



DIEGO DAVID REYGADAS PRADO
ASESOR EN CONSERVACIÓN Y MANEJO DE RECURSOS NATURALES
diegoreygadas@gmail.com



Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* ((Motschulsky)) en el territorio mexicano”

“Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Informe Final para *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky)

Elaborado por:

M. en C. Diego David Reygadas Prado

09 mayo de 2017



DIEGO DAVID REYGADAS PRADO
ASESOR EN CONSERVACIÓN Y MANEJO DE RECURSOS NATURALES
diegoreygadas@gmail.com



Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

ÍNDICE GENERAL

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	5
2. CARACTERIZACIÓN DE <i>Anoplophora glabripennis</i> (Motschulsky)	6
2.1. Morfología.....	11
2.2. Biología y ecología.....	15
2.3. Síntomas.....	18
2.4. Hospederos	19
3. VARIABLES AMBIENTALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE <i>Anoplophora glabripennis</i> (Motschulsky).....	23
4. VÍAS Y MEDIOS DE INTRODUCCIÓN DE <i>Anoplophora glabripennis</i> (Motschulsky).....	33
4.1. Datos sobre la importación a México de madera aserrada	33
5. POTENCIAL PARA PRODUCIR DAÑOS ECONÓMICOS	40
5.1. Opciones de prevención.....	41
5.2. Opciones de control	42
5.2.1. Control químico	42
5.2.2. Control Biológico	42
6. METODOLOGÍA PARA DEFINIR LOS FACTORES QUE GENERAN RIESGO, VULNERABILIDAD Y SUSCEPTIBILIDAD DE LOS HOSPEDEROS	42
6.1. <i>Acer grandidentatum</i> Nutt.	43
6.2. <i>Salix bonplandiana</i> H.B.K.....	44
6.3. <i>Salix babylonica</i> L.	44
6.4. <i>Ulmus mexicana</i> (Liebm.).....	45
6.5. <i>Populus tremuloides</i> Michx.....	46
6.6. <i>Populus alba</i> L.....	47
6.7. <i>Platanus mexicana</i> Moric	47
6.8. <i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Ligels.....	48
6.9. <i>Melia azedarach</i> L.....	49

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

6.10. <i>Alnus acuminata</i> H.B.K.	50
6.11. <i>Quercus rugosa</i> Née.	51
6.11. <i>Quercus crassifolia</i> Humb. & Bonpl.	52
6. MODELOS DE PREDICCIÓN NACIONAL.....	55
7.1. Escala de riesgo	55
7.2. Modelos.....	56
7.2.1. Modelo multicriterio para mapeo de riesgo de plagas forestales (Krist et al., 2007) basado en Model Builder	57
7.2.2. Modelo para predicción de nicho ecológico basado en el enfoque de Máxima Entropía (MaxEnt).....	58
7.3. Mapas.....	60
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	87
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
10. BIBLIOGRAFÍA.....	92
11. ANEXOS	98
11.1 Anexo 1 (cartografía).....	98
11.2 Anexo 2 (modelos)	98
11.3 Anexo 3 (mapas).....	98

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CATEGORÍAS DEL GENERO <i>POPULUS</i> PARA SER ATACADOS POR <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> (SJÖMAN ET AL., 2014).	19
TABLA 2. RESUMEN DE HOSPEDANTES DE <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> DE ACUERDO CON INFORMACIÓN DEL CABI.	21
TABLA 3. ESPECIES DE HOSPEDEROS DETERMINADAS PARA EL MODELADO DE RIESGO	23
TABLA 4. REPORTES DE LA PRESENCIA DE <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> (MOTSCHULSKY).	24
TABLA 5. RANGOS DE TEMPERATURA, PRECIPITACIÓN Y ALTITUD PARA CLIMAS TEMPLADOS Y CÁLIDOS HÚMEDOS DE MÉXICO.....	31
TABLA 6. RANGOS DE TEMPERATURA, PRECIPITACIÓN Y ALTITUD PARA EL CONJUNTO DE HOSPEDEROS SELECCIONADOS.....	32
TABLA 7. IMPORTACIONES TOTALES DEL 2006 AL 2015 POR VOLUMEN EXPRESADO EN M3 PARA LA FRACCIÓN ARANCELARIA 4407.10.01	33
TABLA 8. VOLUMEN DE LOS TRES PAÍSES CON MAYORES IMPORTACIONES	35
TABLA 9. VOLUMEN DE MADERA ASERRADA NO ESTUFADA (2010-2015) POR INSPECTORÍA.....	37
TABLA 10. CANTIDAD DE TARIMAS Y EMBALAJES (2010-2015) POR INSPECTORÍA	38
TABLA 11 RESUMEN DE REQUERIMIENTOS AMBIENTALES PARA HOSPEDEROS DE <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> .	52
TABLA 12. ESCALA CUALITATIVA EMPLEADA CON EL MODELO MULTICRITERIO	55
TABLA 13. CATEGORÍAS PARA IDONEIDAD DE HÁBITAT CON MAXENT	56
TABLA 14. VARIABLES AMBIENTALES UTILIZADAS PARA EL MODELADO CON MAXENT	59
TABLA 15. SUPERFICIE POR NIVEL DE RIESGO ESTIMADA PARA LOS HOSPEDEROS DE <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i>	88

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> A PARTIR DE 2008.	7
FIGURA 2. DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> EN ESTADOS UNIDOS. TOMADO DE USDA FOREST SERVICE, NORTHERN RESEARCH STATION AND FOREST HEALTH PROTECTION, 2016	7
FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> EN ESTADOS UNIDOS. TOMADO DE USDA FOREST SERVICE, NORTHERN RESEARCH STATION AND FOREST HEALTH PROTECTION, 2016.....	8
FIGURA 4. DISTRIBUCIÓN DE <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> EN EUROPA. TOMADO DE EPPO, 2016.	9
FIGURA 5. ESPECIES DEL GENERO <i>ANOPLOPHORA</i> . TOMADO DE LINGAFELTER & HOEBEKE, 2002.	10
FIGURA 6. ADULTO DE <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> , TOMADO DE CABI, 2016.	11
FIGURA 7. HUEVECILLOS DE <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> . TOMADO DE PARKER ET AL., 2012.	11
FIGURA 8. LARVAS DE <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> . TOMADO DE PARKER ET AL., 2012.	12
FIGURA 9. ADULTO DE <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS NOBILIS</i> (IZQ.) Y ADULTO DE <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> (DER.). TOMADO DE PARKER ET AL., 2012.	13
FIGURA 10. A. <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> (MOTSCHULSKY), HEMBRA DE CHINA; B. <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> (MOTSCHULSKY), MACHO DE CHINA; C. <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> (MOTSCHULSKY), MACHO DE CHINA; D. <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> (MOTSCHULSKY), MACHO DE COREA. TOMADO DE LINGAFELTER & HOEBEKE, 2002.....	14
FIGURA 11. PUPA DE <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> . TOMADO DE PARKER ET AL., 2012.	15
FIGURA 12. ORIFICIO DE SALIDA DE <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> . TOMADO DE PARKER ET AL., 2012.	16
FIGURA 13. CICLO DE VIDA DE <i>ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS</i> (MOTSCHULSKY). TOMADO DE APHIS, 2016.	17

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

FIGURA 14. MAPA DE CLIMAS EN EL MUNDO DE ACUERDO CON LA CLASIFICACIÓN DE KOPPEN-GEIGER. TOMADO DE SAGARPA, SENASICA, 2011.	28
FIGURA 15. CLIMAS DE MÉXICO. TOMADO DE WWW.INEGI.ORG.MX.....	29
FIGURA 16. DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS DE ACUERDO CON EL MODELO PREDICTIVO DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE PLAGAS DESARROLLADO POR MACLEOD ET AL. (2002).	30
FIGURA 17. CLIMAS DE MÉXICO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN COBERTURA DIGITAL OBTENIDA EN HTTP://WWW.CONABIO.GOB.MX/INFORMACION/GIS/	31
FIGURA 18. VOLÚMENES TOTALES DE MADERA ASERRADA. FRACCIÓN ARANCELARIA 4407.10.01.....	34
FIGURA 19. VOLÚMENES IMPORTADOS POR EUA, CANADÁ Y CHILE. FRACCIÓN ARANCELARIA 4407.10.01. FUENTE: SECRETARIA DE ECONOMÍA CON BASE EN SAT, SE, BANXICO, INEGI. BALANZA COMERCIAL DE MERCANCÍAS DE MÉXICO 2003 - 2015. SNIEG.	36
FIGURA 20. PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN EN LA PRODUCCIÓN NACIONAL POR GRUPO DE ESPECIES. FUENTE: SECRETARIA DE ECONOMÍA CON BASE EN SAT, SE, BANXICO, INEGI. BALANZA COMERCIAL DE MERCANCÍAS DE MÉXICO 2003 - 2015. SNIEG	37
FIGURA 21. MODELO GENERAL PARA LA OBTENCIÓN DE MAPAS DE RIESGO, MODEL BUILDER.....	57
FIGURA 22. MAPA DE RIESGO PARA ACER GRANDIDENTATUM (MODEL BUIDER)	62
FIGURA 23. MAPA DE RIESGO PARA ACER GRANDIDENTATUM (MAXENT)	63
FIGURA 24. MAPA DE RIESGO PARA SALIX BONPLANDIANA (MODEL BUIDER).....	64
FIGURA 25. MAPA DE RIESGO PARA SALIX BONPLANDIANA (MAXENT)	65
FIGURA 26. MAPA DE RIESGO PARA SALIX BABYLONICA (MODEL BUIDER)	66
FIGURA 27. MAPA DE RIESGO PARA SALIX BABYLONICA (MAXENT)	67
FIGURA 28. MAPA DE RIESGO PARA ULMUS MEXICANA (MODEL BUIDER)	68
FIGURA 29. MAPA DE RIESGO PARA ULMUS MEXICANA (MAXENT)	69
FIGURA 30. MAPA DE RIESGO PARA POPULUS TREMULOIDES (MODEL BUIDER).....	70
FIGURA 31. MAPA DE RIESGO PARA POPULUS TREMULOIDES (MAXENT).....	71
FIGURA 32. MAPA DE RIESGO PARA POPULUS ALBA (MODEL BUIDER).....	72
FIGURA 33. MAPA DE RIESGO PARA POPULUS ALBA (MAXENT).....	73
FIGURA 34. MAPA DE RIESGO PARA PLATANUS MEXICANA (MODEL BUIDER)	74
FIGURA 35. MAPA DE RIESGO PARA PLATANUS MEXICANA (MAXENT).....	75
FIGURA 36. MAPA DE RIESGO PARA FRAXINUS UHDEI (MODEL BUIDER).....	76
FIGURA 37. MAPA DE RIESGO PARA FRAXINUS UHDEI (MAXENT)	77
FIGURA 38. MAPA DE RIESGO PARA MELIA AZEDARACH (MODEL BUIDER)	78
FIGURA 39. MAPA DE RIESGO PARA MELIA AZEDARACH (MAXENT)	79
FIGURA 40. MAPA DE RIESGO PARA ALNUS ACUMINATA (MODEL BUIDER).....	80
FIGURA 41. MAPA DE RIESGO PARA ALNUS ACUMINATA (MAXENT).....	81
FIGURA 42. MAPA DE RIESGO PARA QUERCUS RUGOSA (MODEL BUIDER)	82
FIGURA 43. MAPA DE RIESGO PARA QUERCUS RUGOSA (MAXENT).....	83
FIGURA 44. MAPA DE RIESGO PARA QUERCUS CRASSIFOLIA (MODEL BUIDER).....	84
FIGURA 45. MAPA DE RIESGO PARA QUERCUS CRASSIFOLIA (MAXENT)	85
FIGURA 46. MAPA DE RIESGO PARA ANOPLOPHORA GLABRIPENNIS (MODEL BUILDER)	86

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras:

Corresponde a: 1.3 Vías de introducción y dispersión identificadas y vigiladas para las especies invasoras de mayor riesgo. Predecir la dispersión e infestaciones potenciales. Desarrollar análisis de riesgo de vías de introducción y diseminación de especies invasoras.

Los resultados de este informe final se vinculan con el objetivo estratégico para prevenir, detectar y reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de especies invasoras, que forma parte de las acciones estratégicas transversales “Revisar, adecuar y desarrollar el marco legal y normativo” y “Desarrollar capacidades científicas, técnicas, humanas e institucionales”.

Resumen

Título:

Servicios de consultoría para integrar dos Modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano.

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

Objetivo:

Contar con dos modelos de predicción de riesgo de introducción de las plagas exóticas forestales, uno para *Sirex noctilio* y otro para *Anoplophora glabripennis* expresado en escala cualitativa (Muy Alto, Alto, Medio, Bajo, Muy Bajo y Nulo), así como los posibles medios de introducción de ambas especies al territorio nacional.

Autor:

Diego David Reygadas Prado.

Modo de citar el informe:

PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo) 2016. Servicios de consultoría para integrar dos Modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano. Informe final entregado a la CONABIO y al PNUD en el marco del proyecto GEF 083999 “Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional sobre EEI”. Reygadas-Prado, D. México. 99 pp. + 3 Anexos.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Área objeto del informe:

Territorio nacional

Fecha de inicio y terminación del informe:

Inicio: 20 de marzo de 2016

Termino: 15 de mayo de 2017

Este Informe final presenta los resultados correspondientes con los términos de referencia establecidos para el proyecto, cuyos productos son: a) Caracterización de *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky), b) Variables ambientales para el establecimiento de *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky), c) Vías y medios de introducción de *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky), d) Potencial para producir daños económicos, e) Metodología para definir los factores que generan riesgo, vulnerabilidad y susceptibilidad de los hospedantes, f) Modelos de predicción nacional, g) Análisis de resultados y h) Resultados y recomendaciones.

2. CARACTERIZACIÓN DE *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky)

Acorde como se planteó en los Términos de Referencia se efectuó la revisión bibliográfica y entrevistas con personal especializado de la SEMARNAT, Universidad Autónoma de Chapingo y del Colegio de Postgraduados integrándose la información para *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky), que se presenta a continuación:

Taxonomía

Phyllum: *Arthropoda*

Clase: *Insecta*

Orden: *Coleóptera*

Familia: *Cerambycidae*

Género: *Anoplophora*

Especie: *Anoplophora glabripennis*

Anoplophora es un género con 36 especies de escarabajos barrenadores presentes principalmente en regiones tropicales y subtropicales. Presentan colores muy vistosos en los élitros, pronoto y antenas (Lingafelter & Hoebeke, 2002).

Hu *et al.* (2009), muestran la distribución de *Anoplophora glabripennis* en diferentes partes del mundo (Figura 1).

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”



Figura 1. Distribución geográfica de *Anoplophora glabripennis* a partir de 2008.

Las áreas verdes representan la distribución nativa y los círculos azules representan registros de infestación fuera del área nativa. Los números representan el orden en que se informó por primera vez las infestaciones.

De acuerdo con el Servicio Forestal de los Estados Unidos, actualmente se distribuye en la región Noreste y Este (Figura 2), con un potencial de distribución amplio que incluye algunas zonas fronterizas con México (Figura 3).

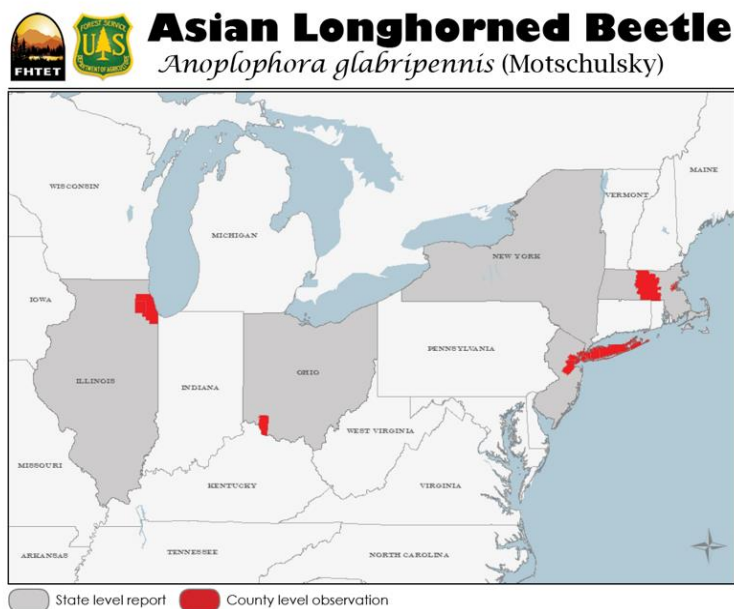


Figura 2. Distribución actual de *Anoplophora glabripennis* en Estados Unidos. Tomado de USDA Forest Service, Northern Research Station and Forest Health Protection, 2016

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

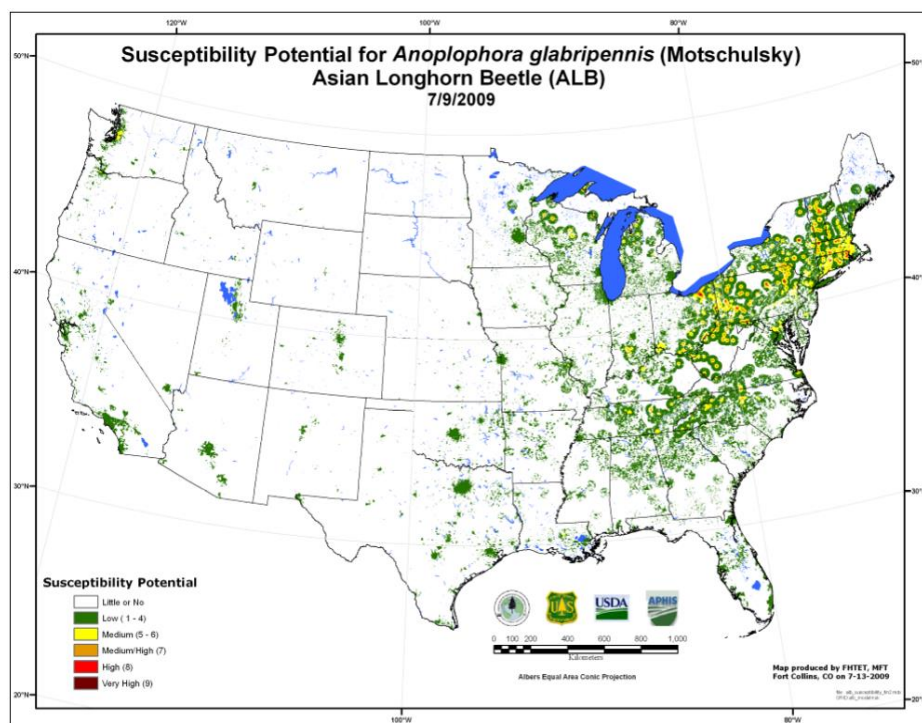


Figura 3. Distribución potencial de *Anoplophora glabripennis* en Estados Unidos. Tomado de USDA Forest Service, Northern Research Station and Forest Health Protection, 2016.

