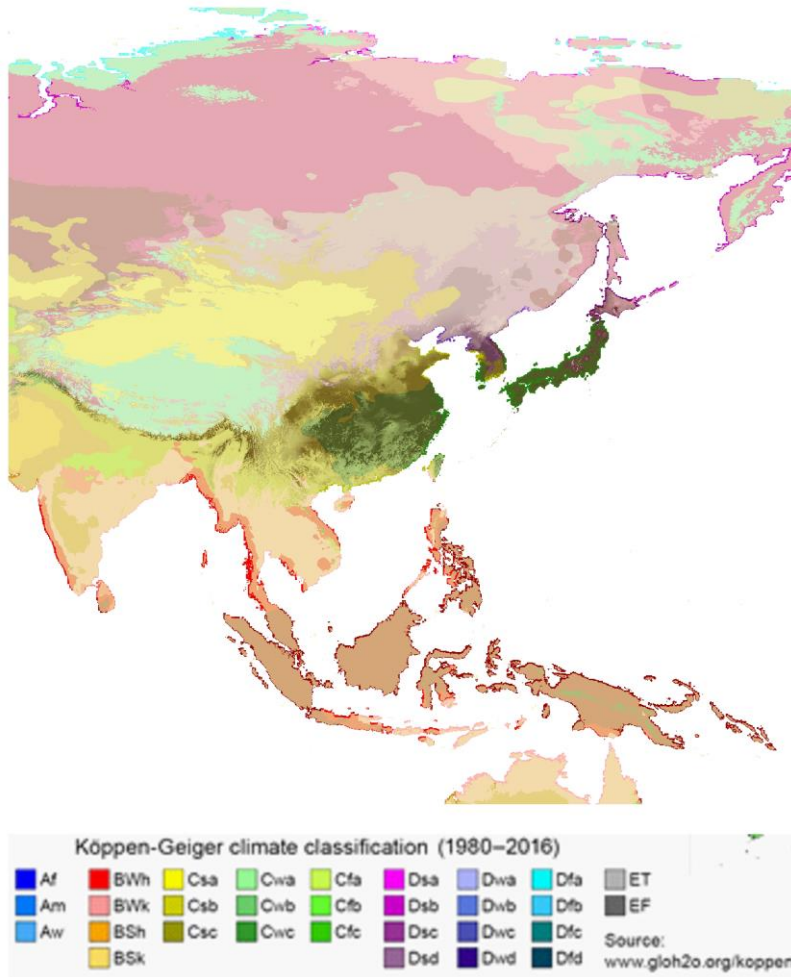
1. *Melia azedarach*

Melia azedarach



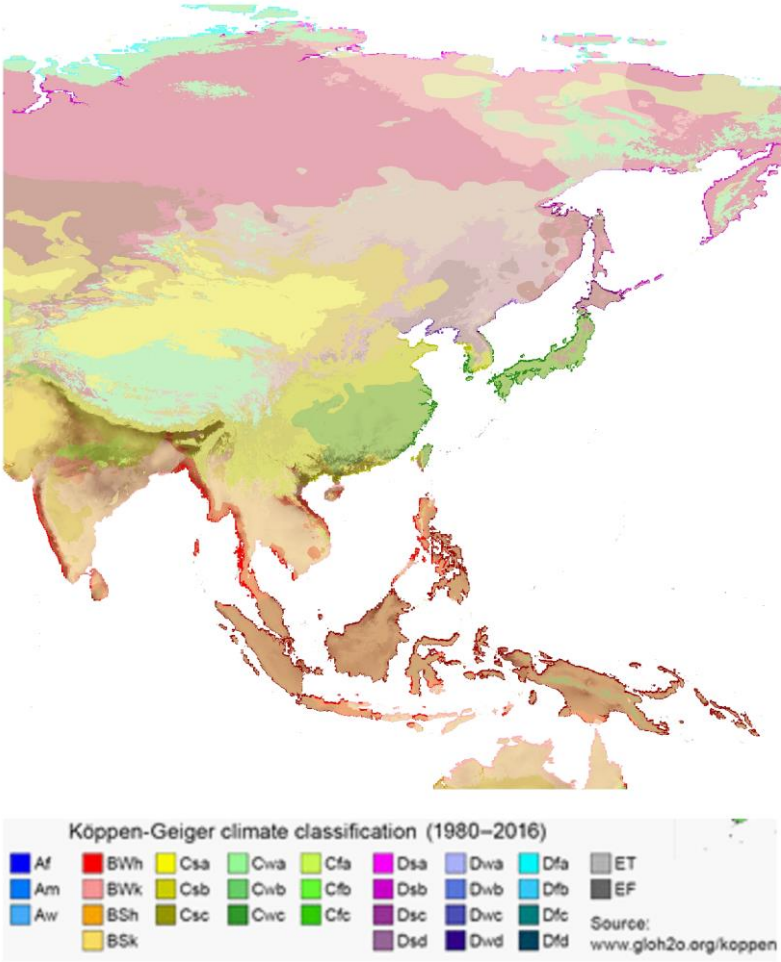
2. *Paulownia tomentosa*

Paulownia tomentosa



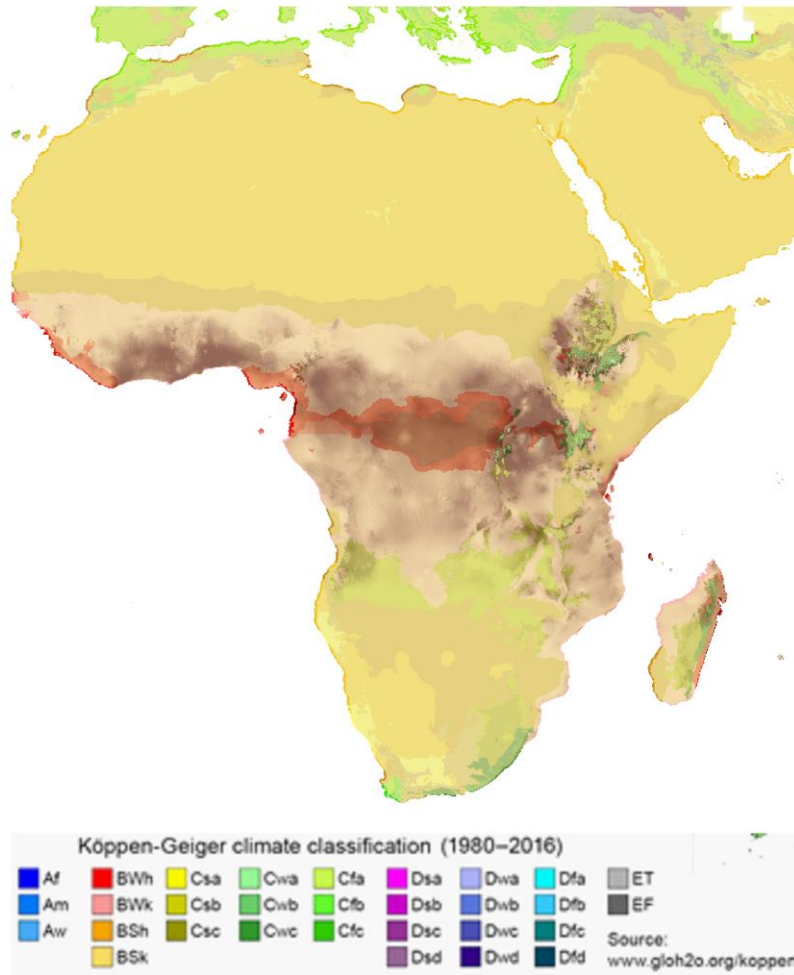
3. *Moringa oleifera*

Moringa oleifera



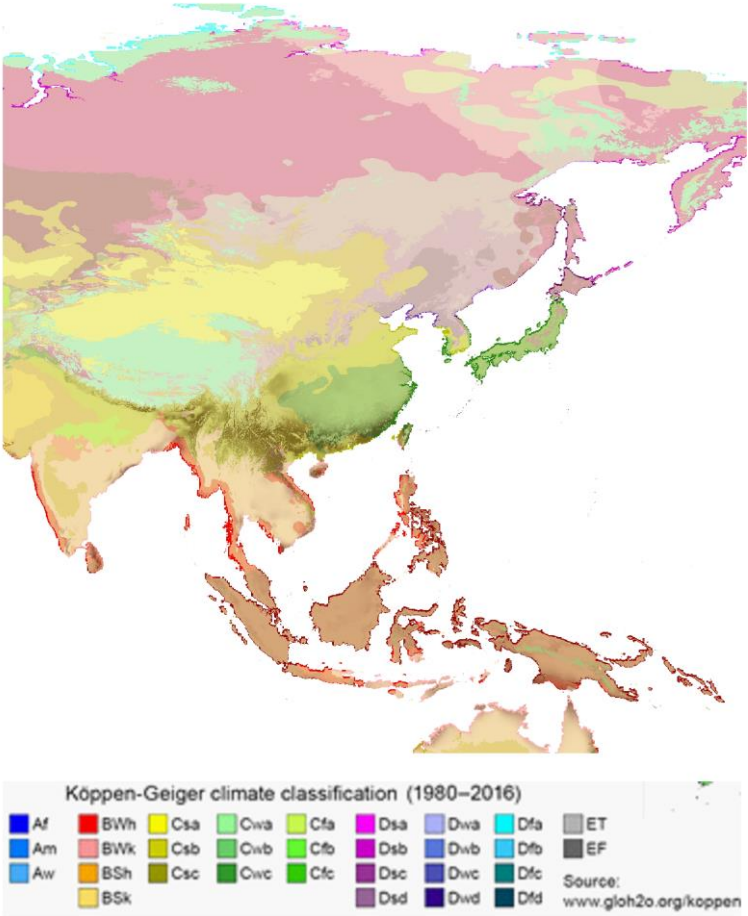
4. *Spathodea campanulata*

Spathodea campanulata



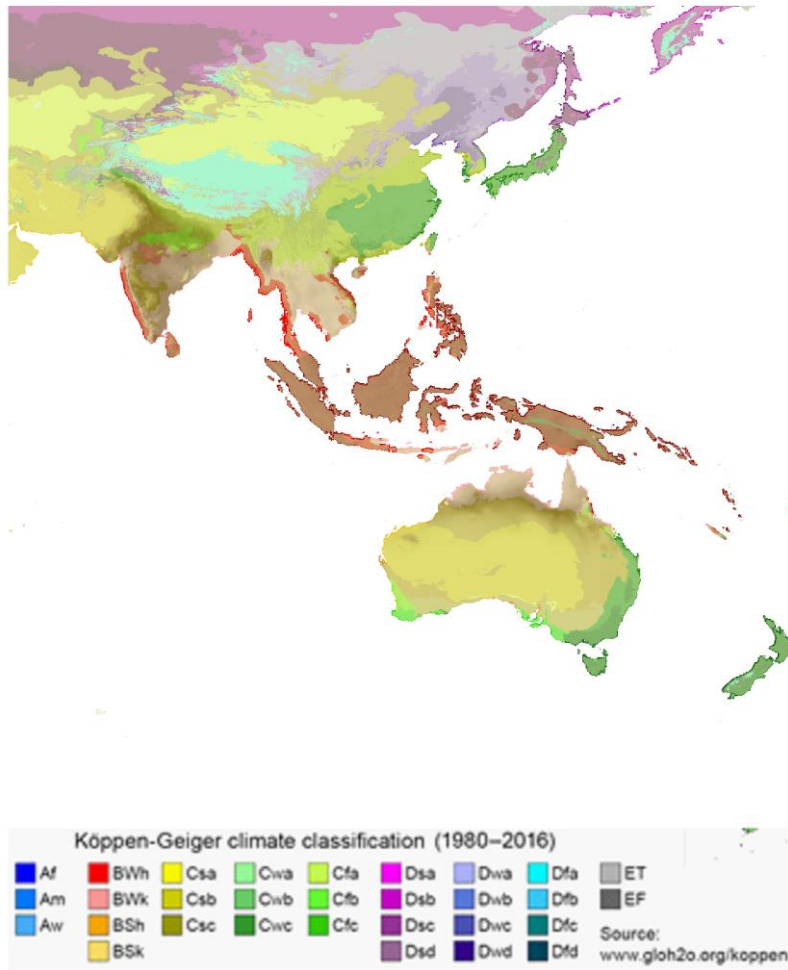
5. *Melaleuca quinquenervia*

Melaleuca quinquenervia



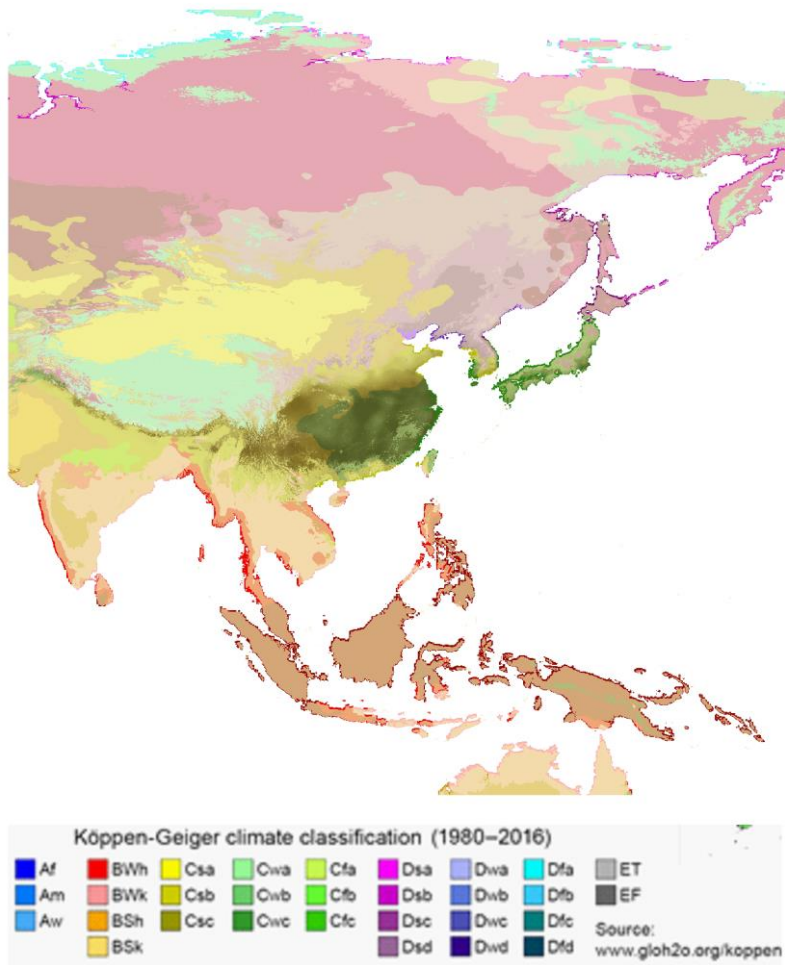
6. *Azadirachta indica*

Azadirachta indica



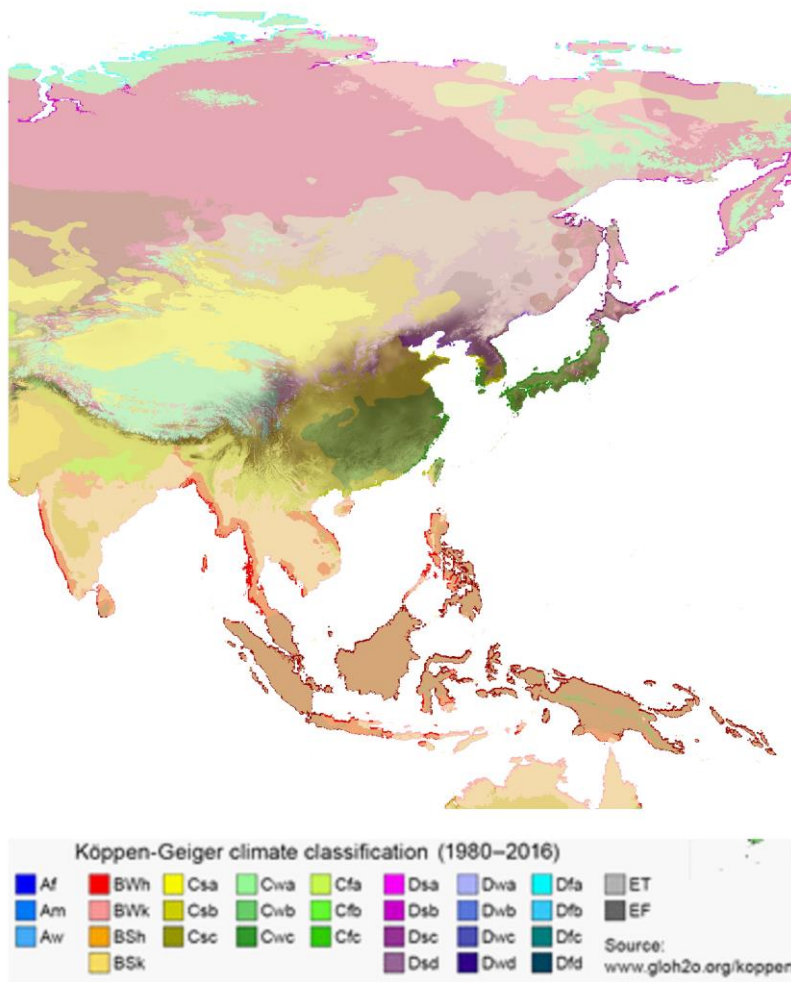
7. *Ligustrum lucidum*

Ligustrum lucidum



8. *Koelreuteria paniculata*

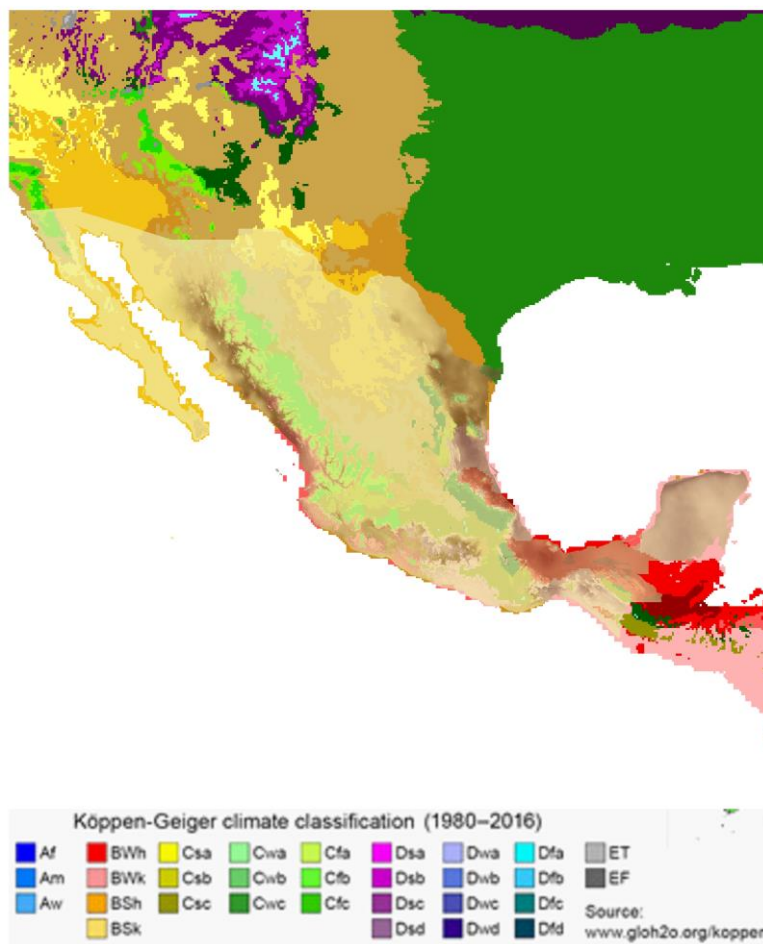
Koelreuteria paniculata



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 árbol forestal en la región de invasión de México y en la region nativa. Se representan los climas de acuerdo a los registros de las especies en su distribución, con base a World Maps of Köppen-Geiger Climate Classification; <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/>. 