Anoplophora glabripennis se detectó fuera de Asia por primera vez en 1996 en la ciudad de Nueva York, a pesar de que probablemente había llegado en esa zona al menos en 1990. Es probable que fuera transportado desde China hasta la ciudad de Nueva York dentro de embalajes de madera (SWPM). Después de 1996, esta especie fue encontrada en un número cada vez mayor de lugares en América del Norte (Chicago, 1998; Nueva Jersey, 2002; Toronto, Ontario, Canadá, 2003; Massachusetts, 2008). En agosto de 2008, un nuevo sitio de infestación fue descubierto en Worcester, Massachusetts, como la primera aparición en Nueva Inglaterra.

Fuera de América del Norte, el primer descubrimiento se hizo en Braunau am Inn, Austria (Tomiczek *et al.*, 2002), seguido de un descubrimiento en Yokohama en Japón, donde se consideró como especie invasora (Takahashi & Ito, 2005). En Francia, se descubrió la primera infestación en 2003, en Gien, y una segunda infestación en 2004 en Sainte Anne-sur-Brivet. En Alemania, la primera infestación fue descubierta en 2004, en Neukirchen am Inn, y una segunda infestación en 2005, en Bornheim. En Italia, una pequeña infestación fue descubierta en 2007, en Corbetta. En mayo de 2008, *Anoplophora glabripennis* fue oficialmente declarada como presente y en curso de erradicación en Francia y en Alemania. *Anoplophora glabripennis* ha sido interceptado

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

en más lugares, pero en esos casos, los escarabajos fueron detectados antes de que se dispersaran (Figura 4). Las principales detecciones, en los Estados Unidos, se han realizado dentro de los almacenes después de salir los embalajes y después de la emergencia en bonsai importados (Hu *et al.*, 2009).

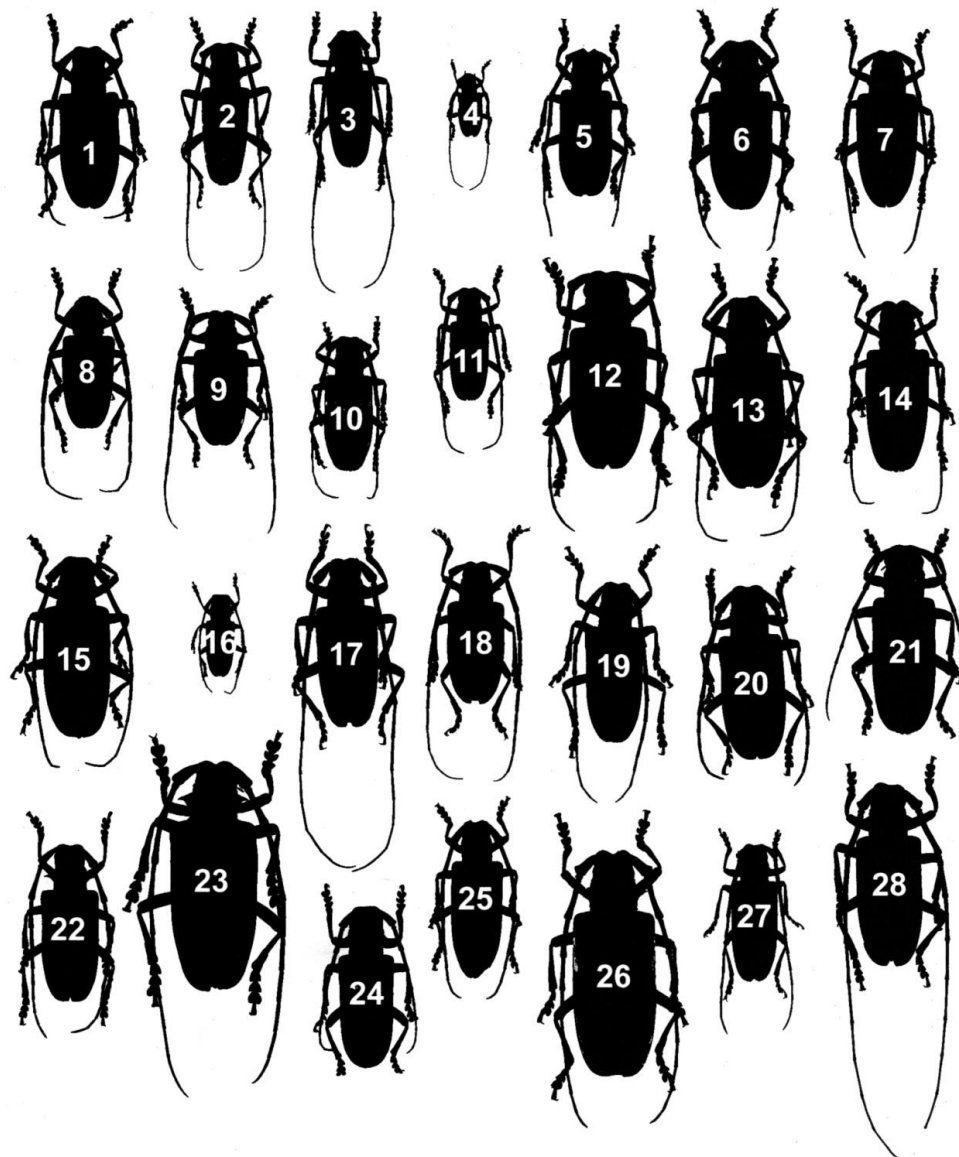


Figura 4. Distribución de *Anoplophora glabripennis* en Europa. Tomado de EPPO, 2016.

La taxonomía de este género presenta cierta confusión ya que *Anoplophora glabripennis* es parte del complejo *glabripennis*, que comprende *Anoplophora glabripennis*, *Anoplophora freyi*, *Anoplophora flavomaculata* y *Anoplophora coeruleoantennatus* (este último es dudoso, taxonómicamente). Por ejemplo, existe un debate en China si *Anoplophora glabripennis* del norte de China y *Anoplophora glabripennis* en el sur de China, son en realidad dos especies separadas (Centre for Agricultural Bioscience International (CABI, 2016).

Lingafelter y Hoebeke (2002) señalan como sinonimia a *Melanauster nobilis*, *Melanauster angustatus*, *Melanauster nankineus*, *Melanauster glabripennis* y *Anoplophora nobilis*. Presenta una gran similitud con *Anoplophora coeruleoantennata* y *Anoplophora freyi* (Figura 5).

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"



1, *A. chinensis* (Förster); 2, *A. asuanga* Schultzze; 3, *A. glabripennis* (Motschulsky), Korean form; 4, *A. beryllina* (Hope); 5, *A. coeruleoantennata* (Breuning); 6, *A. davidis* (Fairmaire); 7, *A. elegans* (Gahan); 8, *A. elegans* (Gahan); 9, *A. elegans* (Gahan); 10, *A. freyi* (Breuning); 11, *A. granata* Holzschuh; 12, *A. horsfieldii*; 13, *A. imitator* (White); 14, *A. leechi* (Gahan); 15, *A. longehirsuta* Breuning; 16, *A. lurida* (Pascoe); 17, *A. longehirsuta* Breuning; 18, *A. elegans* (Gahan), form *macrospila*; 19, *A. macularia* (Thomson); 20, *A. chinensis* (Förster), form *malasiaca*; 21, *A. mamaua* Schultzze; 22, *A. medenbachii* (Ritsema); 23, *A. sollii* (Hope); 24, *A. tianaca* Schultzze; 25, *A. macularia* (Fairmaire), form *oshimana*; 26, *A. stanleyana* Hope; 27, *A. glabripennis* (Motschulsky), form *nobilis*; 28, *A. stanleyana* (Hope).

Figura 5. Especies del genero *Anoplophora*. Tomado de Lingafelter & Hoebeke, 2002.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

Anoplophora glabripennis (Motschulsky) conocido como “escarabajo de cuernos largos” (Figura 6), es un insecto grande y “llamativo” que se observa a fines de la primavera hasta el otoño y su detección dependerá de la habilidad del técnico, para identificar los signos de las lesiones causadas en cada etapa del desarrollo del insecto en los árboles (Parker *et al.*, 2012).



Figura 6. Adulto de *Anoplophora glabripennis*, tomado de CABI, 2016.

2.1. Morfología

Huevos

Alrededor de 5-7 mm, de color blanquecino, oblongos. Los extremos de los huevos son ligeramente cóncavos. Justo antes de la eclosión, los huevos se vuelven de color marrón amarillento como se muestra en la Figura 7 (SAG, 2003).



Figura 7. Huevecillos de *Anoplophora glabripennis*. Tomado de Parker *et al.*, 2012.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Larva

La larva (Figura 8), es apoda de hasta 50 mm de largo cuando están bien desarrollados. Es de color blanco cremoso, con una marca de color marrón en el protórax (Parker *et al.*, 2012).



Figura 8. Larvas de *Anoplophora glabripennis*. Tomado de Parker *et al.*, 2012.

Adulto

Los escarabajos adultos presentan un color negro brillante con manchas blancas irregulares en los élitros. Los recién convertidos en adultos con frecuencia poseen un matiz azulado en forma de pelillos, especialmente en las patas y cerca de 20 manchas irregulares blancas, en los élitros. En algunas infestaciones de Norteamérica, se detectó una variación del escarabajo asiático de antenas largas con manchas amarillentas (llamado *Anoplophora glabripennis nobilis*), la cual de acuerdo con Lingafelter y Hoebeke (2002) es una forma *Anoplophora glabripennis* que no está plenamente justificada y que por lo general es poco frecuente hallarla (Figura 9). Los adultos se pueden observar entre el final de la primavera y la primera helada fuerte de otoño, y casi siempre se encuentran en el dosel arbóreo (Parker *et al.*, 2012).

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”



Figura 9. Adulto de *Anoplophora glabripennis nobilis* (Izq.) y adulto de *Anoplophora glabripennis* (Der.). Tomado de Parker *et al.*, 2012.

La forma es típica de un cerambícido, con una longitud de cuerpo entre 17 a 39 mm, sin incluir sus largas antenas blancas y negras. Sin embargo, la mayoría de los individuos están en el rango de 30 a 35 mm. No obstante, lo anterior, se observó un individuo con solo 12 mm de longitud, en Brooklyn, New York. Las antenas de 2.5 veces la longitud del cuerpo en los machos; 1.3 veces la longitud del cuerpo en las hembras tienen 11 segmentos, cada uno con una base azul blanquecina (CABI, 2016), Figura 10.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

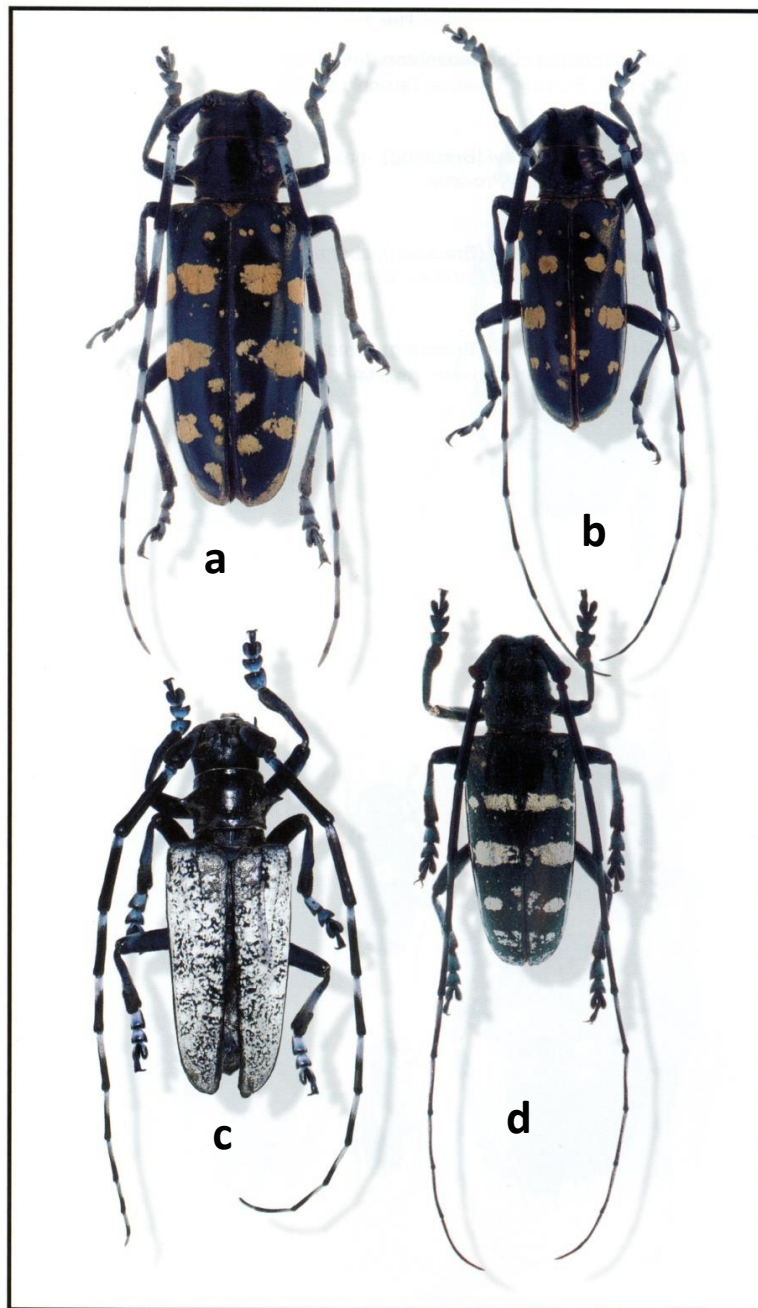


Figura 10. a. *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky), hembra de China; b. *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky), macho de China; c. *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky), macho de China; d. *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky), macho de Corea. Tomado de Lingafelter & Hoebeke, 2002.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

2.2. Biología y ecología

En China, el número de generaciones anuales varía con el clima y la latitud. Cuanto más al norte se encuentra *Anoplophora glabripennis*, más tiempo tarda una generación en desarrollarse. En el este de China, una generación puede tomar 1 o 2 años en desarrollarse, mientras que en el norte de China, una sola generación tarda 2 años en desarrollarse (Lingafelter & Hoebeke, 2002).

Los adultos emergen entre mayo y octubre y viven durante un mes aproximadamente. El período de mayor actividad del adulto es de mediados de junio hasta principios de julio. Los adultos por lo general permanecen en el árbol del que surgieron, o vuelan distancias cortas a los árboles cercanos, y ahí se alimentan de hojas, pecíolos y corteza joven (Lingafelter & Hoebeke, 2002).

La oviposición comienza una semana después de la cópula. Los huevos, aproximadamente 32 por hembra, son colocados uno a uno debajo de la corteza, en ranuras de oviposición realizadas por la hembra. Las perforaciones se ubican generalmente en el lado oriental del tronco o de las ramas mayores de 5 cm de diámetro. Los huevos eclosionan después de aproximadamente 2 semanas. La larva se alimenta en la capa de cambium de la corteza de las ramas y el tronco, para luego entrar en los tejidos leñosos. La pupación tiene lugar en las cámaras construidas en el duramen, con presencia de virutas de madera (Figura 11).



Figura 11. Pupa de *Anoplophora glabripennis*. Tomado de Parker *et al.*, 2012.

Los adultos (Figura 12) emergen de agujeros circulares de 10 mm de diámetro, por encima de los sitios donde fueron colocados los huevos (Lingafelter & Hoebeke, 2002).

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”



Figura 12. Orificio de salida de *Anoplophora glabripennis*. Tomado de Parker *et al.*, 2012.

A diferencia de muchas especies de Cerambícidos, *Anoplophora glabripennis* pueden atacar a los árboles sanos, así como árboles bajo estrés. Varias generaciones pueden desarrollarse dentro de un árbol individual, lo que conduce finalmente a su muerte (CABI, 2016).

Las hembras adultas de *Anoplophora glabripennis* se someten a un período de maduración de la alimentación obligatoria después de la emergencia. En la emergencia, las hembras pueden copular, aunque sus ovarios son inmaduros y la alimentación es necesaria para la maduración del ovario; estudios de laboratorio han estimado que el tiempo de vida de las hembras dura 9-15 días. Los machos adultos tienen espermatozoides maduros antes de la emergencia, y la alimentación sólo es necesaria para mantener su actividad normal. Los adultos son menos activos por la mañana y se vuelven más activos al final del día. La actividad reproductiva de *Anoplophora glabripennis* es diurna (Figura 13) (Lingafelter & Hoebeke, 2002).

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”



Figura 13. Ciclo de vida de *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky). Tomado de APHIS, 2016.

En la naturaleza, las hembras seleccionan un sitio de oviposición basada en el diámetro del tronco y espesor de la corteza del árbol hospedante, el grosor de la corteza parece jugar el papel más importante (Lingafelter & Hoebeke, 2002).

En madera cortada, la oviposición presenta una correlación negativa con la superficie, diámetro y espesor de la corteza de la madera en rollo. Además, *Anoplophora glabripennis* prefiere las especies de árboles hospedantes con corteza áspera y hojas sin tricomas epidérmicos y glándulas (Lingafelter & Hoebeke, 2002).

Por lo general *Anoplophora glabripennis* comienza a atacar a los árboles cerca de la base de la copa, tanto en la parte superior del tronco como en las partes inferiores de las ramas principales. Sin embargo, en China los árboles de *Populus* que producen ramas a lo largo del tronco,

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Anoplophora glabripennis inicia su ataque en la parte inferior del mismo. Los escarabajos pueden atacar el mismo árbol, año tras año, por medio de huevos aún más hacia abajo, hacia las raíces en años sucesivos (Lingafelter & Hoebeke, 2002).

Para localizar los árboles hospedantes adecuados, los escarabajos adultos son capaces de volar más de 100 metros en un solo vuelo. La distancia de dispersión de la población fluctúa entre 600 hasta 2,600 metros, y esta dispersión presenta una correlación positiva con la velocidad del viento y la temperatura. Esta dispersión ha sido registrada con el método de marcación, liberación y recaptura (USDA, 2015).

Anoplophora glabripennis tiende a volar más lejos para encontrar árboles hospedantes adecuados cuando no hay hospedantes presente en la zona de los alrededores, mientras que, cuando los árboles presentan una densidad alta, ocurre poca dispersión del adulto. Un estudio de infestaciones de *Anoplophora glabripennis* en Nueva Jersey sugiere que unas introducciones de baja densidad de estos escarabajos se mantienen localizados durante muchos años y la propagación es lenta hasta que, con la sobreexplotación del recurso, la dispersión pasa de ser de unos cientos de metros a más de un kilómetro (Hu *et al.*, 2009).

2.3. Síntomas

El principal daño al hospedante lo ocasionan las larvas de *Anoplophora glabripennis*, las cuales realizan galerías que penetran en el interior de la madera interrumpiendo de esta manera el flujo de agua y nutrientes necesarios para que los hospedantes puedan desarrollarse de forma natural, provocando un detrimento de la salud de dichos individuos. Árboles adultos con diámetros grandes en ocasiones pueden resistir el ataque a diferencia de individuos jóvenes y con diámetros pequeños, donde los daños son más significativos y devastadores (Lingafelter & Hoebeke, 2002).

El daño en hojas, peciolo y corteza es de poca importancia en comparación con el ocasionado por las galerías de las larvas, sin embargo, pueden predisponer al árbol para ser atacado por otra plaga (Parker *et al.*, 2012).

Los principales síntomas de la presencia de la plaga son la salida de resina por los agujeros de oviposición y los túneles de larvas en la corteza. La actividad de las larvas se reconoce por la presencia de galerías bajo la corteza y, más tarde, los túneles en la madera. Masas de virutas de madera de extrusión de agujeros de salida redondos son también signos de que los adultos han surgido de la madera infestada. Montones de virutas de madera también se recogen en la base de los árboles infestados (CABI, 2016).

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

2.4. Hospederos

En China, *Anoplophora glabripennis* principalmente ha sido encontrada en los géneros *Acer*, *Populus* y *Salix*. Los principales hospederos son especies e híbridos de la sección Aegeiros del género *Populus*: *Populus nigra*, *Populus deltoides*, *Populus x canadensis* y el híbrido chino *Populus dakhuanensis* (Sjöman et al., 2014). Este autor clasifica los hospederos en cuatro categorías (Tabla 1).

Tabla 1. Categorías del género *Populus* para ser atacados por *Anoplophora glabripennis* (Sjöman et al., 2014).

Categoría	Especies/Híbridos
Muy Buenos	<i>Populus nigra</i> : 'Pyramidalis', 'Italica', 'Thevestina'
	<i>Populus deltoides</i> 'Brangarsi'
	<i>Populus x euramericana</i> : 'Luisa Avanzo', 'Bellini', 'Guardi'.
	<i>Populus x xiaozhuannica</i> , <i>P. x xiaozhuannica</i> : 'Opera', 'Popularis'
	<i>Populus nigra</i>
	<i>Populus deltoides</i>
	<i>Populus lasiocarpa</i>
	<i>Populus pseudoglauca</i>
	<i>Populus cathayana</i>
	<i>Populus gansuensis</i>
Buenos	<i>Populus pseudosimonii</i>
	<i>Populus simonii</i>
	<i>Populus ussuriensis</i>
	<i>Populus simonii</i> x <i>P. nigra</i> 'Pyramidalis': 'Baichensis', 'Taiqing', 'Italica'
	<i>Populus nigra</i> x <i>P. simonii</i>
	<i>Populus x beijingensis</i>
	<i>Populus x berlinensis</i>
	<i>Populus x dakuanensis</i>
	<i>Populus x russki</i>
	<i>Populus stalinetz</i>
Ocasionales	<i>Populus x xiaohei</i> , <i>P. x xiaohei</i> 'Heilin-1'
	<i>Populus deltoides</i> : 'Nankang', 'Qingji' #1, 2', 'Shanhaiguan', 'pyramidalis'
	<i>Populus balsamifera</i>
	<i>Populus alba</i> 'Pyramidalis'

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

Categoría	Especies/Híbridos
	<i>Populus alba</i> x <i>Populus bolleana</i>
	<i>Populus alba</i> x <i>Populus tomentosa</i>
	<i>Populus deltoides</i> x <i>P. simonii</i>
	<i>Populus</i> x <i>euramericana</i> (= <i>P. x canadensis</i>)
	<i>Populus</i> x <i>euramericana</i> 'Veruirubens', 'Vegeherata 272', 'G-158', 'I-214', 'Triplo', <i>Populus euphratica</i> , <i>P. euphratica</i> : 'Pyramidalis', 'PE-214'
	<i>Populus pruinosa</i>
	<i>Populus alba</i>
Raros o resistentes	<i>Populus davidiana</i>
	<i>Populus hopeiensis</i>
	<i>Populus tomentosa</i> , <i>P. tomentosa</i> 'Hopeinica', 'Honanica'
	<i>Populus tremula</i>
	<i>Populus tremuloides</i>

También hay registros de *Alnus*, *Melia*, *Malus*, *Morus*, *Platanus*, *Prunus*, *Pyrus*, *Robinia*, *Rosa*, *Sophora* y *Ulmus*. En Estados Unidos, *Acer* spp son los principales hospedantes, con registros ocasionales en *Aesculus hippocastanum*, *Liriodendron tulipifera*, *Morus alba*, *Pseudacacia robinia*, así como especies de *Betula*, *Fraxinus*, *Populus*, *Salix* y *Ulmus* (Tabla 2). El insecto parece ser ampliamente polífago en maderas duras, pero nunca se ha encontrado en las coníferas y, al parecer tampoco en los bosques de los géneros *Fagus* y *Quercus* (CABI, 2016).

También debe tenerse en cuenta que el rango de hospederos tiene dos elementos: las especies en las que las larvas pueden desarrollarse hasta la madurez y las especies a las que los adultos utilizan para su alimentación durante la maduración. En China, los principales hospedantes son afectados en etapa larvaria. En América del Norte, sin embargo, como las zonas de brote son recientes, y con sujeción a las medidas de contención y erradicación, no hay registros sobre el estado que guardan los árboles en los que se ha registrado *Anoplophora glabripennis*, en estadio de larvas o adultos. La investigación está actualmente evaluando cuáles son las especies de hospederos con mayor riesgo durante la etapa de alimentación de las larvas. La cría de larvas en los troncos recién cortados, permitió clasificar ocho especies de árboles en el siguiente orden para el aumento de peso de las larvas (de mayor a menor): *Ulmus chinensis*, *Acer platanoides*, *Ulmus americana*, *Gleditsia triacaanthos*, *Acer saccharum*, *Quercus rubra*, *Fraxinus americana*, *Fraxinus pennsylvanica* (CABI, 2016).

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Tabla 2. Resumen de hospedantes de *Anoplophora glabripennis* de acuerdo con información del CABI.

Familia	Nombre	Contexto
<i>Aceraceae</i>	<i>Acer</i> (maples)	Principal
<i>Aceraceae</i>	<i>Acer negundo</i> (box elder)	Principal
<i>Aceraceae</i>	<i>Acer platanoides</i> (Norway maple)	Otro
<i>Aceraceae</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i> (sycamore)	Otro
<i>Aceraceae</i>	<i>Acer rubrum</i> (red maple)	Otro
<i>Aceraceae</i>	<i>Acer saccharinum</i> (silver maple)	Otro
<i>Aceraceae</i>	<i>Acer saccharum</i> (sugar maple)	Otro
<i>Aceraceae</i>	<i>Acer tegmentosum</i>	Otro
<i>Betulaceae</i>	<i>Alnus</i> (alders)	Otro
<i>Betulaceae</i>	<i>Betula</i> (birches)	Otro
<i>Fabaceae</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i> (black locust)	Principal
<i>Fabaceae</i>	<i>Sophora</i>	Otro
<i>Hippocastanaceae</i>	<i>Aesculus hippocastanum</i> (horse chestnut)	Principal
<i>Magnoliaceae</i>	<i>Liriodendron tulipifera</i> (tuliptree)	Otro
<i>Moraceae</i>	<i>Morus alba</i> (mora)	Otro
<i>Oleaceae</i>	<i>Fraxinus</i> (ashes)	Otro
<i>Platanaceae</i>	<i>Platanus</i> (planes)	Otro
<i>Rosaceae</i>	<i>Malus</i> (ornamental species apple)	Otro
<i>Rosaceae</i>	<i>Prunus</i> (stone fruit)	Otro
<i>Rosaceae</i>	<i>Pyrus</i> (pears)	Otro
<i>Rosaceae</i>	<i>Rosa</i> (roses)	Otro
<i>Salicaceae</i>	<i>Populus</i> (poplars)	Principal
<i>Salicaceae</i>	<i>Populus canadensis</i> (hybrid black poplar)	Principal

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Familia	Nombre	Contexto
Salicaceae	<i>Populus dakuanensis</i>	Principal
Salicaceae	<i>Populus deltoides</i> (poplar)	Principal
Salicaceae	<i>Populus nigra</i> (black poplar)	Principal
Salicaceae	<i>Salix</i> (willows)	Principal
Salicaceae	<i>Salix babylonica</i> (weeping willow)	Principal
Salicaceae	<i>Salix matsudana</i> (Peking willow)	Principal
Ulmaceae	<i>Ulmus</i> (elms)	Principal

En América del Norte, se ha informado el ataque de *Anoplophora glabripennis* en 18 especies de árboles de hoja caduca pertenecientes a 12 géneros. Los más atractivo son: *Acer negundo*, *Acer platanoides*, *Aesculus* spp, *Betula* spp y *Fraxinus pennsylvanica*. En un estudio de laboratorio se observó que prefiere a *Acer pensylvanicum* sobre *Acer saccharum* para la oviposición (Hu *et al.*, 2009).

Con referencia a *Anoplophora glabripennis* un estudio en Estados Unidos bajo condiciones de invernadero, evaluó la oviposición de *Anoplophora glabripennis* en cuatro especies de árboles comunes del Este de América del Norte y del bosque de madera dura, cuyo resultado determinó que el mayor número de sitios de oviposición fue en *Acer saccharum*, con respecto a *Acer rubrum*, *Fraxinus pennsylvanica* y *Quercus rubra* (Lingafelter & Hoebeke, 2002).

De esta manera con base en la revisión bibliográfica previa para *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky), la consulta con especialistas de la Universidad Autónoma Chapingo, Colegio de Postgraduados, de especialistas de la Red de Salud Forestal de México y de la información disponible en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos, se determinaron doce especies como principales hospederos para *Anoplophora glabripennis* en el territorio nacional, mismas que son mostradas en la Tabla 3.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Tabla 3. Especies de hospederos determinadas para el modelado de riesgo

Nivel de susceptibilidad	Hospedero
Muy susceptibles	<i>Acer grandidentatum</i>
	<i>Salix bonplandiana</i>
	<i>Salix babylonica</i>
	<i>Ulmus mexicana</i>
	<i>Populus tremuloides</i>
	<i>Populus alba</i>
Poco susceptibles	<i>Platanus mexicana</i>
Ocasionales	<i>Fraxinus uhdei</i>
	<i>Melia azedarach</i>
	<i>Alnus acuminata</i>
	<i>Quercus rugosa</i>
	<i>Quercus crasifolia</i>

Cabe señalar que en la propuesta de trabajo se estableció determinar los cinco principales hospederos, pero dada la amplia posibilidad de hospederos que tiene esta plaga y a la también amplia distribución de los mismos en el territorio nacional de muchas de estas especies o a su posibilidad de convertirse en vectores de dispersión se determinaron las especies antes citadas.

3. VARIABLES AMBIENTALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky)

Anoplophora glabripennis es nativa de China y Corea y fue reportada fuera de su distribución de origen en 1996 en Estados Unidos, con subsecuentes detecciones en Canadá y varios países europeos (Hu *et al.*, 2009). Estos mismos autores consideran que la dispersión a otros países fuera de Asia se dio mediante el traslado de material para embalaje. La Organización para la Protección de Plantas Europea (EPPO), menciona un conjunto de países en los que esta plaga se ha distribuido (EPPO, 2016).

La tabla siguiente es un resumen hecho por el CABI en la cual se muestran los lugares en los cuales se ha generado algún reporte de presencia de *Anoplophora glabripennis*, para cada uno de los reportes se muestra la dependencia que lo generó.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Tabla 4. Reportes de la presencia de *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky).

PAÍS	DISTRIBUCIÓN	ORIGEN	INVASIVA	REFERENCIAS
CHINA	Presente	Nativa	Invasiva	EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Anhui	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Fujian	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Gansu	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Guangdong	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Guangxi	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Guizhou	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Hebei	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Heilongjiang	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Henan	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Hubei	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Hunan	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Jiangsu	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Jiangxi	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Jilin	Presente			EPPO, 2014; Schmutzenhofer et al., 1996; CABI/EPPO, 2014
-Liaoning	Presente			EPPO, 2014; Schmutzenhofer et al., 1996; CABI/EPPO, 2014
-Nei Menggu	Presente			EPPO, 2014; Schmutzenhofer et al., 1996; CABI/EPPO, 2014
-Ningxia	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Qinghai	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Shaanxi	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

PAÍS	DISTRIBUCIÓN	ORIGEN	INVASIVA	REFERENCIAS
-Shandong	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Shanxi	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Sichuan	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Tibet	Presente			CABI/EPPO, 2014; EPPO, 2014
-Xinjiang	Presente			CABI/EPPO, 2014
-Yunnan	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO,
-Zhejiang	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO,
JAPÓN	Ausente, anteriormente presente	Introducida	No invasiva	EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Honshu	Ausente, anteriormente presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
KOREA, DPR	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
KOREA, REPUBLIC OF	Presente			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014; Lim et al., 2014
TAIWAN	Ausente, registro no valido			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
TURKEY	Ausente, confirmado por			EPPO, 2014; IPPC, 2016c; Ayberk et al.,
ALGERIA	Ausente, confirmado por			EPPO, 2014
CANADA	Distribución restringida	Introducida	Invasiva	EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-British Columbia	Ausente, solo interceptado			CABI/EPPO, 2014; EPPO, 2014
-Ontario	Distribución restringida			NAPPO, 2013b; EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014; Turgeon et al., 2015

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

PAÍS	DISTRIBUCIÓN	ORIGEN	INVASIVA	REFERENCIAS
USA	Distribución restringida	Introducida	Invasiva	EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-California	Ausente, solo interceptado			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Illinois	Erradicado			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-New Jersey	Erradicado			NAPPO, 2013a; EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
Massachusetts	Presente, pocas ocurrencias			NAPPO, 2008; EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-New York	Distribución restringida			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Ohio	Presente			EPPO, 2014; NAPPO, 2011; CABI/EPPO,
-Washington	Ausente, solo interceptado			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
AUSTRIA	Transitoria: bajo erradicación	Introducida	Invasiva	EPPO, 2014; IPPC, 2013; CABI/EPPO, 2014
BELGIUM	Erradicado	Introducida	Invasiva	IPPC, 2009; EPPO, 2011; EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
CYPRUS	Ausente, confirmado por	Ausente	invasiva	EPPO, 2014
CZECH	Ausente, solo interceptado	Ausente	invasiva	CABI/EPPO, 2014; EPPO, 2014
DENMARK	Ausente, solo interceptado	Ausente	invasiva	IPPC, 2011; EPPO, 2014; CABI/EPPO,
FRANCE	Distribución restringida	Introducida	Invasiva	EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-Corsica	Distribución restringida			EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
GERMANY	Transitoria: bajo erradicación	Introducida	Invasiva	EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
HUNGARY	Ausente, confirmado por	Ausente	invasiva	EPPO, 2014
ITALY	Presente, pocas ocurrencias	Introducida	Invasiva	EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
LITHUANIA	Ausente, confirmado por	Ausente	invasiva	IPPC, 2016d
MALTA	Ausente, confirmado por	Ausente	invasiva	EPPO, 2014

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

PAÍS	DISTRIBUCIÓN	ORIGEN	INVASIVA	REFERENCIAS
NETHERLANDS	Erradicado	Introducida	Invasiva	EPPO, 2016; EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014; IPPC, 2016a; IPPC, 2016b; NPPO of the Netherlands, 2013
NORWAY	Ausente, sin registros	Ausente	invasiva	EPPO, 2014
POLAND	Ausente, sin información	Ausente	invasiva	EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
PORTUGAL	Ausente, confirmado por	Ausente	invasiva	EPPO, 2014
SWITZERLAND	Presente, pocas ocurrencias	Introducida	Invasiva	EPPO, 2011; EPPO, 2014; Forster & Wermelinger, 2012; CABI/EPPO, 2014
UK	Presente, pocas ocurrencias	Introducida	Invasiva	Forestry Commission, 2012; EPPO, 2014; CABI/EPPO, 2014
-England and	Presente, pocas ocurrencias	Introducida	Invasiva	EPPO, 2014; Forestry Commission,

Fuente: Centre for Agricultural Bioscience International (CABI, 2016)

A diferencia de *Anoplophora chinensis*, que se desarrolla en lugares con climas tropicales, *Anoplophora glabripennis* se desarrolla en lugares con climas templados y húmedo subtropical (cálido húmedo) de acuerdo con la ubicación de los reportes de presencia de esta plaga en diferentes países al igual que en su lugar de origen (Figura 14).