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. Nótese que para la mayoría de las especies, se muestra una relativa alta versatilidad climática en México.

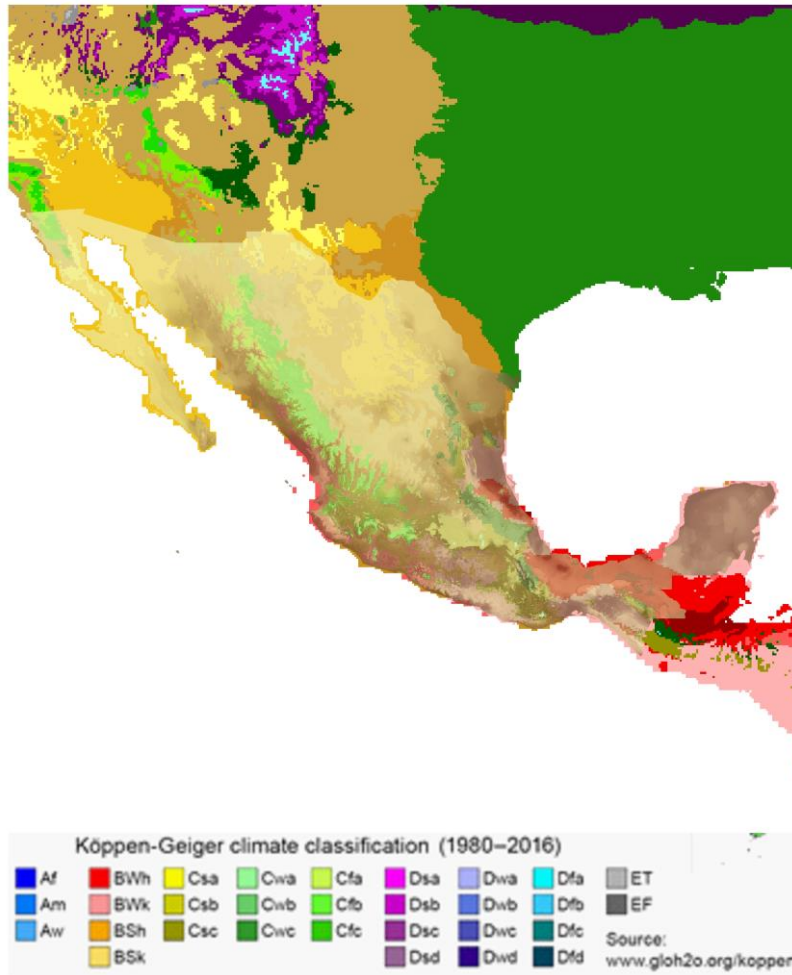
a. Calibrado en función del clima en la distribución nativa

Azadirachta indica



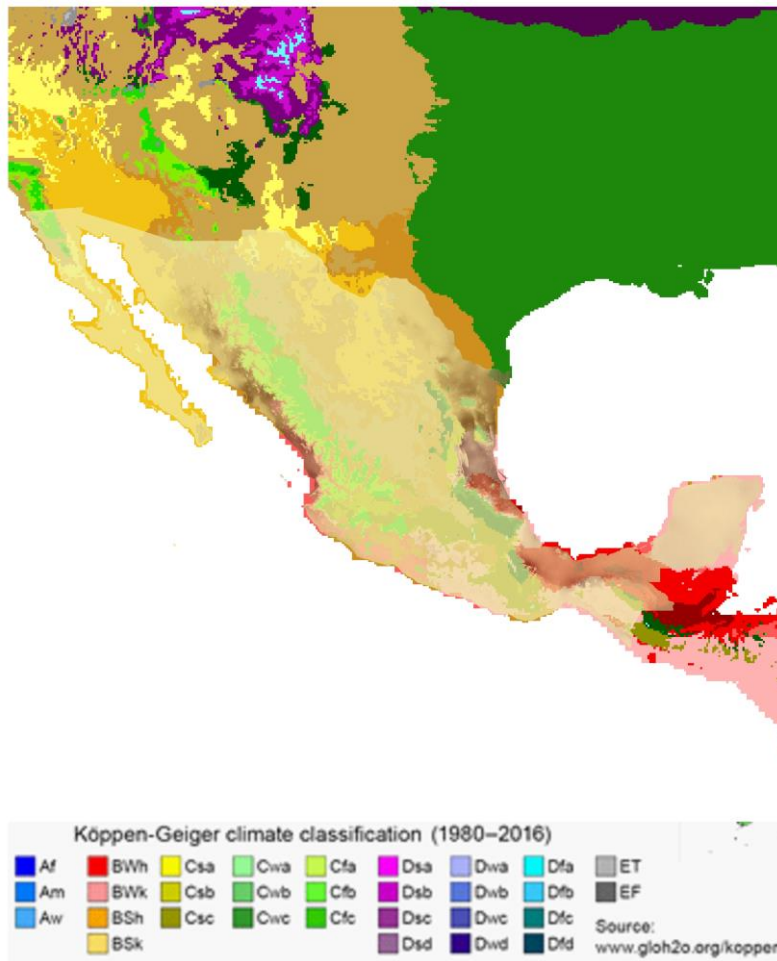
b. Calibrado en función del clima en la distribución de invasión

Azadirachta indica



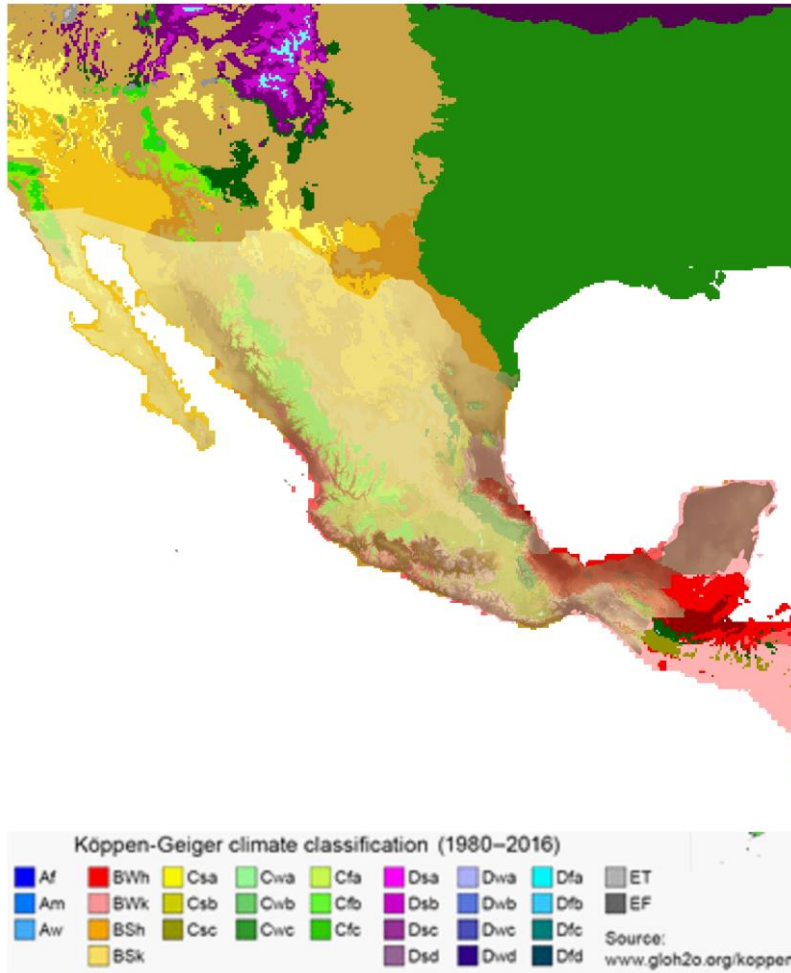
a. Calibrado en función del clima en la distribución nativa