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

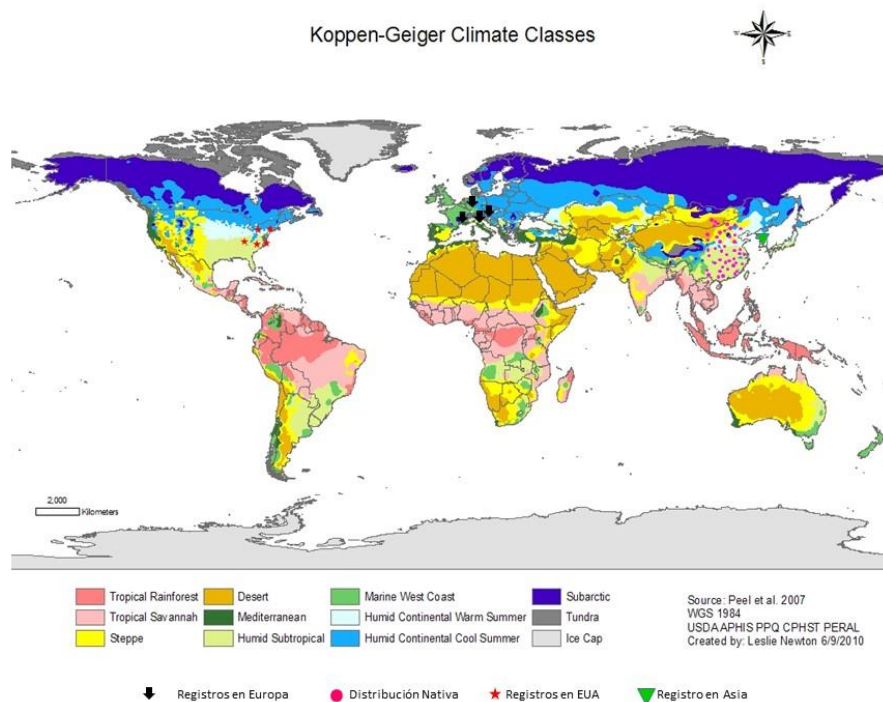


Figura 14. Mapa de climas en el mundo de acuerdo con la clasificación de Koppen-Geiger. Tomado de SAGARPA, SENASICA, 2011.

Es importante mencionar que este tipo de climas se encuentran presentes en México desde la parte centro del país hasta la parte norte en lo que corresponde con la Sierras Madre Oriental y Occidental, además del Sur de Chiapas y la Península de Yucatán (Figura 15).

Los climas antes mencionados están estrechamente vinculados con el relieve y la confluencia de las zonas neártica y neotropical en territorio mexicano y que en combinación con el origen geológico generan una amplia gama de combinaciones de variables ambientales como los tipos de suelo, textura de los mismos, altitud, precipitación y temperatura entre otras, que permiten el desarrollo de una extensa superficie con cobertura de coníferas a las que puede asociarse el establecimiento de *Anoplophora glabripennis* y por ende un amplio rango para estas variables en las que esta plaga puede prosperar.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”



Figura 15. Climas de México. Tomado de www.inegi.org.mx.

Varios modelos han sido desarrollados para predecir la potencial supervivencia de *Anoplophora glabripennis* en todo el mundo. El modelo de coincidencia de clima CLIMEX se ha empleado para que coincida con el clima donde el escarabajo es nativo con áreas potenciales de introducción. La posible aparición de *Anoplophora glabripennis* en Asia, América del Norte y Europa se muestra en la Figura 16.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

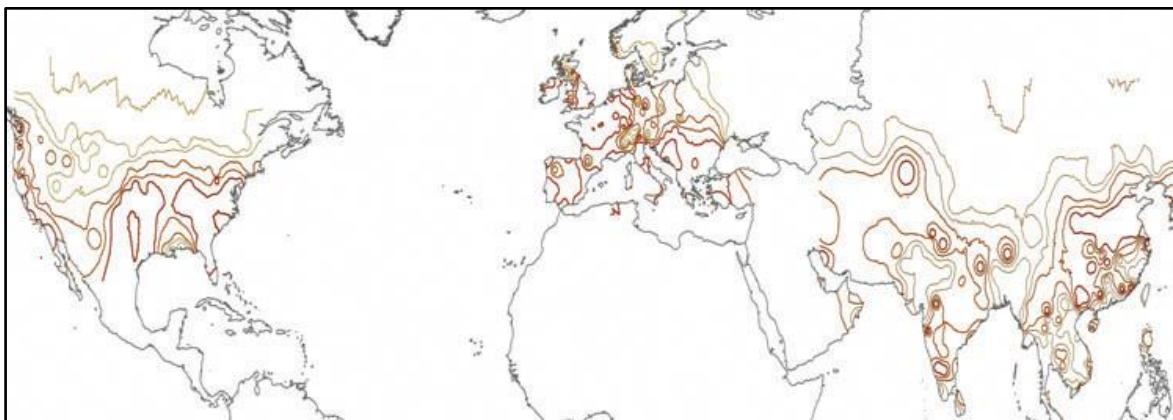


Figura 16. Distribución potencial de *Anoplophora glabripennis* de acuerdo con el modelo predictivo de la evaluación del riesgo de plagas desarrollado por MacLeod *et al.* (2002).

Los puntos de datos originales para América del Norte, Europa y Asia fueron tomadas de MacLeod *et al.* (2002). Estos puntos fueron georreferenciados en un mapa virtual y los valores originales de la evaluación del riesgo de plagas se atribuyeron a cada punto. El análisis de la trama se realizó utilizando herramientas en ESRI® ArcMap™ 9.2. Rojo, naranja, amarillo y las líneas indican las zonas con índices de riesgo de plagas de 75, 50 y 25, respectivamente (tomado de Hu *et al.*, 2009).

En otro estudio, de nichos ecológicos y posibles distribuciones geográficas en América del Norte, fueron modelados usando el algoritmo genético para la predicción de conjunto de reglas. La combinación de la idoneidad del hábitat con la simulación del brote de este modelo mostró que *Anoplophora glabripennis* tiene el potencial para invadir gran parte del este y áreas limitadas del oeste de América del Norte. Ambos modelos mostraron con claridad que *Anoplophora glabripennis* es capaz de invadir muchas áreas.

Con base en las tolerancias de temperatura, *Anoplophora glabripennis* pueden causar graves daños en las regiones con bosque con latitudes en el rango de 21-43° N. Sin embargo, el calentamiento global aún no se ha considerado al modelar la distribución potencial de *Anoplophora glabripennis*, aunque el cambio climático, sin duda, alteraría la distribución y el impacto de esta especie (Hu *et al.*, 2009).

A pesar de los aspectos vertidos, es escasa la información que de manera puntual se dispone los rangos de temperatura, precipitación y altitud que favorecen el establecimiento de *Anoplophora glabripennis*, por lo que se procedió a elaborar una intersección de información entre las áreas de clima templado y clima cálido húmedo obtenidas de la capa nacional digital de climas (Figura 17) y las capas de temperatura, precipitación y continuo de elevaciones generados como insumos para el modelado de riesgo de *Anoplophora glabripennis*, obteniéndose los rangos que se muestran en la Tabla 5.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

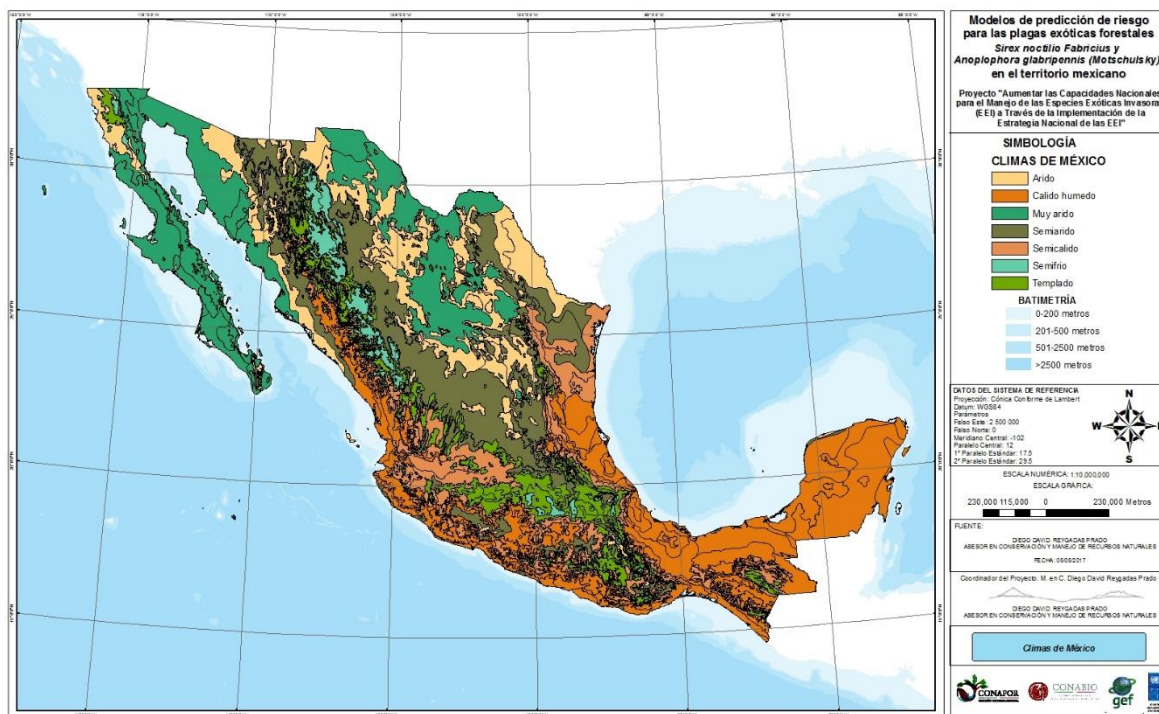


Figura 17. Climas de México. Fuente: Elaboración propia con base en cobertura digital obtenida en <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Tabla 5. Rangos de temperatura, precipitación y altitud para climas templados y cálidos húmedos de México

TEMPERATURA PROMEDIO(°C)	PRECIPITACIÓN (mm)	ALTITUD
11-36	203-4816	0-3852

Complementariamente se obtuvieron los rangos de temperatura, precipitación y altitud en los que se desarrollan las especies que se consideraron como hospederos a fin de contar con un conjunto de valores adicionales en los que por asociación de la plaga de *Anoplophora glabripennis* y dichos hospederos se prevé puedan ser condiciones propicias para el establecimiento de esta plaga, obteniéndose los rangos mostrados en la Tabla 6.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Tabla 6. Rangos de temperatura, precipitación y altitud para el conjunto de hospederos seleccionados.

TEMPERATURA PROMEDIO(°C)	PRECIPITACIÓN (mm)	ALTITUD
4-36	350-3800	600-3000

Los datos anteriores corroboran el amplio rango de posibilidades ambientales que, con base en los rangos de distribución de los hospederos, puede ser factible para el establecimiento de *Anoplophora glabripennis*, aspectos que tendrán un efecto evidente en el modelado del riesgo.

En México además de las condiciones climáticas favorables, también están presentes muchos de los hospedantes de *Anoplophora glabripennis*, por lo que, en caso de ser introducido a nuestro país, sería una plaga de importancia ya que como la mayoría de plagas exóticas no tendría enemigos naturales para su control.

Además de las condiciones ambientales a continuación se enuncian otras condiciones que favorecen el desarrollo de *Anoplophora glabripennis*:

- Preferencia por árboles de 7 cm de diámetro normal (DN) para oviposición.
- También ovipositan en ramas con diámetros superiores a 5 cm.
- La hora de mayor actividad en el día es 10 am a 6 pm.
- Su rango de vuelo es de 1,200 m hasta 1,400 m de distancia.
- La mayor actividad de vuelo está en el rango de los 10 °C a 32 °C, se vuelve irregular por debajo o por encima de este rango de temperatura.
- Con temperatura superior a los 29 °C, prefieren estar en las ramas en áreas sombreadas.
- Prefieren días soleados para volar, en días nublados suelen permanecer en las copas de los árboles.
- Los umbrales de temperatura son: para los machos superior a 39 °C e inferior a -3 °C; para las hembras superior a 38 °C e inferior a -2 °C.
- La temperatura óptima para la máxima fecundidad 23 °C y 24°C para las poblaciones.
- La oviposición se detiene a temperaturas ≤ 10 °C y ≥35°C.
- La temperatura a la que tiene una mayor longevidad es 18 °C.

Es importante señalar que Li y Wu (1993), citado por Lingafelter y Hoebeke (2002), establece que *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) tiene una preferencia sobre la exposición del fuste para llevar a cabo la oviposición, prefiriendo la exposición Este en un 46%. Sin embargo, estos mismos autores mencionan que en otro estudio, la exposición Oeste tenía una afectación superior al 40% mientras que la exposición Este era del 27%, en ambos estudios la exposición Norte es la que presentaba una menor afectación. En conclusión, los autores señalan que la temperatura, luz y viento, inciden en la selección del sitio de oviposición, así como la textura de la corteza.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

El arbolado con mayor posibilidad de ser atacado es aquel que está sujeto a estrés producto de incendios forestales, sequía prolongada o cualquier otro factor de disturbio que establezca el estrés de los hospederos.

4. VÍAS Y MEDIOS DE INTRODUCCIÓN DE *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky)

La mayor probabilidad de movilidad de esta plaga hasta nuevas áreas es por medio del comercio internacional de productos que utilicen embalajes de madera ya que, por lo general, se utilizan especies de baja calidad para fabricarlas y en las cuales pueden encontrarse al interior larvas de *Anoplophora glabripennis*. Por esta razón, se debe tener especial cuidado que el embalaje cumpla con los tratamientos para el control de cerambícidos.

En el comercio internacional, *Anoplophora glabripennis* es más probable que se mueva como huevos, larvas o pupas en el embalaje o material de relleno hecho de la madera de la especie hospedantes. Larvas y adultos individuales se han detectado en varios países europeos (Austria, Francia, Alemania, Suecia, Reino Unido), principalmente en embalaje de madera que acompañan los envíos de China (CABI, 2016).

La información sobre las importaciones de madera que se presentan a continuación permite entender la importancia de esta actividad económica en la probable introducción de *Anoplophora glabripennis* en territorio mexicano.

4.1. Datos sobre la importación a México de madera aserrada

A efecto de conocer el movimiento o intercambio comercial que la madera aserrada de ocote o pinabete, o abeto (oyamel) en tablas, tablones o vigas de importación, con fracción arancelaria 4407.10.01, ha presentado en el periodo comprendido del 2006 al 2015 se utilizó el Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI4) de la Secretaría de Economía, los resultados se presentan en la Tabla 7 y Figura 18.

Tabla 7. Importaciones totales del 2006 al 2015 por volumen expresado en m3 para la fracción arancelaria 4407.10.01

2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006
239,775	139,071	531,270	163,452	151,636	148,735	302,244	221,024	221,894	241,932
Total, global: 2'361,033 m3									

Fuente: Secretaría de Economía con base en SAT, SE, BANXICO, INEGI. Balanza Comercial de Mercancías de México 2003 - 2015. SNIEG.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"



Figura 18. Volúmenes totales de madera aserrada. Fracción arancelaria 4407.10.01

Como se puede apreciar en la Tabla 7 y la Figura 18, en los últimos 10 años y tomando como base el año 2006, las importaciones de madera aserrada han presentado altibajos, 2009 y 2013 son los años que presentan el mayor volumen de importaciones, el 2009 con un 25% superior y 2013 con un incremento del 120% respecto del año 2006. En cambio, los años 2010 y 2014 son los que presentan los menores volúmenes registrados con una disminución del 42.5% y 38.5% respectivamente en comparación con los datos de 2006, el año 2015 mostró una disminución del 0.89% respecto del 2006. Sin embargo, el año 2015 presentó un incremento del 72.4% comparado con 2014.

El volumen total importado en el periodo de 2006 a 2015 para cada uno de los tres países considerados como los mayores importadores de madera aserrada de ocote o pinabete, o abeto (oyamel) en tablas, tablones o vigas, se indica en la siguiente tabla:

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Tabla 8. Volumen de los tres países con mayores importaciones

País	Volumen (m3)
Estados Unidos	1'697,225
Canadá	447,528
Chile	121,935

Estados Unidos, Canadá y Chile en su conjunto engloban el 96% del total de las importaciones del periodo 2006-2015. El restante 4% corresponde a importaciones marginales de Brasil, Alemania, Honduras, y Corea, entre otros.

Es de destacar que durante el año 2015 se reportó proveniente de la República Federativa del Brasil un volumen de 88,259 m³ importados de madera aserrada, lo que representa el 36.8% del total de las importaciones para ese año, cifra superior a Canadá y Chile en un 364% y 397% respectivamente.

En relación a la contribución al mercado nacional, los Estados Unidos aportan al mercado el 71.9% del total de la madera aserrada de ocote o pinabete, o abeto (oyamel) en tablas, tablones o vigas importada, por su parte Canadá contribuye con el 18.9% y Chile con el 5.16% respecto del volumen total global para el periodo 2006-2015 (Figura 19).

Es importante mencionar que los datos que genera el SIAVI4 para esta fracción arancelaria no especifican el género o especie, ni la condición de la madera aserrada, es decir no se puede discernir si esta es seca en estufa, seca al aire o verde o bien, si presenta tratamientos necesarios para su conservación, tales como eliminación de la savia, carbonización superficial, revestimientos someros o impregnación con creosota u otros conservantes. En tanto que las estadísticas que maneja la SEMARNAT si incluyen esta información.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

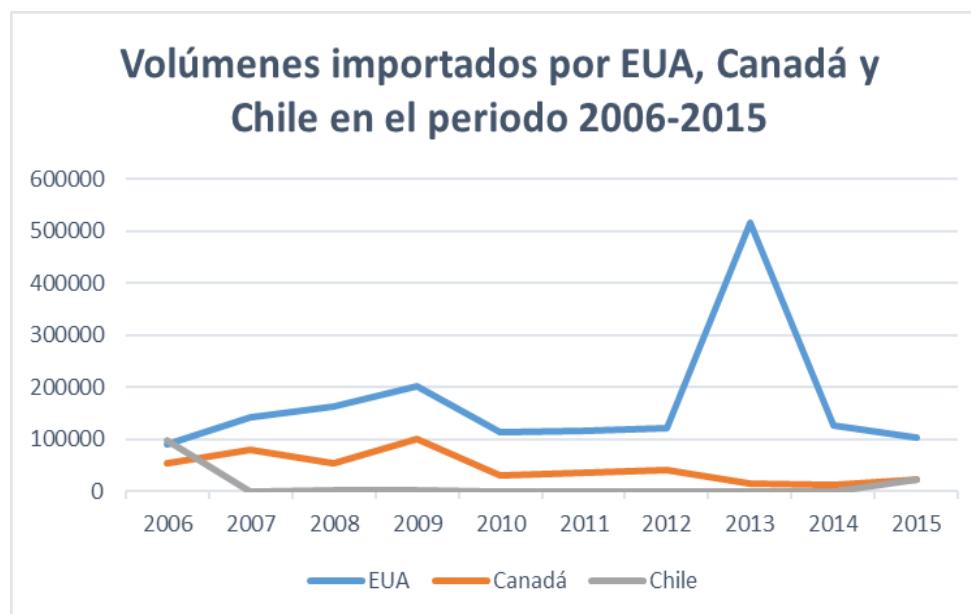


Figura 19. Volúmenes importados por EUA, Canadá y Chile. Fracción arancelaria 4407.10.01. Fuente: Secretaría de Economía con base en SAT, SE, BANXICO, INEGI. Balanza Comercial de Mercancías de México 2003 - 2015. SNIEG.

La importación de madera aserrada se concentra prácticamente en dos países, Estados Unidos y Canadá, ambos participan con el 91% del total global de las importaciones de este producto mismo que se utiliza principalmente para la producción de muebles y otros artículos similares. En el caso de la madera chilena y brasileña está tiene como principal mercado, aunque no único, la industria del embalaje de madera (tarimas, cajas, cajones, etc.) para la exportación de bienes y mercancías.

Con respecto al valor económico de las importaciones de madera aserrada de ocote o pinabete, o abeto (oyamel) en tablas, tablones o vigas en el periodo comprendido del 2006 a 2015, el SIAVI4 reporta un valor de \$241'144,431 dólares.

De acuerdo con datos del anuario forestal, en el 2014 se tuvo una producción de madera de 5.7 millones de m³ rollo, de los cuales 4 303 853 m³ (76%) corresponden a madera del género *Pinus* (Figura 20), con un valor de 6,039,744,021 pesos, siendo los estados de Durango y Chihuahua los mayores productores. Lo anterior, nos permite valorar el impacto que puede ocasionar la entrada establecimiento y dispersión de *Anoplophora glabripennis* en nuestro país, considerando que la producción de madera derivada del pino es la que más aporta al volumen total nacional, por ende, nuestra principal fuente de madera.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

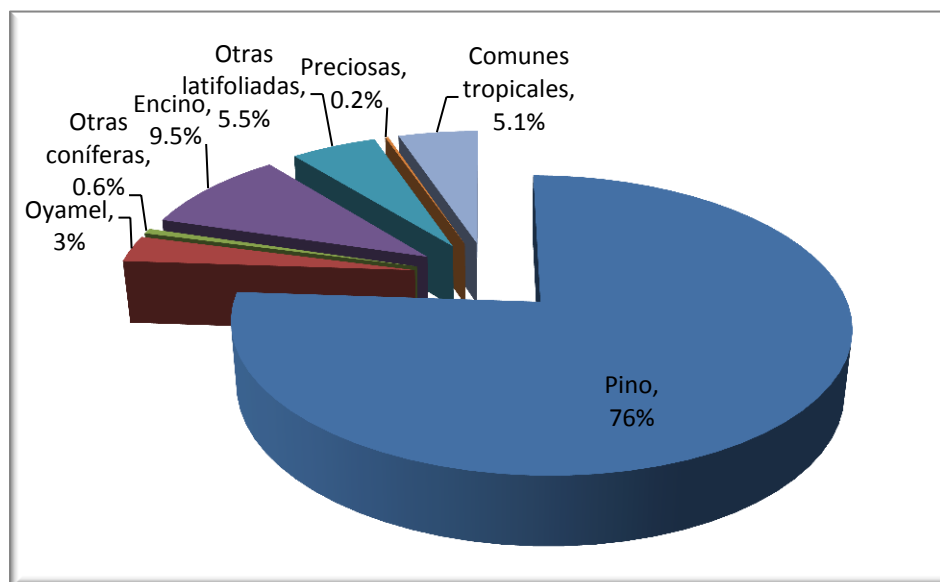


Figura 20. Porcentaje de participación en la producción nacional por grupo de especies. Fuente: Secretaría de Economía con base en SAT, SE, BANXICO, INEGI. Balanza Comercial de Mercancías de México 2003 - 2015. SNIEG

Complementariamente a la información presentada, y de acuerdo a los planteamientos establecidos se solicitó información en el Área de Inspección Ambiental de Puertos, Aeropuertos y Fronteras de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), obteniéndose información acerca de las importaciones de madera aserrada para el periodo 2010-2015 y parte de 2016, la cual fue procesada para obtener la información de madera aserrada no estufada mostrada en la Tabla 9.

Tabla 9. Volumen de madera aserrada no estufada (2010-2015) por inspectoría

INSPECTORÍA	VOLUMEN (M ³)
AEROPUERTO INTERNACIONAL GENERAL PEDRO JOSÉ MÉNDEZ, VICTORIA, TAMAULIPAS.	40.583
AGUA PRIETA, AGUA PRIETA, SONORA.	18,582.043
ALTAMIRA, ALTAMIRA, TAMAULIPAS.	196,432.869
CIUDAD ACUÑA, CIUDAD ACUÑA, COAHUILA.	851.269
CIUDAD HIDALGO, CIUDAD HIDALGO, CHIAPAS.	1,920.344
CIUDAD JUÁREZ, CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA.	1,867.176
CIUDAD MIGUEL ALEMÁN, CIUDAD MIGUEL ALEMÁN, TAMAULIPAS.	45.178
CIUDAD REYNOSA, CIUDAD REYNOSA, TAMAULIPAS.	55,508.739
COLOMBIA, COLOMBIA, NUEVO LEÓN.	2,910.769
ENSENADA, ENSENADA, BAJA CALIFORNIA.	3,570.346
ESTACIÓN SÁNCHEZ, NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS	47,209.531
GUADALAJARA, TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO.	3.29

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

INSPECTORÍA	VOLUMEN (M ³)
GUAYMAS, GUAYMAS, SONORA.	39.27
LÁZARO CÁRDENAS, LÁZARO CÁRDENAS, MICHOACÁN.	34,070.688
LOS ALGODONES, MEXICALI, BAJA CALIFORNIA.	47.123
MANZANILLO, MANZANILLO, COLIMA.	1'415,786.098
MATAMOROS, MATAMOROS, TAMAULIPAS.	26,402.573
MAZATLÁN, MAZATLÁN, SINALOA.	1'762,521.386
MEXICALI, MEXICALI, BAJA CALIFORNIA.	180,560.769
NOGALES, NOGALES, SONORA.	51,369.603
NUEVO LAREDO, NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.	74,269.253
OJINAGA, OJINAGA, CHIHUAHUA.	705.33
PIEDRAS NEGRAS, PIEDRAS NEGRAS, COAHUILA.	10,496.693
PROGRESO, PROGRESO, YUCATÁN.	32,594.454
PUENTE INTERNACIONAL ZARAGOZA-ISLETA, CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA.	8,050.365
PUERTO MORELOS, BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO.	875.832
SAN JERÓNIMO-SANTA TERESA, CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA.	41.622
SAN LUIS RIO COLORADO, SAN LUIS RIO COLORADO, SONORA.	1,392.685
SUBTENIENTE LÓPEZ, SUBTENIENTE LÓPEZ, QUINTANA. ROO.	232.848
TAMPICO, TAMPICO, TAMAULIPAS.	281,102.558
TECATE, TECATE, BAJA CALIFORNIA.	7,351.485
TIJUANA, TIJUANA, BAJA CALIFORNIA.	281,506.07
TUXPAN, TUXPAN DE RODRÍGUEZ CANO, VERACRUZ.	83,539.785
VERACRUZ, VERACRUZ, VERACRUZ.	92,505.309

Fuente: Elaboración propia con base en los datos proporcionados el Área de Inspección Ambiental de Puertos, Aeropuertos y Fronteras de la PROFEPA, 2016

Adicional a la información de madera aserrada se obtuvo y se procesó información sobre tarimas y embalajes que también proporcionó la PROFEPA para el mismo periodo de la madera aserrada y cuyos resultados se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Cantidad de tarimas y embalajes (2010-2015) por inspectoría

INSPECTORÍA	CANTIDAD (piezas)
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO,	920
AEROPUERTO INTERNACIONAL GENERAL ABELARDO L. RODRÍGUEZ, TIJUANA, BAJA CALIFORNIA.	1,331
AGUA PRIETA, AGUA PRIETA, SONORA.	1,797
ALTAMIRA, ALTAMIRA, TAMAULIPAS.	6,413
CIUDAD ACUÑA, CIUDAD ACUÑA, COAHUILA.	23,573
CIUDAD HIDALGO, CIUDAD HIDALGO, CHIAPAS.	322,705

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

INSPECTORÍA	CANTIDAD (piezas)
CIUDAD JUÁREZ, CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA.	5,626
CIUDAD REYNOSA, CIUDAD REYNOSA, TAMAULIPAS.	490,428
CIUDAD TALISMÁN, TUXTLA CHICO, CHIAPAS.	300
COLOMBIA, COLOMBIA, NUEVO LEÓN.	43,028
CHIHUAHUA, CHIHUAHUA, CHIHUAHUA.	2,305
ESTACIÓN SÁNCHEZ, NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS	60
GUADALAJARA, TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO.	593
GUANAJUATO, SILAO, GUANAJUATO.	7
IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE CONTENEDORES, CIUDAD DE MÉXICO, DISTRITO FEDERAL.	19
LAS FLORES, RIO BRAVO, TAMAULIPAS.	113
LÁZARO CÁRDENAS, LÁZARO CÁRDENAS, MICHOACÁN.	12,168
MANZANILLO, MANZANILLO, COLIMA.	2,385
MATAMOROS, MATAMOROS, TAMAULIPAS.	56,192
MEXICALI, MEXICALI, BAJA CALIFORNIA.	194,253
MÉXICO, DISTRITO FEDERAL.	269,236
NOGALES, NOGALES, SONORA.	305,000
NUEVO LAREDO, NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.	294,488
OJINAGA, OJINAGA, CHIHUAHUA.	6,252
PIEDRAS NEGRAS, PIEDRAS NEGRAS, COAHUILA.	326,272
PROGRESO, PROGRESO, YUCATÁN.	79,148
PUENTE INTERNACIONAL ZARAGOZA-ISLETA, CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA.	180,220
PUERTO PALOMAS, PUERTO PALOMAS, CHIHUAHUA.	871
SAN LUIS RIO COLORADO, SAN LUIS RIO COLORADO, SONORA.	91,693
SUBTENIENTE LÓPEZ, SUBTENIENTE LÓPEZ, QUINTANA. ROO.	5,230
TECATE, TECATE, BAJA CALIFORNIA.	48,179
TIJUANA, TIJUANA, BAJA CALIFORNIA.	480,184
VERACRUZ, VERACRUZ, VERACRUZ.	7,218

Fuente: Elaboración propia con base en los datos proporcionados el Área de Inspección Ambiental de Puertos, Aeropuertos y Fronteras de la PROFEPA, 2016

La información estadística obtenida se analizó para el periodo de 2010 a 2015, revisándose un total de 114,954 registros proporcionados por la PROFEPA de los cuales el volumen de la madera aserrada no estufada asciende a 4'674,404 piezas del cual el 88.0% se importó por las inspectorías de Mazatlán, Manzanillo, Tijuana, Tampico, Altamira y Mexicali. Las tarimas y embalajes no usados suman un total de 3'258,208 piezas de las cuales el 82.3% se importaron por las inspectorías de Reynosa, Tijuana, Piedras Negras, Ciudad Hidalgo, Nogales, Nuevo Laredo, Distrito Federal y Mexicali.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

De igual manera, se acudió a la Dirección de Salud Forestal y Conservación de Recursos Genéticos dependiente de la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos de la SEMARNAT, para solicitar información estadística de los últimos cinco años o más, acerca de la importación de productos de escuadría y otros productos de madera que se ingresaron al país, diferenciándolos en la medida de lo posible en productos secados al aire libre y estufados, así como las medidas preventivas a que fueron sujetos para su ingreso y movimiento al interior de México. Al respecto se obtuvo información sobre las detecciones de plagas que datan de 1994 al 2015, en las que se tiene asentado el año, número de registro, producto, aduana, origen, procedencia, orden, familia, subfamilia, género y especie. De esta información se constató que no hay registros de detecciones que precisen que *Anoplophora glabripennis* haya tenido presencia en México, no obstante, se tiene un registro para *Anoplophora chinensis* para el año 2005, encontrado en embalaje de madera introducido por la aduana de Manzanillo, cuyo origen fue China.

Aunado a la obtención de la información presentada se efectuaron dos visitas (Tijuana y Colima) a sitios donde el personal de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) está realizando monitoreo de insectos ambrosiales a fin de complementar la información de posible presencia de *Anoplophora glabripennis* en las que se pudo constatar que no se ha presentado esta plaga, tanto en las trampas para el monitoreo como en el arbolado circundante a las mismas. Durante estas visitas se dio a conocer al personal de la CONAFOR la importancia de esta plaga y la necesidad de incluir procedimientos para su detección por la posibilidad que tiene *Anoplophora glabripennis* de ingresar por las aduanas cercanas a los sitios visitados.

Debido a las cortas distancias de vuelo que presentan los adultos (rango de los 200 a los 1500 m.s.n.m. aproximadamente) durante su vida, la probabilidad de dispersión natural de *Anoplophora glabripennis* es muy baja, por lo que se requiere de la intervención del hombre para movilizar productos infestados entre diferentes países.

5. POTENCIAL PARA PRODUCIR DAÑOS ECONÓMICOS

En China se estiman daños por el escarabajo en alrededor del 40 % de las plantaciones de álamo, con una superficie aproximadamente 2.3 millones de hectáreas. En este país se tiene registradas 240 ciudades o condados con infestaciones que suman un total de 230 mil hectáreas. Se tiene un estimado de 50 millones de árboles talados durante un período de 3 años, sólo en la provincia de Ningxia, China por causa de *Anoplophora glabripennis*. Tomando como referencia la distribución de la severidad de daño causado por el escarabajo en los hospedantes, el registro de intensidades altas se encuentra entre los 21°-43° latitud norte y los 100°-120° longitud este (Lingafelter & Hoebeke, 2002).