Moringa oleifera



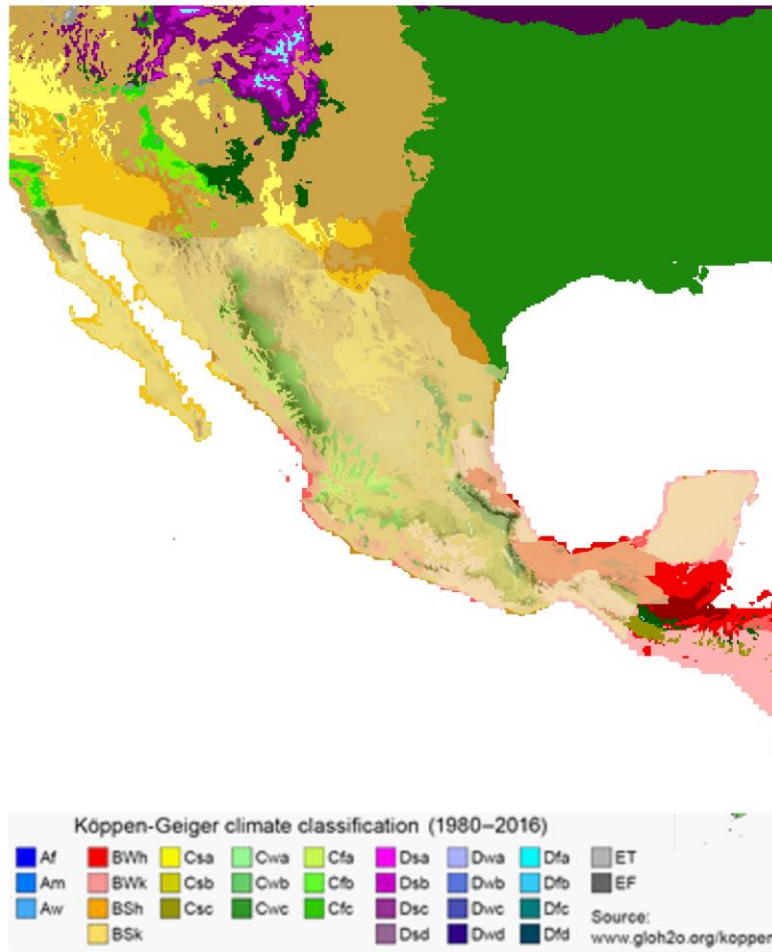
b. Calibrado en función del clima en la distribución de invasión

Moringa oleifera



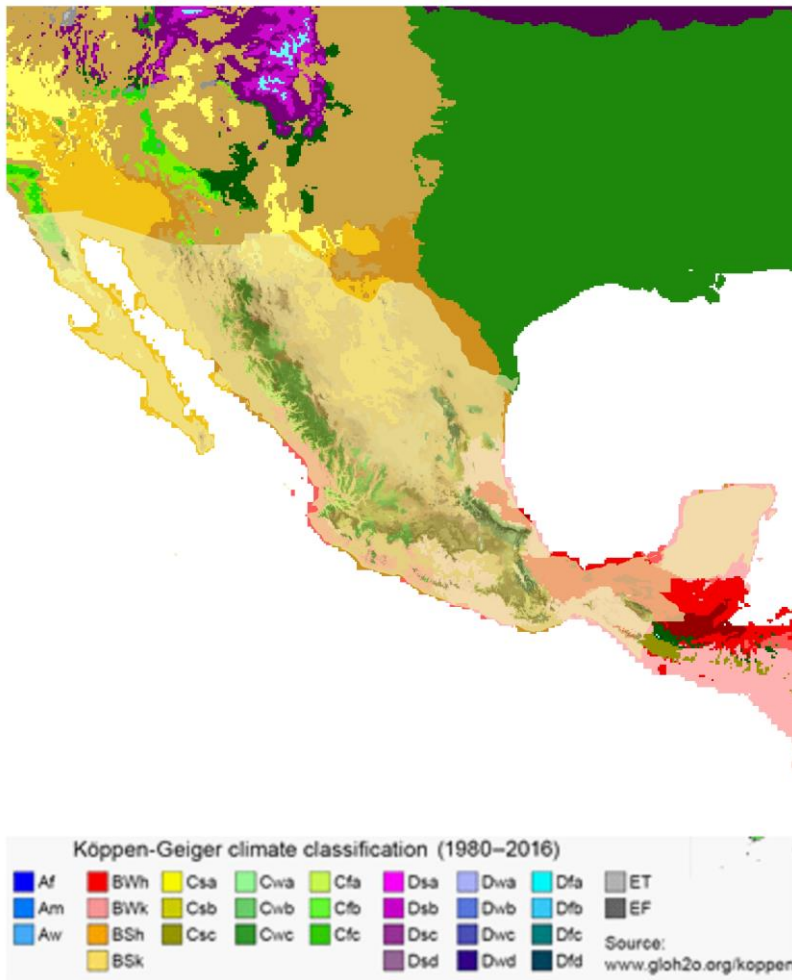
a. Calibrado en función del clima en la distribución nativa

Paulownia tomentosa



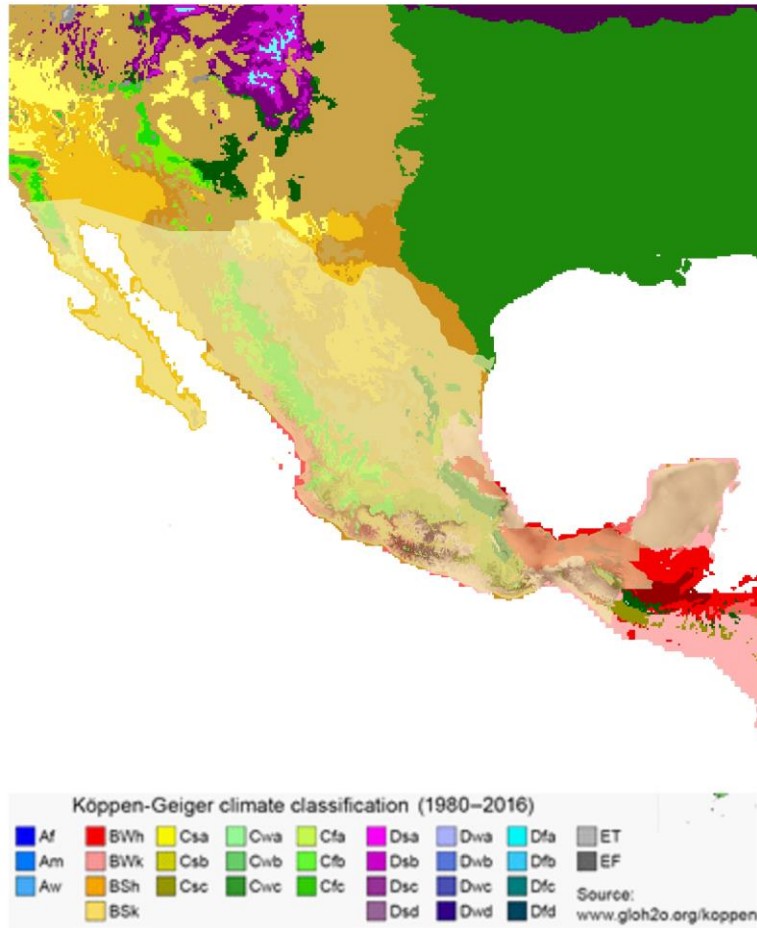
b. Calibrado en función del clima en la distribución de invasión

Paulownia tomentosa



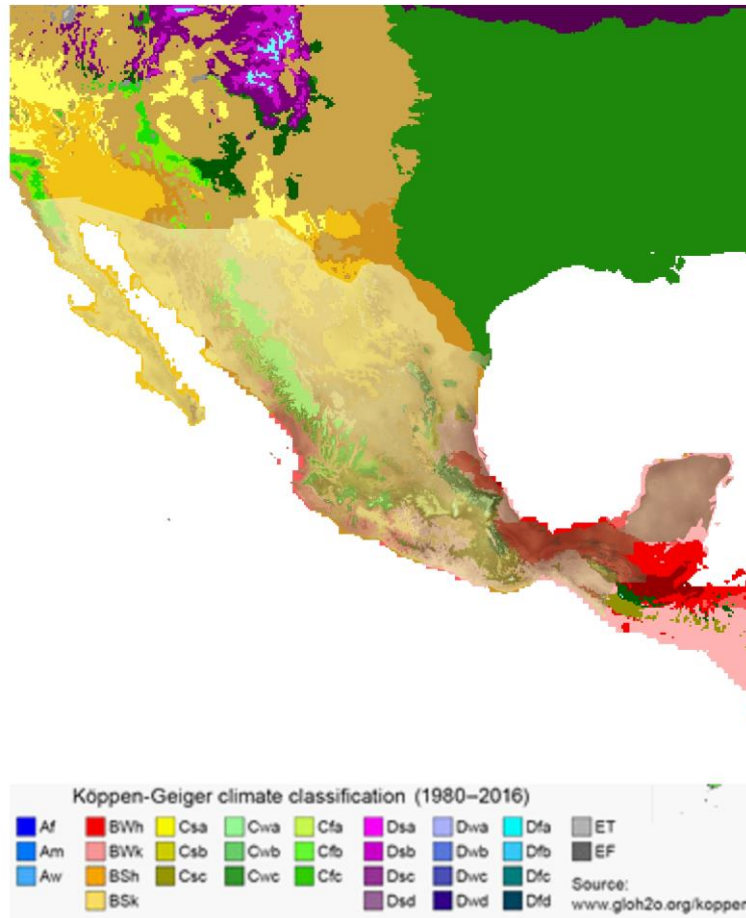
a. Calibrado en función del clima en la distribución nativa

Spathodea campanulata



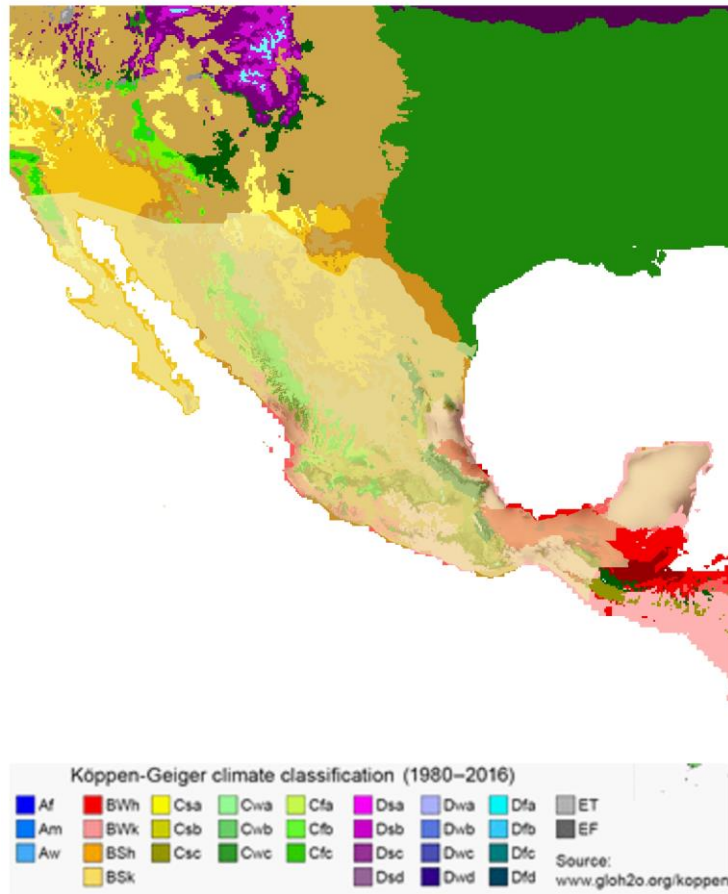
b. Calibrado en función del clima en la distribución de invasión

Spathodea campanulata



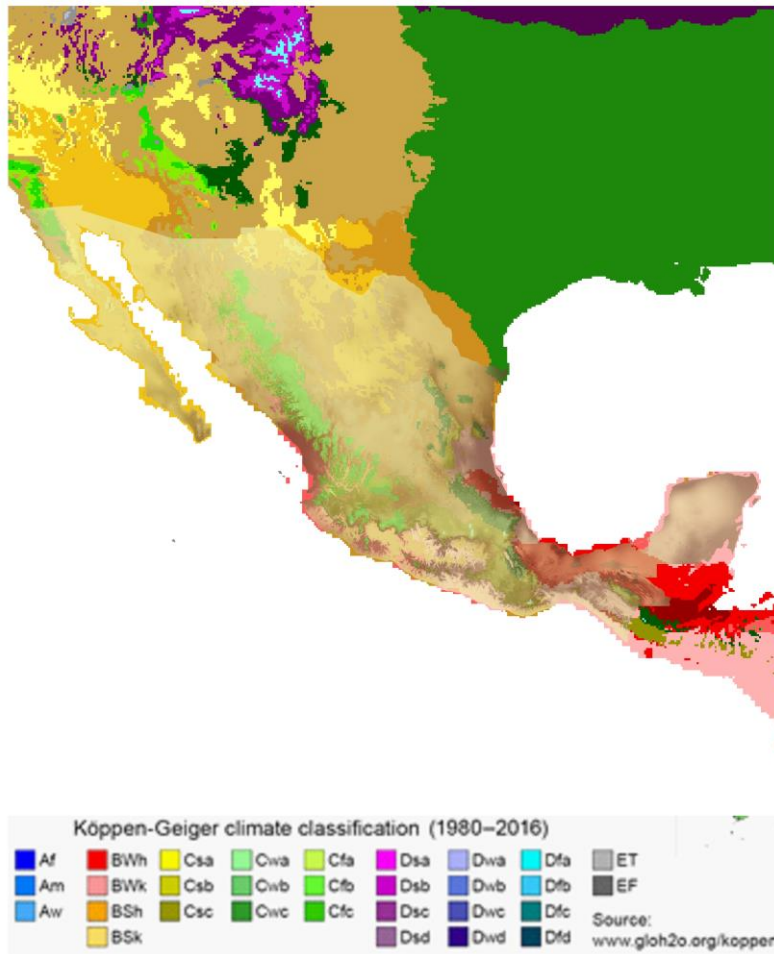
a. Calibrado en función del clima en la distribución nativa

Melaleuca quinquenervia



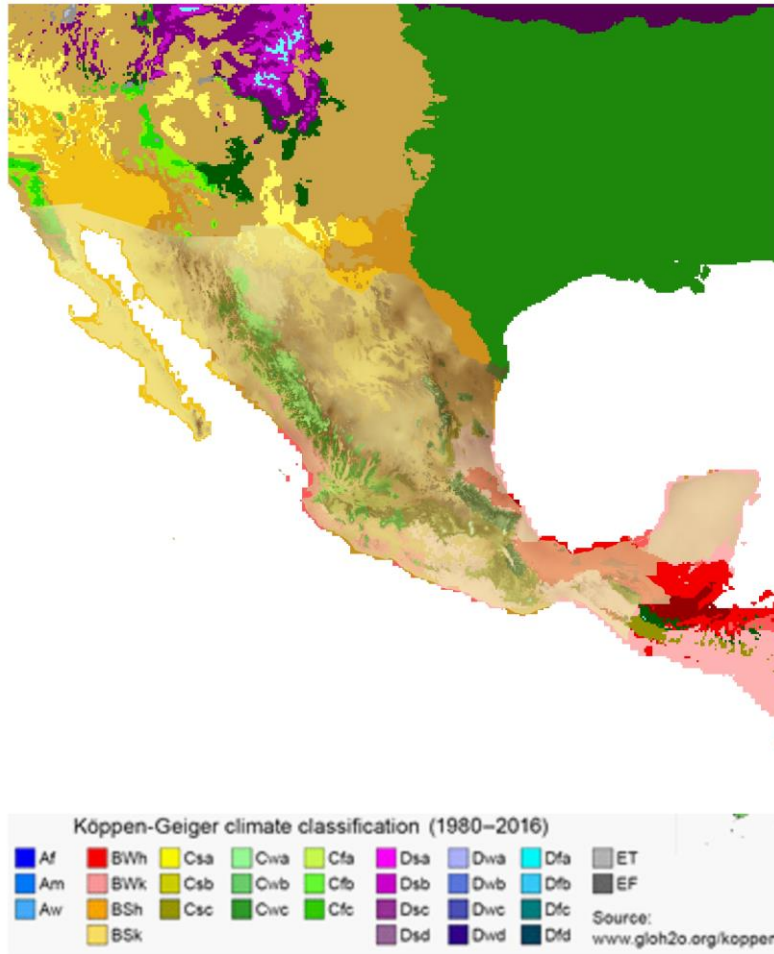
b. Calibrado en función del clima en la distribución de invasión