Las industrias de la madera de construcción de madera de arce y jarabe de arce de azúcar también se ponen en riesgo, y la caída del turismo asociados con los famosos colores de Nueva Inglaterra.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Respecto a la producción de jarabe de arce, solo la región norte de Estados Unidos produce 3.1 millones de galones con un costo de 131.0 millones de dólares, los efectos económicos serían considerables (USDA, 2015).

La pérdida de árboles también puede disminuir el valor de la propiedad, causar daño estético y disminuir los beneficios ambientales tales como la limpieza del aire, calidad y cantidad de agua, así como la pérdida de sombra que permite la conservación de energía en el uso de aires acondicionados, pérdidas que son difíciles de cuantificar (USDA, 2015).

Si el escarabajo se extiende fuera de su actual entorno urbano a los bosques naturales, tiene el potencial de alterar gravemente la diversidad ecológica de los bosques en América del Norte, con impactos adicionales sobre los humedales. El impacto potencial de esta especie sobre los bosques es la pérdida de \$ 112 billones de dólares (USDA, 2015).

Un impacto adicional del escarabajo asiático de cuernos largos en los Estados Unidos es el costo de las medidas de erradicación. "En conjunto, de 1997 a 2006, el APHIS y los estados de Nueva York, Illinois y Nueva Jersey, así como los gobiernos locales, han gastado más de \$ 800 millones en medidas de erradicación" (GISD, 2016).

Si *Anoplophora glabripennis* en algún momento fuese introducida a territorio mexicano, las principales áreas afectadas serían las urbanas, en virtud de que la mayor concentración de especies hospedantes se encuentra en las grandes urbes.

Acorde a las revisiones realizadas a continuación se indican opciones de prevención y control para *Anoplophora glabripennis* que servirán de guía en caso de su introducción y dispersión en territorio mexicano.

5.1. Opciones de prevención

De acuerdo con el listado de Insectos y arácnidos exóticos de alto riesgo para México, publicado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2016), el estatus de *Anoplophora glabripennis* hasta el momento es ausente por lo que las acciones de prevención son de vital importancia. A continuación, se indican las que se consideran relevantes.

1. Monitoreo por parte de personal de PROFEPA en los lugares (puertos, aeropuertos y aduanas) donde se reciba mercancía proveniente de países con presencia de *Anoplophora glabripennis*.
2. Debido a que la principal fuente de ingreso de la plaga es por medio de embalaje de madera se debe tener muy en cuenta la correcta aplicación de los procedimientos marcados en la NORMA Oficial Mexicana NOM-144-SEMARNAT-2004, que establece las medidas fitosanitarias reconocidas internacionalmente para el embalaje de madera, que se utiliza en el comercio internacional de bienes y mercancías.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

3. De igual forma se debe exigir el cumplimiento de la Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias NIMF No. 15 que establece las directrices para reglamentar el embalaje de madera utilizado en el comercio internacional.
4. Incluir a *Anoplophora glabripennis* en la Norma Oficial Mexicana NOM-007-FITO-1995, en la que se establecen los requisitos fitosanitarios y especificaciones para la importación de material vegetal propagativo, ya que ésta solo contempla a *Anoplophora chinensis*.
5. En caso de detectarse la presencia de la plaga en alguna zona de nuestro país se deberá establecerá un área de protección de un radio mínimo de 2 km basado en la distancia de vuelo de los adultos.

5.2. Opciones de control

5.2.1. Control químico

El USDA recomienda piretroides como la cialotrina, ciflutrina, bifentrina y deltametrina para el control de *Anoplophora glabripennis* (SAGARPA-SENASICA, 2011).

5.2.2. Control Biológico

Brabbs *et al.* (2014), discuten el potencial de este método de control, basados en una revisión de literatura concluyendo que el entomopatógeno *Beauveria brongniartii*, los nematodos *Steinernema feltiae* y *Steinernema carpocapsae* y los pájaros carpinteros *Dendrocopos major* y *Picus canus* son algunas de las alternativas que pueden funcionar como control biológico en Europa.

6. METODOLOGÍA PARA DEFINIR LOS FACTORES QUE GENERAN RIESGO, VULNERABILIDAD Y SUSCEPTIBILIDAD DE LOS HOSPEDEROS

Para definir los factores de riesgo se realizaron búsquedas bibliográficas sobre las condiciones en que se desarrollan los hospederos, las condiciones de hospederos que han sido afectados por *Anoplophora glabripennis*, además de entrevistas con especialistas en plagas y enfermedades forestales de la Red de Salud Forestal de México, Universidad Autónoma Chapingo, Colegio de Posgraduados, Dirección de Salud Forestal y Conservación de Recursos Genéticos de la SEMARNAT, así como con personal especializado del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Gobierno Chileno. Producto de este seguimiento metodológico se definieron como los factores centrales que generan riesgo los siguientes:

Factores ambientales en los que se desarrollan los hospederos

Rangos normales de altitud, temperatura, precipitación y textura de suelos en los que se desarrollan los hospederos, así como atípicos (estrés hídrico provocado por sequías estivales o por sequías prolongadas)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Factores silvícolas

Falta o ausencia de manejo forestal, en particular el manejo de la densidad que propicia arbolado suprimido, diámetros y edades del arbolado preferidos para el ataque de *Anoplophora glabripennis*, arbolado afectado por incendios o sin control de algún agente de daño.

Factores culturales

Poca cultura de prevención traducida en esquemas de monitoreo poco robustos, falta de capacitación, información insuficiente y no disponible para la toma de decisiones oportuna y en general poco interés en tema de salud forestal a nivel federal y estatal.

Respecto a la vulnerabilidad y susceptibilidad, se retoman los aspectos indicados por Krist *et al.* (2007), y Reygadas (2012), los cuales definen la vulnerabilidad como el porcentaje de los individuos con presencia de la plaga que no sobreviven al ataque, en tanto que la susceptibilidad se refiere al porcentaje de individuos de un sitio que son atacados al presentarse la plaga. Estos dos conceptos forman parte esencial del establecimiento de los niveles de riesgo mediante el empleo del modelo multicriterio Krist *et al.* (2007), ya que su ponderación está directamente ligada a los factores ambientales de requieren los hospederos y a la tentativa respuesta de éstos al ataque de *Anoplophora glabripennis*.

A continuación, se presentan la descripción de las características de los hospederos propuestos, incluyendo los requerimientos ambientales de los mismos.

6.1. *Acer grandidentatum* Nutt.

El *Acer grandidentatum* conocido como arce de diente grande, arce de azúcar de las Montañas Rocosas, arce de cañón, es un árbol nativo de Norteamérica alcanza 15 metros en altura, formando un amplio dosel, presenta corteza café grisácea que puede ser suave o escamosa. Las hojas son lobuladas con un diámetro de 6 a 13 cm., color verde oscuro en el haz y envés pálido, notables por su brillantez en otoño, cuando cambian a tonos rojos, naranjas y amarillos antes de caer. Presentan flores amarillas pequeñas pubescentes (Gilman & Watson, 1993).

Presenta una altura de 12 a 15 m. y una forma de la copa redonda, su follaje presenta un tipo de hoja simple, margen foliar lobulado-dentado, forma de la hoja de estrella, venación de la hoja palmada y tipo de hoja y persistencia deciduo, la longitud de hoja es de 10 a 20 cm (Gilman & Watson, 1993).

Las flores son de color amarillo, son inconspicuas y no llamativas, florece en primavera, los frutos son de forma alargada, con una longitud de 1.27 cm a 2.54 cm, su cubierta es seca o dura y su color es verde, es atractivo para las aves. El tronco y las ramas tienden a inclinarse cuando el árbol crece y requiere poda para el paso de vehículos o peatones y para desarrollar una fuerte

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

estructura. Las ramas son resistentes a fracturas y para su cultivo requiere lugares a media sombra y también en áreas descubiertas. Es tolerante a suelos arcillosos, arenosos, ácidos y alcalinos bien drenados, tolera moderadamente la sequía. No presenta problemas de raíces superficiales y es tolerante al ozono (Gilman & Watson, 1993).

Esta especie puede ser un buen candidato para plantar a lo largo de calles en áreas con suficiente espacio para que se extiendan las raíces, crece en áreas expuestas al sol o sombra parcial y a menudo se encuentra en su hábitat natural en suelos húmedos y bien drenados. Las plantas silvestres en áreas abiertas resisten largos periodos de sequía. No se presentan plagas y enfermedades de cuidado para esta especie (Gilman & Dennis, 1993).

6.2. *Salix bonplandiana* H.B.K.

Salix bonplandiana conocido como ahuejote es un árbol de 6 a 10 m de altura, con un diámetro normal de hasta 80 cm. Presenta hojas simples, alternas, linear-lanceoladas a oblongas, glabras, de 6 a 15 cm de largo por 1 a 3 cm de ancho, margen finamente serrulado; verdes en el haz, glaucas en el envés. Ramas abundantes, delgadas, ascendentes y glabras. Corteza café oscuro a negruzco, rugosa, fisurada en bordes escamosos, aplanados, irregulares (CONABIO, s/f).

Planta originaria de México, ampliamente distribuida desde el suroeste de los estados Unidos (California, Utah, Arizona), llegando hasta Guatemala a través de casi todo el territorio mexicano (CONAFOR-SEMARNAT, s/f).

Son árboles típicos del paisaje lacustre de la Ciudad de México. Se distribuye en Sonora, Chihuahua y de Coahuila a Oaxaca. Con rangos de altitud de 1200 a 2500 m.s.n.m. (CONABIO, s/f).

Sus ramillas son utilizadas en cestería, la madera se emplea para construir graneros eficaces contra plagas, para mojoneras naturales y sujetadores de borde y las hojas como forraje (CONABIO, s/f).

Le favorecen los suelos ácidos y húmedos como regosol eútrico, litosol así como suelos someros y pedregosos.

Los insectos más perjudiciales para el ahuejote son los chupadores, ya que dañan hojas y tallos tiernos. Lo atacan con frecuencia el gusano de bolsa *Malacosoma incurvum* (Lepidóptera), el gusano medidor *Hylaea punctillaria*, el pulgón gigante *Tuberolachnus salignus* y la palomilla *Paranthrene dollii*.

6.3. *Salix babylonica* L.

De nombre común “Sauce llorón” y “sauce”, el árbol de *Salix babylonica* tiene una altura de 10 a 20 m y un diámetro a la altura de pecho de entre 60 y 80 cm. Perennifolio o caducifolio según la

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

disponibilidad de agua que tenga en el suelo durante la época de sequía. Es originario de China y se cultiva en algunas regiones de México (Niembro, 1990).

Presenta tronco surcado, generalmente dividido cerca del suelo. Ramas pendulares, corteza gris-negra, hojas lanceoladas a lanceoladas lineales, de 9-16 cm de largo, de 0.5-1.5 cm de ancho, márgenes finamente serrados, ligeramente brillantes, verde oscuro arriba, gris-verde con venación claramente reticulada debajo (Niembro, 1990).

El principal uso que se le da es como planta de sombra y ornato en parques y jardines por la belleza de su follaje (Niembro, 1990).

Si bien su crecimiento es rápido, no vive más de 60 años y crece de manera silvestre y sin cuidados especiales en la región de Soconusco, zona costera del estado de Chiapas, México. Es un árbol usado por los nativos de esta zona para postes para cercas, leña y sombra. Tiene un importante valor desde el punto de vista ecológico ya que evita la erosión del suelo en riberas de ríos, con lo que protege la flora de la zona y fortalece los cauces ante posibles desbordamientos. Una plaga importante es *Corythucha salicata*.

6.4. *Ulmus mexicana* (Liebm.)

Especie que se conoce con los nombres comunes de zempoaléhuatl, cuerillo, cuero, ilite, papalote y olmo (Especies forestales de uso tradicional en el Estado de Veracruz, s/f).

Árbol caducifolio con alturas de 25 a 40 m, con diámetros de 100 a 250 cm. La copa es umbelada, el follaje verde brillante y abierto con ramas oblicuamente extendidas; fuste recto, cilíndrico. La corteza es de color pardo grisácea a grisácea oscura, áspera, fisura longitudinalmente. Las hojas son simples, alternadas, verde amarillentas de 12 a 18 cm de largo y de 4 a 6 cm de ancho (CATIE, s/f).

Se distribuye naturalmente desde las tierras altas de México hasta Costa Rica y Panamá. Su distribución altitudinal varía de 900 a 2200 msnm, con precipitaciones de 1900 a 3800 mm y temperaturas de 16 a 20 °C. Crece en suelos de origen volcánico, calizo o metamórfico, con pendientes de 15 a 60 % bien drenados y pedregosos. Es una especie emergente, heliófita que llega a alcanzar el dosel, típica de bosques secundarios (CATIE, s/f).

Considerado un árbol maderero, la madera es dura y pesada (gravedad específica de 0.55). La albura y el duramen están claramente definidos y después del secado, los anillos de crecimientos son visibles. La madera es difícil de secar, se retuerce y colapsa durante el proceso. Es fácil de trabajar y preservar, y tiene una excelente durabilidad natural. El contenido de sílice de la madera es de 0.35 y puede dañar las herramientas. La madera se usa para implementos agrícolas, pisos, durmientes en líneas de ferrocarril, muelles, gabinetes, decoración de interiores, muebles, mango

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

de herramientas, madera y carbón. El ganado se alimenta de las ramas y el follaje (Niembro, 1990).

6.5. *Populus tremuloides* Michx.

Especie arbórea conocida con los nombres de álamo, alamillo, usaroko, wisaroki y álamo temblón. Árbol caducifolio de 5–15 m de alto, de copa redondeada, el tronco recto, de 10-20 cm de diámetro a la altura de pecho; corteza casi lisa, gris claro a blanquecina, ramas rectas, copa redondeada, hojas con haz más brillante que el envés, glabra, trinervada en la base o un poco más arriba; flores masculinas cortamente pediceladas; flores femeninas con el disco ligeramente crenado; semilla obovoide, de color café-amarillento, de ± 1 mm de largo (Eleazar Carranza, 1995; Martínez & González, 2002).

Esta especie es nativa de Norteamérica y se distribuye desde las partes Norte de Estados Unidos y Canadá con excepción de áreas con nieve permanente o temporadas con temperaturas prolongadas por debajo de los cero grados (permafrost) hasta latitudes tan al sur como Guanajuato, México. En el oeste de Estados Unidos, este árbol raramente sobrevive a altitudes inferiores a 350 m.s.n.m. Generalmente se le encuentra en el rango de los 1250 hasta los 3000 m.s.n.m. (Naturalista 2017).

Es un árbol mediano, usualmente de 20 25 m en etapa adulta, con un tronco de 20 a 80 cm de diámetro normal, teniéndose registros máximos de 37 m de altura y 1.4 m de diámetro normal. Las hojas de los adultos son cercanamente redondeadas de 4 a 8 cm de diámetro con pequeñas escotaduras redondeadas, peciolo achatado. Los árboles jóvenes los tienen mucho más largas, de 10 a 12 cm, de forma más pareciendo a hojas triangulares (CONABIO, s/f).

Es un árbol dioico con las flores masculinas y femeninas en diferentes árboles. El fruto son cápsulas de 10 cm de longitud, pendulares con un pedúnculo de 6 mm, cada cápsula contiene cerca de diez diminutas semillas embebidas en pelusa algodonosa, ayudando a la dispersión eólica luego de madurar a principios del verano (CONABIO, s/f).

Se propaga tanto por semillas como brotes de raíces, y el uso extensivo de colonias clonales es común. Los tonos del verano usualmente oscilan en los amarillentos brillantes; en algunas áreas, los rojizos fuertes se ven ocasionalmente (CONABIO, s/f).

Es un árbol muy apreciado por su rápido crecimiento y porte atractivo que se ha utilizado como ornamental en parques y jardines. Su madera se ha utilizado para la elaboración de papel. La corteza se emplea en la medicina tradicional (Martínez & González, 2002).

Las hojas del álamo temblón son alimento preferido de varias especies de lepidópteros.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

6.6. *Populus alba* L.

Conocido como álamo blanco o álamo plateado, el *Populus alba* es un árbol de hasta 12 m alto, dioicos, de corteza lisa y color gris. Hojas con haz glabrescente, pubescente sólo en la base de las nervaduras, envés blanquecino (Ayala & Solano, 2011).

Esta especie es originaria de Europa, Asia y Norte de África y se encuentra ampliamente distribuida y cultivada en el continente americano. En México *Populus alba* es común en parques y vías públicas como planta ornamental. Crece en bosque de galería, en una elevación de 2150 m.s.n.m. (Ayala & Solano, 2011).

Crece en suelos rico, pero no tiene grandes requerimientos en cuanto al tipo de suelo, pudiendo vivir en suelos pobres calcáreos y húmedos en las proximidades de los ríos. Además, son capaces de crecer en un suelo arenoso costero soportando eventuales encharcamientos por agua de mar en su sistema radicular (Ayala & Solano, 2011; CONABIO, s/f).

Soporta bien el frío y los calores excesivos con tal de tener aprovisionamiento de agua y posee un crecimiento rápido.

6.7. *Platanus mexicana* Moric

Platanus mexicana conocido como guayabillo, haya, acuáhuatl, chicolcohuite es una especie nativa del este y sureste de Norteamérica, de 15 a 25 m de altura con diámetro a la altura de pecho de 80 a 100 cm (SEMARNAT-CONAFOR-SNIF s/f).