Melaleuca quinquenervia



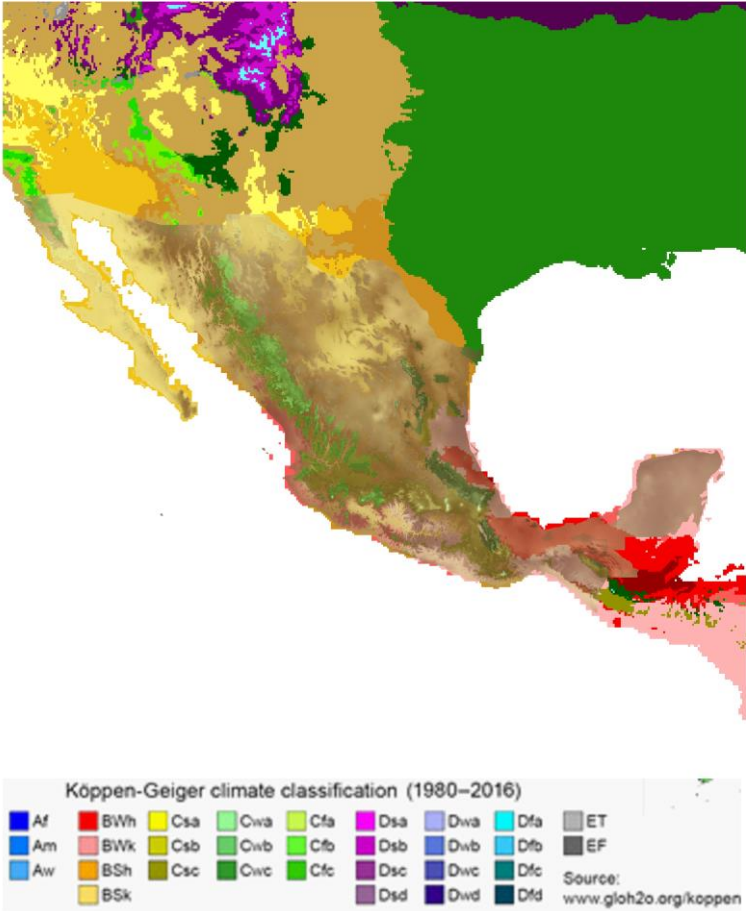
a. Calibrado en función del clima en la distribución nativa

Melia azedarach



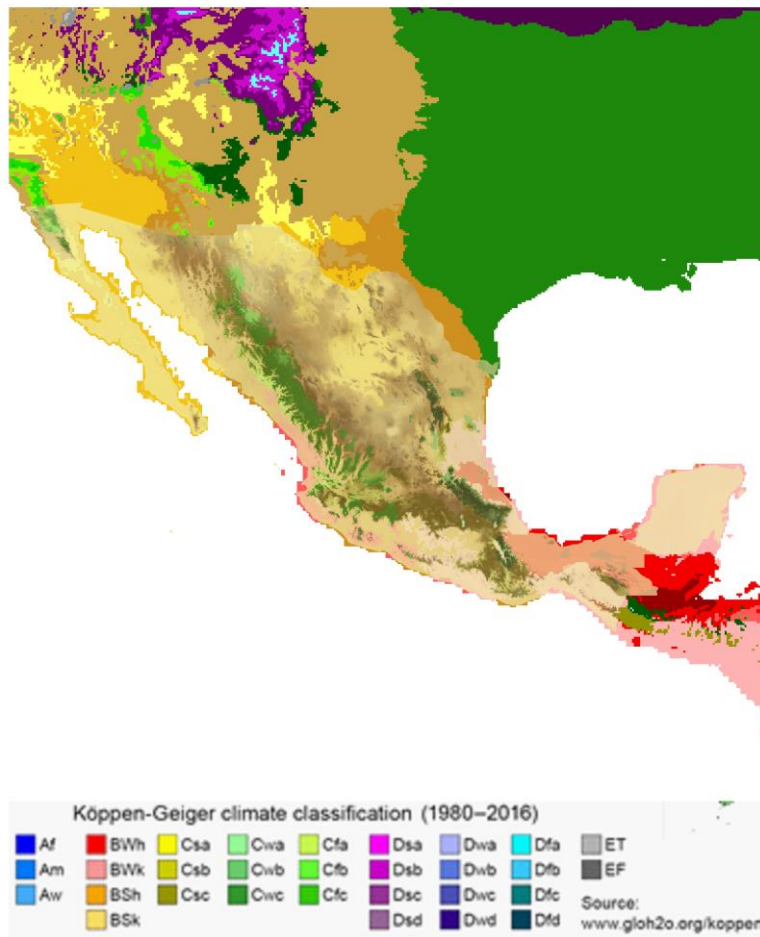
b. Calibrado en función del clima en la distribución de invasión

Melia azedarach



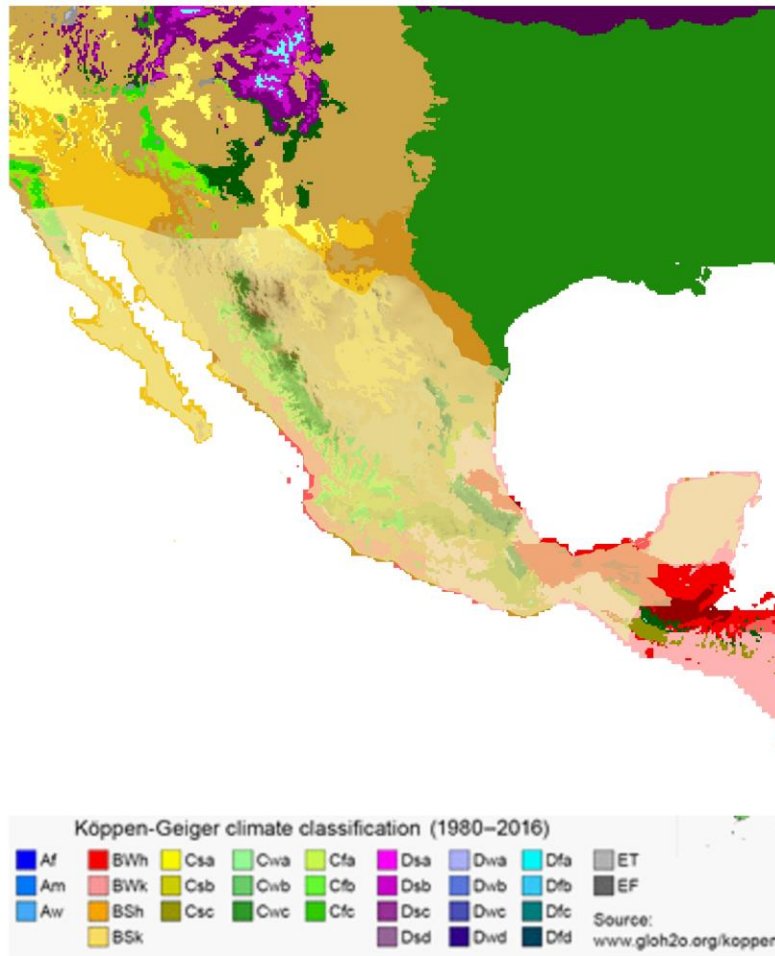
b. Calibrado en función del clima en la distribución de invasión

Ligustrum lucidum



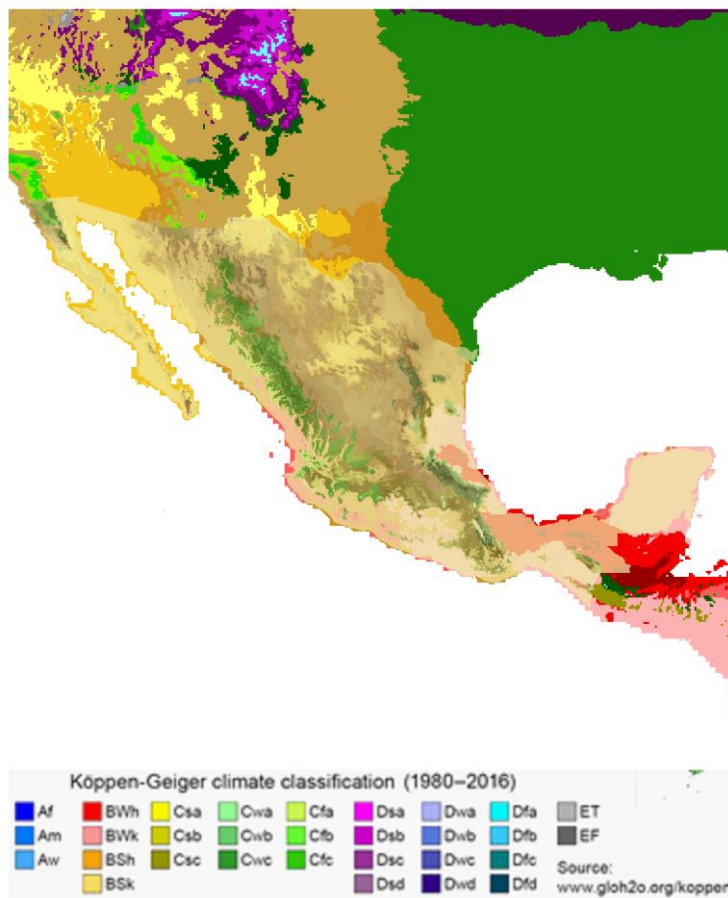
a. Calibrado en función del clima en la distribución nativa

Koelreuteria paniculata



b. Calibrado en función del clima en la distribución de invasión

Koelreuteria paniculata



**APÉNDICE 3. SEQUIAS PROLONGADAS EN MÉXICO POR ESTADO DEL PAÍS,
INDICADOS PARA LOS REGISTROS DE PARA CADA ESPECIE DE ÁRBOL
FORESTAL, DE ACUERDO AL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN).
2018**