Hojas peltadas de 9 a 20 cm de largo, 8 a 20 cm de ancho, haz y envés tomentoso. Pierde sus hojas de diciembre a febrero. Sombra medianamente densa, en otoño las hojas toman un color amarillo y anaranjado. Tiene tronco con ramificación irregular. Ramas jóvenes densamente cubiertas por tricomas lanosos distribuidos en pequeñas agrupaciones (flocosas). Corteza externa con exfoliación en placas formando áreas blancas. Inflorescencias en forma de cabezuelas generalmente unisexuales, masculinas flexuosas, de 3 a 7 cm de largo, femeninas apicales, 12 a 30 cm de largo con 2 a 5 hojas por inflorescencia. Frutos de 5 mm de largo, con el estilo persistente, lineares, pero agrandados y tomentosos o glabrescentes en el ápice, florece de diciembre a febrero (SEMARNAT-CONAFOR-SNIF s/f).

Se presenta en Tamaulipas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Puebla, Nuevo León, Oaxaca, Veracruz y Chiapas, en una altitud entre 160 a 1,800 m.s.n.m., se encuentra en cañadas, a lo largo de arroyos y ríos, en zonas de cultivo de café, en suelos tipo andosol húmico, arcilloso-arenoso, sobre roca sedimentaria (SEMARNAT-CONAFOR-SNIF s/f).

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

La vegetación asociada a esta especie es *Taxodium mucronatum*, *Liquidambar styraciflua*, *Crataegus* sp., *Carpinus* sp., *Juniperus* sp., *Populus* sp., *Quercus* sp., *Salix* sp., se desarrolla en zonas de trópico subhúmedo y zonas acuática y subacuática.

Es una especie de rápido crecimiento, llega a vivir hasta 60 años, tiene potencial para reforestación en zonas degradadas de selva. Su principal uso es como planta de ornato en calles, parques y jardines por la belleza de su follaje y por su corteza atractiva. Es tolerante a la contaminación ambiental e intolerante a la sombra (CONABIO-CONAFOR, s/f).

6.8. *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Ligelsch

Fraxinus uhdei recibe los nombres de fresno blanco, fresno y madre de agua, es un árbol nativo de México, de rápido y vigoroso crecimiento de 15 a 20 m de altura y con un diámetro normal de hasta 1 m. Sus hojas son perennifolias o caducifolias. Pierde el follaje durante un período corto en la época seca, florece de marzo a mayo, durante la temporada seca, fructifica de julio a septiembre (CONABIO-CONAFOR, s/f).

Es una especie dioica y presenta copa compacta y redondeada hacia la punta, su sombra es densa. Hojas pinnadas compuestas, opuestas, de 20 a 30 cm de longitud, 5 a 9 folíolos, generalmente 7, ovado-lanceoladas, margen entero o crenulado serrado hacia el tope. En el otoño las hojas adquieren una tonalidad rojo-púrpura, rosada o amarillenta. Tronco recto con ramas ascendentes. La corteza externa es de color gris claro a café oscura, agrietada con placas cuadrangulares. Las flores unisexuales, en panículas estaminadas y pistiladas, racimos estaminados cortos y densos, racimos pistilados de 5 cm de largo; flores diminutas verde a rojas, sin pétalos, cáliz campanulado. El fruto elongado alado (sámara) con una sola semilla creciendo en racimos densos de 15 a 20 cm de largo. El cuerpo de la semilla es rollizo de 2.5 a 6 cm de largo por 0.6 cm de ancho, presenta un ala oblonga a espatulada, delgada, lisa, aplanada, de color amarilla a café. Tiene una mayor tendencia hacia el desarrollo de raíces profundas (CONAFOR-SNIF-SEMARNAT, s/f).

Se encuentra en Colima, Chiapas, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Veracruz, asociado a bosque de encino, bosque de pino, bosque mesófilo de montaña y bosque de galería (CONABIO-CONAFOR, s/f).

Se desarrolla a una altitud entre los 600 a los 2600 m.s.n.m., crece en suelos Alfisoles, Ultisoles y Entisoles (Clasificación FAO), requiere suelos profundos, de textura arcillosa, arenosa, limosos. Crece en suelos moderadamente pedregosos, requiere suelos húmedos, suelos ácidos o ligeramente alcalinos, con una cantidad de materia orgánica de moderada a rica. Se desarrolla mejor en suelos urbanos con textura gruesa. Requiere de suelos frescos y de origen calcáreos. (CONABIO-CONAFOR, s/f).

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Se desarrolla en un rango de temperatura de 12 a 25 °C, requiere una precipitación de 800 mm a 1000 mm. Le favorecen los climas templados y es susceptible a heladas en los primeros años de vida. Se considera como indicadora de ozono. Requiere una exposición soleada. No tolera sales, ni resiste la sequía (CONABIO-CONAFOR, s/f).

En plantaciones de alineación guardar una distancia de 10 m entre los árboles y en aceras no menores de 8 m de ancho y una superficie mínima por árbol de 6 m², de lo contrario levanta banquetas, muros, ductos y drenaje. Necesidad moderada de riego y no requiere fertilización. Las semillas se cubren con 6 a 8 mm de suelo y se recomienda sombrear las camas después de la germinación (CONAFOR-SNIF-SEMARNAT, s/f).

La madera se utiliza para elaborar artesanías, juguetes, instrumentos musicales, implementos agrícolas, mangos para herramientas, muebles finos, artículos deportivos y torneados y decoración de interiores. La madera está aprobada para su posible utilización en zapata para el sistema de frenos del Sistema de Transporte Colectivo Metro (CONABIO-CONAFOR, s/f).

Esta especie es resistente al fuego y al daño por termitas, además es tolerante a la sombra y a inundaciones temporales. (CONAFOR-SNIF-SEMARNAT, s/f).

6.9. *Melia azedarach* L.

Melia azedarach llamada comúnmente paraíso, piocha, lila y canelo, es una especie nativa del sur y del este de Asia, se encuentra cultivada en algunas regiones tropicales y subtropicales de México. Es un árbol de 18 m de altura, pero comúnmente alrededor de 10 m y su tronco alcanza hasta de 40 cm de diámetro a la altura de pecho. Es subcaducifolio, florece durante la mayor parte del año, la fructificación se puede registrar durante todo el año. Se ha plantado en Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí, Veracruz, Oaxaca, tabasco, Michoacán y Yucatán (CONABIO-CONAFOR, s/f).

Las partes jóvenes de los árboles presentan pelos simples y ramificados, las hojas son alternas y muy grandes, de hasta 50 cm de largo y hasta 25 cm de ancho. Cada hoja parece una rama, ya que se trata de hojas compuestas por numerosas hojillas (foliolos) dispuestas sobre las ramificaciones que parten de un eje principal (raquis) en cuyo ápice se encuentra un foliolo. Las hojillas (foliolos) son ovadas, de hasta 8 cm de largo, puntiagudas, con la base variable, margen aserrado o lobado. El árbol queda sin hojas por alguna temporada en el año. Las inflorescencias generalmente más cortas que las hojas. El cáliz de 5 (raramente 6) sépalos cortos, cubiertos de pelillos; la corola de 5 (raramente 6) pétalos muy largos y angostos, de color blanquecino o rosado a violeta, a veces con pelillos en su cara externa; los estambres se encuentran unidos formando un tubo de color morado, largo, acostillado, que termina en apéndices largos y delgados con el ápice dividido, las 10 a 12 anteras se encuentran en la parte interior del tubo cerca de su ápice; estilo 1, con 5 lóbulos

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

en el ápice. Los frutos en racimos colgantes, vistosos. Cada fruto globoso, amarillo (negro al secar) carnosos, con un “hueso” en el centro que encierra a las semillas (CONABIO, s/f).

Se encuentra en una altitud entre 600 a 2200 m.s.n.m., en suelos Podzoles, Acrisol (Clasificación FAO), de someros con profundidad menor a 50 cm, a profundos mayor a 90 cm, de textura arcillosa, ligeramente arenosa y franca, con buen drenaje y con pH ácido, alcalino y neutro, ricos en materia orgánica. Puede establecerse en lugares con temperaturas entre 13 y hasta 30.1 °C. Los árboles jóvenes son susceptibles a las heladas, pero los árboles maduros pueden soportarlas. Respecto a la precipitación se desarrolla entre 600 a 3000 mm, también es tolerante a las sequías (CONABIO-CONAFOR, s/f).

Es utilizada como planta de sombra y ornato en parques y jardines por la belleza de sus flores de color malva y por sus frutos amarillos muy decorativos. La madera se usa localmente para leña, mangos para herramientas e implementos agrícolas, muebles y gabinetes, instrumentos musicales, artículos torneados, ebanistería, juguetes y fabricación de papel para imprenta y la fabricación de tableros de fibra. Los frutos, flores, hojas, y corteza poseen propiedades insecticidas por la presencia de dos alcaloides, paraisina y azadiractina; productos que se han estado utilizando para el control de plagas en los granos almacenados (CONABIO-CONAFOR, s/f).

6.10. *Alnus acuminata* H.B.K.

Alnus acuminata llamado aile, abedul, olmo del país, palo de águila, yaga-bizie, palo de lama, aliso, labrán, cerezo, es un árbol nativo de México, aunque numerosas especies de *Alnus* se localizan en Norte América, Centro América y en algunas regiones de Argentina (CONABIO-CONAFOR, s/f).

Árbol o arbusto caducifolio, de 10 a 25 m de altura, con un diámetro a la altura de pecho de 35 a 40 cm. Presenta tronco cilíndrico a ligeramente ovalado, frecuentemente con ramificaciones. En campo abierto desarrolla ramas gruesas desde la base mientras que en bosque denso alcanza una mayor proporción de tronco libre de ramas y nudos por una poda natural. Tiene corteza lisa o ligeramente rugosa, escamosa en individuos viejos, con frecuencia marcada con arrugas transversales o constricciones circundantes (CONAFOR-SNIF-SEMARNAT, s/f).

Las inflorescencias masculinas en amentos de 5 a 10 cm de largo, generalmente en agrupaciones de 3; Inflorescencias femeninas 3 a 4 en racimos, de 3 a 8 mm de largo en antesis; conos de 11 a 28 mm de largo y de 8 a 12 mm de diámetro. Florece de febrero a abril. Su fruto es elíptico a obovado, papiráceo coriáceo, con el margen alado y estilo persistente. Las alas angostas de 2 a 2.3 mm de largo y 0.2 a 1 mm de ancho, el cuerpo de 1.5 a 3 mm de largo y 1.5 a 1.8 mm de ancho. Raíz. Sistema radical poco profundo, amplio y extendido. Fructifica de junio a diciembre (CONAFOR-SNIF-SEMARNAT, s/f).

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

El género *Alnus* se puede encontrar en laderas montañosas muy inclinadas con condiciones secas. Prospera en las riberas de los ríos y en pendientes húmedas. Se desarrolla en áreas con neblina frecuente. Su rango de temperatura va de 4 a 27°C y puede soportar temperaturas que bajan temporalmente a 0 °C. Precipitación de 1000 a 2000 mm. Crece en suelos limoso o limo-arenoso de origen aluvial o volcánico, profundos y bien drenados, de tipo cambisol vértico y eútrico (CONAFOR-SNIF-SEMARNAT, s/f).

Se distribuye en los estados de Sonora, Durango, Sinaloa, Jalisco, Hidalgo, San Luis Potosí, Veracruz y Ciudad de México (CONABIO-CONAFOR, s/f).

Se considera una especie importante para la restauración de suelos degradados, tiene la propiedad de mejorar la fertilidad del suelo debido a que sus raíces fijan el nitrógeno atmosférico. La plantación de *Alnus* asociada con maíz y frijol puede representar una opción rentable para el productor. De la misma forma cuando se asocia con pastos se ha encontrado que el pasto crece mejor bajo árboles de *Alnus* (CONABIO-CONAFOR, s/f).

En rotaciones de 20 años, la producción o rendimiento anual de madera para leña y uso industrial en sitios adecuados es de 10 a 15 m³/ha. (CONAFOR-SNIF-SEMARNAT, s/f).

Las características físicas de la madera de árboles adultos permiten su fácil manejo. Se reporta que es usada en la fabricación de cajas para el transporte de hortalizas, hormas para zapatos, palillos de fósforos, en carpintería, ebanistería y muebles de corte recto, así como para leña, carbón, aserrío y pulpa para papel. La corteza es astringente y rica en taninos por lo que en México se usa como curtiente además la infusión que se obtiene de la corteza se utiliza en medicina casera en enfermedades cutáneas y venéreas, además, las hojas son usadas como cataplasmas para heridas de piel, y los extractos del fruto para inflamación de garganta. En su medio natural proporciona hábitat y alimento a la fauna silvestre (CONABIO-CONAFOR, s/f).

6.11. *Quercus rugosa* Née.

El encino de asta, encino blanco, encino cuero, tulán o roble, es como se conoce comúnmente a *Quercus rugosa*, es un árbol perennifolio o caducifolio, de 10 a 20 m de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 30 a 50 cm. Copa amplia y redondeada que proporciona una sombra densa, las hojas son ovada a elíptico-obovada o casi suborbicular, de 8 a 20 cm de largo, por 3 a 8 cm de ancho, al madurar suavemente engrosadas y rígidas, notablemente cóncavas por el envés, muy rugosas; haz lustroso y glabro, envés de color ámbar o rojizo (CONABIO-CONAFOR, s/f).

Prospera en laderas de cerros, barrancas y cañadas húmedas, en terrenos planos y en lugares secos o muy húmedos. En el pedregal ocupa áreas que forman ligeras depresiones o porciones más o menos horizontales. Se desarrolla en climas templados fríos y semifríos con temperatura media anual de 12 a 13 °C y una precipitación de 1540 a 1619 mm (CONABIO-CONAFOR, s/f).

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Se le encuentra en suelos someros o profundos, en pocas ocasiones rocosos y pedregosos. Suelos rojizo-arenoso, blanco calizo, somero pardo y profundo, roca basáltica, migajón arenoso, rocas volcánicas, delgados, ácidos, secos o húmedos (CONABIO-CONAFOR, s/f).

Está ampliamente distribuido en las regiones montañosas de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Veracruz a Chiapas, pero es particularmente abundante en el centro del país, donde forma extensos bosques. Se distribuye en un rango altitudinal entre los 1100 y a 2800 m.s.n.m. (CONABIO-CONAFOR, s/f).

Esta especie tiene diferentes usos como por ejemplo leña, carbón, forraje para ganado bovino, porcino y caprino, pilotes, durmientes, postes para cerca y ornamental en calles y avenidas. Es un árbol idóneo para las reforestaciones urbanas, ya que su lento crecimiento evita las interferencias con el cableado aéreo de las calles (CONABIO-CONAFOR, s/f).

6.11. *Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl.

El *Quercus crassifolia* denominado como encino colorado, encino chicharrón, encino hojarasco, es un árbol de 8 a 20 m de altura y con diámetro a la altura de pecho de 25 a 50 cm. Su hoja es ovalada u obovada de 4 a 16 cm de largo por 3 a 10 cm de ancho, margen encorvado y aristado y con 6 a 9 dientes, peciolo tomentoso de 10 a 30 mm, envés amarillo a castaño muy tomentoso. Su fruto es anual o bianual, solitario o en pares con bellota ovoide de 10 a 20 mm de largo por 7 a 13 mm de diámetro (Arizaga *et al.*, 2009).

Se halla en cañadas, en bosque de pino-encino húmedo entre 1900 a 2,00 m.s.n.m. y sobre suelos pedregosos. Se distribuye desde México hasta Centroamérica: en Chihuahua, Chiapas, Distrito Federal, Durango, Estado de México, Guerrero, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala y Veracruz (Arizaga *et al.*, 2009).

En la siguiente tabla se expresa un resumen de los requerimientos ambientales, para los hospederos descritos.

Tabla 11 Resumen de requerimientos ambientales para hospederos de *Anoplophora glabripennis*.