Azadirachta indica

La Paz, Baja California Sur: hubo sequía desde agosto 2010 a junio de 2012 (SMN 2018).
Los Cabos, Baja California Sur: hubo sequía desde agosto 2010 a octubre de 2012 (SMN 2018).
Hopelchén, Campeche: la sequía fue de mayo de 2009 a junio de 2010 (SMN 2018).
San Blas, Nayarit: período de sequía fue de diciembre 2007 a agosto 2008 (SMN 2018).
Monterrey, Nuevo León: el período de sequía fue de marzo 2011 a febrero de 2012 (SMN 2018).
Juchitán de Zaragoza, Oaxaca: el período de sequía fue julio 2015 a junio 2017 (SMN 2018).
Santa María Huatulco, Oaxaca: la sequía fue de julio 2015 a mayo 2017 (SMN 2018).
San Juan del Río, Querétaro: la sequía fue de abril 2011 a febrero 2012 (SMN 2018).
Othón P. Blanco, Quintana Roo: período de sequía fue de octubre 2004 a abril 2005. Sequía fue de agosto 2009 a julio 2010 (SMN 2018).
Benito Juárez, Quintana Roo: período de sequía fue de septiembre 2004 a marzo 2005. Sequía fue de septiembre 2007 a junio 2008 (SMN 2018).
Elota, Sinaloa: período de sequía fue de noviembre 2007 a junio 2008. También hubo sequía de octubre 2011 a abril 2012 (SMN 2018).
Mazatlán, Sinaloa: hubo sequía de noviembre 2007 a julio 2008 (SMN 2018).
Hermosillo, Sonora: hubo sequía fue noviembre 2017 a julio 2018 (SMN 2018).
Ángel R. Cabada, Veracruz: presentó sequías de diciembre 2009 a julio 2010 (SMN 2018).
Progreso, Yucatán: se registró sequías de enero 2009 a junio 2010 (SMN 2018).

Moringa oleifera

La Paz, Baja California Sur: hubo sequía desde agosto 2010 a junio de 2012 (SMN 2018).
Calkiní, Campeche: presentó sequía de agosto 2008 a julio 2010 (SMN 2018).
Acacoyagua, Chiapas: sequía de octubre 2008 a julio 2010 (SMN 2018).
Tapachula, Chiapas: sequía de octubre 2008 a julio 2010 (SMN 2018).
Carácuaro, Michoacán: sequía de octubre 2008 a enero 2010 (SMN 2018).
Nuevo Urecho, Michoacán: sequía de marzo 2007 a enero 2010 (SMN 2018).
Juchitán de Zaragoza, Oaxaca: el período de sequía fue julio 2015 a junio 2017 (SMN 2018).
Santa María Huatulco, Oaxaca: la sequía fue de julio 2015 a mayo 2017 (SMN 2018).

Paulownia tomentosa

Aguascalientes, Aguascalientes: ha registrado sequías de marzo 2011 a junio de 2012 (SMN 2018).
La Paz, Baja California Sur: hubo sequía desde agosto 2010 a junio de 2012 (SMN 2018).
Zinapécuaro, Michoacán: sequía de enero 2008 a enero 2010 (SMN 2018).
Compostela, Nayarit: sequía de septiembre 2007 a noviembre 2009 (SMN 2018).

Spathodea campanulata

La Paz, Baja California Sur: hubo sequía desde agosto 2010 a junio de 2012 (SMN 2018).
Tuxtla Chico, Chiapas: sequía de octubre 2008 a julio 2010 (SMN 2018).
Calkiní, Campeche: presentó sequía de agosto 2008 a julio 2010 (SMN 2018).
Urique, Chihuahua: sequía de diciembre 2010 a agosto 2012 (SMN 2018).

Melaleuca quinquenervia

Aguascalientes, Aguascalientes: ha registrado sequías de marzo 2011 a junio de 2012 (SMN 2018).
Tlaquepaque, Jalisco: se ha registrados sequías de marzo 2007 a agosto 2008, de enero 2011 a febrero 2012 (SMN 2018).

Zapopan, Jalisco: sequía de marzo 2007 a 31 de agosto 2008, de marzo 2009 a enero 2010, de enero 2011 a junio 2012 (SMN 2018).

Cuernavaca, Morelos: sequía de septiembre 2008 a junio 2010 (SMN 2018).

Jiutepec, Morelos: sequía de septiembre 2008 a junio 2010 (SMN 2018).

Melia azedarach

Aguascalientes, Aguascalientes: ha registrado sequías de marzo 2011 a junio de 2012 (SMN 2018).
Tijuana, Baja California: sequía de septiembre 2006 a enero 2010, de noviembre 2012 a agosto 2018 (SMN 2018).

Champotón, Campeche: ha registrado sequías de marzo 2007 a junio 2010 (SMN 2018).

Campeche, Campeche: ha registrado sequías de abril 2007 a julio 2010 (SMN 2018).

Hopelchén, Campeche: ha registrado sequías de abril 2007 a julio 2010 (SMN 2018).

Tapachula, Chiapas: sequía de octubre 2008 a julio 2010 (SMN 2018).

Batopilas, Chihuahua: sequía de diciembre 2010 a agosto 2012 (SMN 2018).

Saltillo, Coahuila: se registró sequías de febrero 1979 a septiembre 1980, abril 1974 a marzo 1976, de 1987 a 1990 (no se menciona los meses), de 1992 a 1996 (no se menciona los meses) y marzo 2011 a julio 2012 (Martínez & Ruiz 2005, SMN 2018).

Torreón, Coahuila: se registró sequías de 1997 a 2000 y de marzo 2011 a octubre 2012 (Martínez & Ruiz 2005, SMN 2018).

Múzquiz, Coahuila: registros de sequía de 1991 a 1995, de 1996 a 2002, de diciembre 2005 a febrero 2007, octubre 2010 a mayo 2013 (Martínez & Ruiz 2005, SMN 2018).

Guanajuato, Guanajuato: sequía de enero 2008 a enero 2010, de enero 2011 a junio 2012 (SMN 2018).

Autlán de Navarro, Jalisco: hubo sequía de enero 2008 a enero 2010 (SMN 2018).

Temascaltepec, Estado de México: sequías de febrero 2008 a enero 2010 (SMN 2018).

José Sixto Verduzco, Michoacán: sequías de enero 2008 a enero 2010 (SMN 2018).

Nuevo Laredo, Tamaulipas: sequías de junio 2005 a abril 2007, de octubre 2010 a septiembre 2013 (SMN 2018).

Reynosa, Tamaulipas: sequías de octubre 2010 a febrero 2014 (SMN 2018).

Ligustrum lucidum

Aguascalientes, Aguascalientes: ha registrado sequías de marzo 2011 a junio de 2012 (SMN 2018).

Saltillo, Coahuila: se registró sequías de febrero 1979 a septiembre 1980, abril 1974 a marzo 1976, de 1987 a 1990 (no se menciona los meses), de 1992 a 1996 (no se menciona los meses) y marzo 2011 a julio 2012 (Martínez & Ruiz 2005, SMN 2018).

Torreón, Coahuila: se registró sequías de 1997 a 2000 y de marzo 2011 a octubre 2012 (Martínez & Ruiz 2005, SMN 2018).

Lagos de Moreno, Jalisco: sequía de marzo 2011 a febrero 2012 (SMN 2018).

Ojuelos de Jalisco, Jalisco: sequía de marzo 2011 a febrero 2012 (SMN 2018).

Texcoco, Estado de México: se ha registrado sequía marzo 2008 a junio 2010 (SMN 2018).

Tzitzuntzan, Michoacán: ha habido sequía de abril 2007 a enero 2010 (SMN 2018).
Huitzilac, Morelos: sequía de septiembre 2008 a junio 2010 (SMN 2018).
San Pedro de las Garzas, Nuevo León: sequía de marzo 2011 a abril 2012 (SMN 2018).
San Juan Mixtepec, Oaxaca: ha presentado sequía de mayo 2011 a mayo 2017 (SMN 2018).
San Juan del Río, Querétaro: sequía de marzo 2011 a febrero 2012 (SMN 2018).
San Luis Potosí, San Luis Potosí: sequía de marzo de 2011 a abril 2012 (SMN 2018).

Koelreuteria paniculata

Saltillo, Coahuila: se registró sequías de febrero 1979 a septiembre 1980, abril 1974 a marzo 1976, de 1987 a 1990 (no se menciona los meses), de 1992 a 1996 (no se menciona los meses) y marzo 2011 a julio 2012 (Martínez & Ruiz 2005, SMN 2018).
Guadalajara, Jalisco: se ha registrados sequías de marzo 2007 a agosto 2008, de enero 2011 a abril 2012 (SMN 2018).
Tlaquepaque, Jalisco: se ha registrados sequías de marzo 2007 a agosto 2008, de enero 2011 a febrero 2012 (SMN 2018).
Guadalupe, Nuevo León: se registró sequías de marzo 2011 a abril 2012 (SMN 2018).
Monterrey, Nuevo León: el período de sequía fue de marzo 2011 a febrero de 2012 (SMN 2018).
Morelia, Michoacán: se registró sequías de abril 2007 a enero 2010 (SMN 2018).

Bibliografía

Martínez, B. O. U. & Ruiz, M. C. 2005. Caracterización y análisis de la sequía en el estado de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Publicación Especial Núm. 4. Coahuila, México. 89 p. ISSN: 1405-1915.

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>

APÉNDICE 4. TIPOS DE SUELO INDICADOS PARA
LOS REGISTROS DE CADA ESPECIE DE ÁRBOL
FORESTAL, DE ACUERDO AL INSTITUTO
NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA
(INEGI). 2019

Azadirachta indica

San José del Cabo, BCS: Leptosol y regosol.
La Paz, BCS: Leptosol, fluvisol, regosol y solonchak.
Xmaben, Hopelchén, Campeche: Regosol.
Chan-chen, Hopelchén, Campeche: Regosol y gleysol.
Santa Cruz de Miramar, San Blas, Nayarit: Phaeozem, umbrisol y luvisol.
Ciudad de Apodaca, Apodaca, Nuevo León: Phaeozem.
Boca Vieja, Santa María Huatulco, Oaxaca: Phaeozem y regosol.
Santa María Tonameca, Oaxaca: Phaeozem y regosol.
La Ventosa, Juchitán de Zaragoza, Oaxaca: Vertisol.
San Miguel Galindo, San Juan del Río, Querétaro: Vertisol.
Alfredo V. Bonfil, Benito Juárez, Quintana Roo: Leptosol y solonchak.
Chetumal, Quintana Roo: Leptosol.
Álvaro Obregón, Cd. Valles, San Luis Potosí: Leptosol y vertisol.
Los Magueyes, Mazatlán, Sinaloa: Phaeozem.
Paco's Reserva de Flora y Fauna, Mazatlán, Sinaloa: Luvisol.
Río Elota, Elota, Sinaloa: Fluvisol.
San Ignacio Río Muerto, San Ignacio Río Muerto, Sonora: Phaeozem y vertisol.
Hermosillo, Sonora: Leptosol, phaeozem, calcisol, regosol y cambisol.
Centla, Tabasco: Gleysol.
La Lagunilla, Ángel R. Cabada, Veracruz: Phaeozem.
Calle Dolores Durán 12, Coatepec, Veracruz: Luvisol.
Chelem, Progreso, Yucatán: Solonchak y arenosol.

Moringa oleifera

Todo Santos, La Paz, BCS: Regosol.
La Paz, BCS: Fluvisol y solonchak.
Isla Punta Arena, Campeche: Solonchak.
El Sacrificio, Tapachula, Chiapas: Cambisol y luvisol.
Acacoyagua, Chiapas: Phaeozem.
Colima, Colima: Vertisol y leptosol.
Huatla, Guerrero: Regosol.
Yelapa, Cabo Corrientes, Jalisco: Leptosol.
El Platanal, Tejupilco, Estado de México: Regosol.
Playa Azul, Lázaro Cárdenas, Michoacán: Arenosol.
Temilpa Viejo, Tlaltizapán, Morelos: Vertisol y chernozem.
San Francisco, Bahía Banderas, Nayarit: Phaeozem y fluvisol.
Playa Zipolite, San Pedro Pochutla, Oaxaca: Phaeozem.
Agua Caliente, Asunción Ixtaltepec, Oaxaca: Vertisol, leptosol y phaeozem.
San Juan Sayultepec, Oaxaca: Leptosol y vertisol.
Chetumal, Othón P. Blanco, Quintana Roo: Leptosol y gleysol.
Rancho Los Venados, Mazatlán, Sinaloa: Phaeozem y luvisol.
Adolfo López Mateos, Hermosillo, Sonora: Leptosol y cambisol.
Frontera, Tabasco: Solonchak, arenosol y regosol.
Ixtacuaco, Martínez de la Torre, Veracruz: Phaeozem.
Mérida, Yucatán: Leptosol.

Paulownia tomentosa

Zinapécuaro, Michoacán: Leptosol
Compostela, Nayarit: Luvisol y cambisol
Malinalco, Estado de México: Luvisol y phaeozem.
Aguascalientes, Aguascalientes: Phaeozem.
Zapopan, Jalisco: Phaeozem y regosol.
Ciudad Lerdo, Durango: Leptosol, regosol, calcisol y fluvisol.
La Paz, BCS: Regosol.

Spathodea campanulata

Guapalaima, Urique, Chihuahua: Leptosol y regosol.
San Francisco, Bahía Banderas, Nayarit: Phaeozem y fluvisol.
Yelapa, Cabo Corrientes, Jalisco: Leptosol.
Cajititlán, Tlajomulco de Zuñiga, Jalisco: Vertisol.
Ejido San Miguel, Apozol, Zacatecas: Phaeozem y calcisol.
Ana María, Cosoleacaque, Veracruz: Luvisol.
Independencia, Coatzacoalcos, Veracruz: Gleysol.

Melaleuca quinquenervia

Jardines del campus de ITESO, Tlaquepaque, Jalisco: Phaeozem.
Colinas del Río, Aguascalientes, Aguascalientes: Phaeozem.
Jiutepec, Morelos: Phaeozem.

Melia azedarach

Misión del Campanario, Aguascalientes, Aguascalientes: Phaeozem.
Presa La Codorniz, Calvillo, Aguascalientes: Phaeozem y regosol.
Arroyo Álamar, Tijuana, BC: Leptosol y fluvisol.
Silvituc, Escarcega, Campeche: Leptosol y vertisol.
Alfredo V. Bonfil, Campeche, Campeche: Phaeozem.
Bolonchén de Rejón, Hopelchen, Campeche: Lixisol.
Santa Trinidad, Tapachula, Chiapas: Luvisol.
La Concordia, Chiapas: Acrisol.
Ejido Quintana Roo, Jiquipilas, Chiapas: Cambisol.
La Bufa, Batopilas, Chihuahua: Leptosol.
Ciudad Melchor Múzquiz, Múzquiz, Coahuila: Vertisol.
Cañón de Gustrola, Parras, Coahuila: Leptosol.
Ejido El Pelillo, Armería, Colima: Phaeozem y arenosol.
Pie de Cuesta, Pueblo Nuevo, Durango: Leptosol y luvisol.
El Tanque, Cuencamé, Durango: Phaeozem y leptosol.
Xuilub, Valladolid, Yucatán: Leptosol.
Concordia, Sinaloa: Luvisol y regosol.

Ligustrum lucidum

Rodolfo Landeros Gallegos, Aguascalientes, Aguascalientes: Phaeozem.
Amatenango del Valle, Amatenango, Chiapas: Gleysol, leptosol y luvisol.
San Cristóbal de las Casas, Chiapas: Gleysol y luvisol.
Buenvista, Saltillo, Coahuila: Chernozem, kastañozem y calcisol.

Nuevo Centro Metropolitano de Saltillo, Saltillo, Coahuila: Phaeozem.
Zona Industrial, Torreón, Coahuila: Leptosol.
Col. Cuahuthémoc, Chilpancingo, Guerrero: Phaeozem y leptosol.
Molocotlán, Molango de Escamilla, Hidalgo: Leptosol y luvisol.
Arboledas de San Martín, Lagos de Moreno, Jalisco: Phaeozem, vertisol y planosol.
Chinampas, Ojuelos de Jalisco, Jalisco: Phaeozem.
Jardines de la Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, Estado de México: Phaeozem y vertisol.
La Esperanza, Jilotepec, Estado de México: Vertisol.
Las Yácatas, Tzintzuntzan, Michoacán: Vertisol.
Huitzilac, Morelos: Andosol.
Rancho Aguillilla, Galeana, Nuevo León: Calcisol y gipsisol.
La Ciénega de González, Santiago, Nuevo León: Phaeozem, fluvisol, cambisol.
Chipinque, San Pedro Garza García, Nuevo León: Phaeozem y leptosol.
San Pedro Jilitongo, Asunción Nochixtlán, Oaxaca: Luvisol.
San Juan Durán, Jalpan de Serra, Querétaro: Leptosol y luvisol.
Calle Licenciado Fernando Díaz Ramírez, San Juan del Río, Querétaro: Phaeozem.
Galindo, San Juan del Río, Querétaro: Vertisol.
Cancún, Quintana Roo: Leptosol y solonchak.
Coapexpan, Xalapa, Veracruz: Andosol.
Chocamán, Veracruz: Andosol y vertisol.

Koelreuteria paniculata

Bacuseachi, Batopilas, Chihuahua: Leptosol.
Jardines del campus de ITESO, Tlaquepaque, Jalisco: Phaeozem.
Saltillo, Coahuila: Phaeozem, chernozem y leptosol.
Chipinque, San Pedro Garza García, Nuevo León: Leptosol.
Colonia 52, Monterrey, Nuevo León: Vertisol.
Calle Acueducto 324, Guadalupe, Nuevo León: Cambisol.
Periférico Paseo de la República, Morelia, Michoacán: Vertisol.

Bibliografía

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2019. Mapa, edafología. Fecha de actualización: ND. <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/>.