Hospedero	Suelo/Textura	Altitud	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Clima
<i>Acer grandidentatum</i>	Crece comúnmente en suelos de piedra caliza, pero se puede adaptar a una amplia gama de suelos bien drenados, desde arena a las arcillas e incluso a las zonas de piedra caliza	1,280 a 2,870	20 a 24	400 a 500	Se desarrolla en climas templados subhúmedos a húmedos.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

Hospedero	Suelo/Textura	Altitud	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Clima
	blanca				
<i>Salix bonplandiana</i>	Suelos ácidos y húmedos: regosol eútrico, litosol, someros pedregoso, de textura media a gruesa y pH de 6 a 8.	1,200 a 2,500	21 a 31	400 a 2,300	Crece a lo largo de arroyos o ríos, con frecuencia formando bosques de galería, a veces en bosques de encino o de pino.
<i>Salix babylonica</i>	Se desarrolla de preferencia en suelos húmedos, frescos, arenosos, cerca de cursos de agua, llega a tolerar los terrenos secos	700 a 2,000	23 a 30	500 a 2,100	Necesita climas templados y ambientes de subhúmedos a húmedos. En climas extremos, requiere mucha humedad. Tolerar heladas, pero no resiste la sequía
<i>Ulmus mexicana</i>	Crece en suelos de origen volcánico, calizo o metamórfico, con pendientes de 15 a 60 %, con buen drenaje y pedregosos.	900 a 2,200	16 a 20	1,900 a 3,800	Se localiza en cañadas y laderas con bosque mesófilo de montaña. También crece en los bosques tropicales húmedos y en los de montaña húmedos y muy húmedos.
<i>Populus tremuloides</i>	Adaptable a gran variedad de tierras. Se desarrolla mejor en suelos ligeramente húmedos, arcillosos o con las mismas cantidades de arcilla, arena y materia orgánica. Resiste poco el exceso de sales minerales y tolera suelos arenosos y ligeramente inundados.	1,250 a 3,000	20 a 35	650 a 3,100	Se desarrolla en climas templados y en ambientes de subhúmedos a húmedos.
<i>Populus alba</i>	No tiene grandes requerimientos en cuanto al tipo de suelo, pudiendo vivir en suelos pobres calcáreos y húmedos en las proximidades de los ríos.	800 a 2,000	27 a 30	600 a 1,250	Le favorecen los climas cálidos, es muy resistente a altas temperaturas y a la sequía, pero puede ser afectado por inviernos muy fríos
<i>Platanus mexicana</i>	Rocoso, arcilloso o arcilloso-arenoso	160 a 1,800	22 a 36	600 a 2,650	Tropical subhúmedo o templado húmedo o subhúmedo
<i>Fraxinus uhdei</i>	Se desarrolla en suelos arcillosos, arenosos, basálticos, ácidos o calcáreos pero	600 a 2,600	15 a 25	800 a 3,000	Prefiere los climas templados y ambientes húmedos, resistente a sequías cortas, es

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

Hospedero	Suelo/Textura	Altitud	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Clima
	profundos, fértiles y húmedos, ricos en nutrientes y profundos, sin embargo, puede desarrollarse en terrenos con alto contenido de cal. Es sensible a suelos secos				intolerante a heladas de moderadas a severas
<i>Melia azedarach</i>	Suelos Acrisoles, podzoles de someros a profundos, con textura arcillosa, ligeramente arenosa y franca, de buen drenaje, ricos en materia orgánica y con pH de 4.2 a 6.5. Soportan suelos de salinos a moderadamente salinos	600 a 2,200	13 a 30	600 a 3,000	Climas cálido, semicálido y semiseco
<i>Alnus acuminata</i>	Andesíticos, basálticos, así como formados por tobas, granitos, gneis y muchos otros tipos de roca. Textura arenosos o arcillosos. Profundidad someros o profundos. pH ácidos de entre 4 y 6. Características físicas calizas con topografía Kársitica, sobre laderas de cerros andesíticos, basálticos, Características químicas abundante materia orgánica, ricos en nitrógeno, fosforo y potasio	600 a 3,000	4 a 27	1,000 a 2,000	Requiere exposición soleada. Se desarrolla bien en climas templados
<i>Quercus rugosa</i>	Suelos someros o profundos, en pocas ocasiones rocosos y pedregosos	1,100 a 2,800	10 a 26	600 a 2,000	Se encuentran en zonas montañosas con clima templado o templado semihúmedo, sin embargo, se puede encontrar en climas cálidos y semisecos
<i>Quercus crassifolia</i>	Habita en una amplia variedad de suelos; luvisol crómico, cambisol crómico, andosol ócrico, de	1,300 a 2,800	16 a 33	350 a 3,300	Su clima es templado sub-húmedo con verano largo y lluvia invernal menor al 5 %. Se halla en cañadas, en

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Hospedero	Suelo/Textura	Altitud	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Clima
	textura media. Suelos volcánicos de bajo pH o neutro.				bosque de pino-encino húmedo

6. MODELOS DE PREDICCIÓN NACIONAL

7.1. Escala de riesgo

Las escalas de riesgo para cada modelo de predicción empleado se describen a continuación:

Escala de riesgo para el modelo multicriterio

Esta escala se estableció siguiendo las recomendaciones de Krist *et al.*, (2007), utilizadas a su vez por Reygadas (2012), la cual es una escala cualitativa integrada por las categorías que se indican en la Tabla 12.

Tabla 12. Escala cualitativa empleada con el modelo multicriterio

Categoría de Riesgo	Valores	
Sin Riesgo	1 - 2	
Bajo	3 - 4	
Moderado	5 - 6	
Alto	7 - 8	
Muy Alto	9 - 10	

En el caso de MaxEnt, para establecer el umbral de probabilidad, sobre el cual se consideró cierta la presencia de la especie o la idoneidad del hábitat, se consideró lo indicado en la Tabla 13.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Tabla 13. Categorías para idoneidad de hábitat con MaxEnt

Categoría	Parámetros	
	Valor inicial	Valor final
Nula		Valores menores al umbral de corte el mínimo de presencia de los puntos de entrenamiento (UCMP): < UCMP
Baja	Umbral de corte el mínimo de presencia de los puntos de entrenamiento: UCMP	Percentil 10 de los puntos de entrenamiento (10PERC): 10PERC
Media	Percentil 10 de los puntos de entrenamiento (10PERC): 10PERC	La suma del Percentil 10 de los puntos de entrenamiento más el valor del equilibrio entre la omisión de los puntos de entrenamiento y del área prevista (EOPEA): 10PERC + (EOPEA)
Alta	Valor mayor a la suma del Percentil 10 de los puntos de entrenamiento más el valor del equilibrio entre la omisión de los puntos de entrenamiento y del área prevista.	Se tomó el valor de regularización determinado en 1.0

Sin embargo, debido a que en algunas muestras la cantidad de registros era baja, los valores de la suma del Percentil 10 de los puntos de entrenamiento más el valor del equilibrio y la omisión de los puntos de entrenamiento del área prevista eran los mismos. Este hecho, no permitió determinar la categoría media, por lo que el parámetro se ajustó de acuerdo a los requerimientos y la ecología de la especie.

7.2. Modelos

Una vez definidos los requerimientos ambientales de los agentes causales y sus hospederos, así como la susceptibilidad y vulnerabilidad de los últimos, e integrado la cartografía de las variables ambientales para el modelado (Anexo 1), se estableció la estructura de los dos modelos a emplear para determinar el riesgo de distribución por hospedero de ambos patógenos.

Dicha estructura se basó en la secuencia de algoritmos y etapas que cada técnica de modelado utiliza y que se describen a continuación.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

7.2.1. Modelo multicriterio para mapeo de riesgo de plagas forestales (Krist *et al.*, 2007) basado en Model Builder

Con base en los requerimientos ambientales de los principales hospederos para ambas plagas, bases de datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) 2016 (árboles por hectárea y diámetro normal) y coberturas de información geográfica nacionales del continuo de elevaciones mexicano, temperatura, precipitación y texturas de suelos, se integró para el caso del modelo determinístico sustentado en Model Builder un modelo base que permitió obtener mapas de riesgo para cada hospedero seleccionado, y que ante factores abióticos adversos permiten aumentar la posibilidad de establecimiento de *Anoplophora glabripennis* y con ello su establecimiento y dispersión en áreas forestales de importancia nacional. El modelo base es mostrado en la Figura 21.

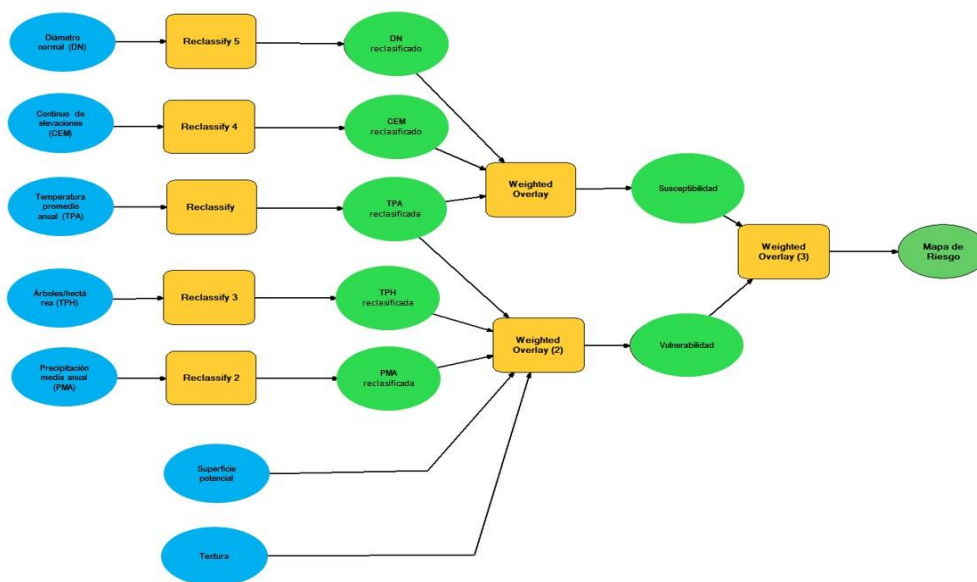


Figura 21. Modelo general para la obtención de mapas de riesgo, Model Builder.

Las capas o coberturas de información empleadas en el modelado se estandarizaron convirtiéndolas en formato raster con un tamaño de pixel de un kilómetro por lado.

Una vez homologadas las capas de información se reclasifican de acuerdo a los requerimientos ambientales de cada hospedero (Altitud, temperatura, precipitación y textura de suelo) y a factores que tienen relación directa con las condiciones que se mencionaron favorecen el establecimiento de *Anoplophora glabripennis*, tales como la densidad y el diámetro normal.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Una vez reclasificadas estas capas se ponderan de acuerdo a la calificación de susceptibilidad y vulnerabilidad que fue asignada a cada especie, acorde a los rangos y parámetros utilizados por los autores de este enfoque de modelado.

Los parámetros puntuales empleados para cada especie se definen a partir de la información bibliográfica y a la opinión de especialistas que conocen o identifican los requerimientos para el desarrollo de cada especie y su probable respuesta ante el ataque de la plaga en cuestión, lo cual forma parte del enfoque de los métodos de análisis multicriterio, cuando se manejan casos en donde la información puntual no existe o puede tomar valores diversos en función de las condiciones en las que se contextualiza la información y por tanto se torna en un aspecto de valoración cualitativa y de juicio en donde el valor de los conocimientos de los especialistas juega un papel importante, como lo fue en este caso en particular.

Las reclasificaciones y ponderaciones dan como resultado una cobertura raster que permite clasificar el nivel de riesgo que presenta cada hospedero dentro las áreas de distribución de los tipos de vegetación con los cuales se asocia.

7.2.2. Modelo para predicción de nicho ecológico basado en el enfoque de Máxima Entropía (MaxEnt)

El programa MaxEnt (Phillips & Dudik 2008) se basa en el principio que la distribución estimada de una especie debe coincidir con la distribución conocida o deducida a partir de las condiciones ambientales donde ha sido observada, evitando hacer cualquier suposición que no sea soportada por los datos. El enfoque consiste en encontrar la distribución de probabilidad de máxima entropía, que es la más cercana a la distribución uniforme, condicionada por las restricciones impuestas por la información disponible sobre la distribución observada de la especie y las condiciones ambientales del área de estudio.

MaxEnt tiene dos partes: Un componente de restricción y otro de entropía. El Componente de restricción, que define las limitaciones sobre la distribución de probabilidad (ej. temperatura, precipitación, altitud), en todos los lugares con presencia de la especie. El Componente de entropía, considera que muchas distribuciones podrían cumplir estas limitaciones, maximiza la entropía como método para seleccionar las distribuciones de mayor probabilidad que se adapten a sus restricciones. Es importante señalar que MaxEnt asume que la probabilidad es uniforme en el espacio geográfico y se aleja de esta distribución a medida que se ve obligado por las restricciones.

En este sentido, MaxEnt, obtiene las condiciones ambientales apropiadas para las especies, esto es, identifica donde están espacialmente ubicados los sitios que cumplen con los requisitos adecuados para las especies por lo que es una valiosa herramienta que permite determinar la distribución de especies con información limitada, y pueden ser de gran ayuda en la generación de información no disponible, evaluando el nivel de riesgo de afectación de por *Anoplophora glabripennis* para cada hospedero.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

Diversos autores coinciden en que el programa MaxEnt posee ventajas sobre otros programas en la generación de escenarios de distribución, ya que este requiere solo datos de presencia, es decir, cuando existen registros de donde está presente la especie, pero no se conoce si una "no presencia" es una "ausencia verdadera" o simplemente es resultado de que dicho especie no fue buscada en el sitio (Margules y Sarkar2007), a diferencia de otros modelos que requieren datos de presencia y ausencia, así como un número pequeño de muestras.

A pesar de que existe diversos de modelos similares a MaxEnt, la mayoría de los autores que utilizan modelos basados en nichos ecológicos, coinciden que MaxEnt posee tres ventajas por sobre los demás: Primero, se requiere solo datos de presencia, versus otros modelos que requieren datos de presencia y ausencia; segundo, ha probado tener un muy buen rendimiento aún con bajo número de muestras y tercero, su disponibilidad gratuita (Hernández *et al.*, 2006; Elith *et al.*, 2006; Tognelli *et al.*, 2009).

El resultado de este análisis se presenta de forma continua, permitiendo distinguir sutiles cambios en la adecuación modelada en diferentes áreas, además de que nos permite conocer la contribución de cada capa ambiental en el modelo generado mediante el estadístico *Jackknife*.

Las coberturas utilizadas para modelar el nicho ecológico potencial de las especies, consistieron en 19 variables bioclimáticas (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) del proyecto WorldClim, descargadas a través del portal WorldClim v1.4 (Hijmans *et al.*, 2005) con una resolución aproximada de 1km².

Para para cada variable se descargaron tres cartas independientes para conformar el área de estudio, es decir, el mosaico del territorio mexicano, las cuales fueron procesadas en el software ArcMap 10.3 (ESRI, 2014) ajustando la proyección y la generación de un ráster con las mismas características para cada variable. Finalmente, las capas resultantes se transformaron a formato ASCII, el cual es requerido en el programa MaxEnt.

Tabla 14. Variables ambientales utilizadas para el modelado con MaxEnt

Clave	Variable ambiental
Bio1	Temperatura media anual
Bio2	Rango de temperatura media diurna (media mensual (Temp max. – Temp. min))
Bio3	Isotermalidad (BIO2/BIO7) (* 100)
Bio4	Estacionalidad de temperatura (desviación estándar *100)
Bio5	Temperatura máxima del mes más cálido
Bio6	Temperatura mínima del mes más frío
Bio7	Rango de temperatura anual (BIO5-BIO6)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Clave	Variable ambiental
Bio8	Temperatura media del trimestre más húmedo
Bio9	Temperatura media del trimestre más seco
Bi10	Temperatura media del trimestre más cálido
Bi11	Temperatura media del trimestre más frío
Bi12	Precipitación anual
Bi13	Precipitación del mes más húmedo
Bi14	Precipitación del mes más seco
Bi15	Estacionalidad de precipitaciones (Coeficiente de variación)
Bi16	Precipitación del trimestre más húmedo
Bi17	Precipitación del trimestre más seco
Bi18	Precipitación del trimestre más cálido
Bi19	Precipitación del trimestre más frío

Aunado a las capas indicadas se emplearon coberturas de puntos georreferenciados de los sitios de distribución conocida para cada hospedero obtenidos a partir de datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos proporcionados por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Estas coberturas se procesaron para obtener las coordenadas en grados decimales para su empleo en el programa MaxEnt.

7.3. Mapas

Sobre la base de la estructura definida en el apartado anterior para el modelo multicriterio y para el enfoque de nicho ecológico y en la información bibliográfica, de entrevistas y cartografía obtenida se generaron los modelos multicriterio con Model Builder (Anexo 2) y se modeló el riesgo de distribución de *Anoplophora glabripennis* para los nueve hospederos con ambos métodos.

Para obtener la distribución potencial mediante MaxEnt, se utilizó la versión 3.3.3 (Phillips & Dudik, 2008), para el cual se utilizaron los parámetros propuestos por Botello *et al.* (2015) con los siguientes ajustes: para calibración del modelo se especificaron 500 iteraciones y el límite de convergencia se fijó en 0.00001; el valor de regularización se determinó en 1.0, ya que al considerar regular el valor del modelo con un valor menor a uno permite generar una distribución de salida más localizada, ya que esta se ajusta estrechamente al número de ocurrencias. Mientras que el umbral fue del décimo de percentil de los puntos de entrenamiento, el cual toma intervalos de valores que incluye al 90% de los registros de presencia y excluye el 10% restante, los cuales no corresponden a las condiciones actuales del modelo y se puede deber a ocurrencias que se encuentren mal georreferenciados o sin validar (Liu *et al.* 2005; Morueta-Holme *et al.*, 2010).

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Además, se utilizaron los comandos para eliminar los registros duplicados con el fin de evitar una sobreestimación de área de distribución. Para evaluar la contribución de las variables ambientales en la predicción de los modelos de cada especie se analizaron los resultados mediante la estimación de los porcentajes de contribución relativa al modelo y los resultados de la prueba estadística Jackknife.

La salida de los datos fue logística y en formato ASCII, la cual fue seleccionada por permitir una interpretación más sencilla del modelo (Phillips *et al.*, 2006).

En lo que respecta a la validación del modelo, se tomó en cuenta la curva ROC como medida de desempeño. La cual es un método gráfico para evaluación, organización y selección de sistemas de diagnóstico y/o predicción, suministrando el Área Bajo la Curva (AUC, por sus siglas en inglés). Los parámetros utilizados para conocer la precisión del modelo fueron los siguientes: 0.50-0.60 = insuficiente; 0.60-0.70 = pobre; 0.70-0.80 = promedio; 0.80-0.90 = bueno; 0.90-1 = excelente (Araújo y Guisan, 2006).

Las áreas de idoneidad para el desarrollo de cada hospedero, en las que por tanto serán las áreas donde tendrá también probabilidad de establecimiento *Anoplophora glabripennis*, asumiéndose éstas como las áreas de riesgo.

Los resultados del modelado mediante el modelo multicriterio (model builder y el modelo de nicho ecológico (MaxEnt) son mostrados en las Figuras 22 a la 45, mismas que se incluyen en el Anexo 3.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

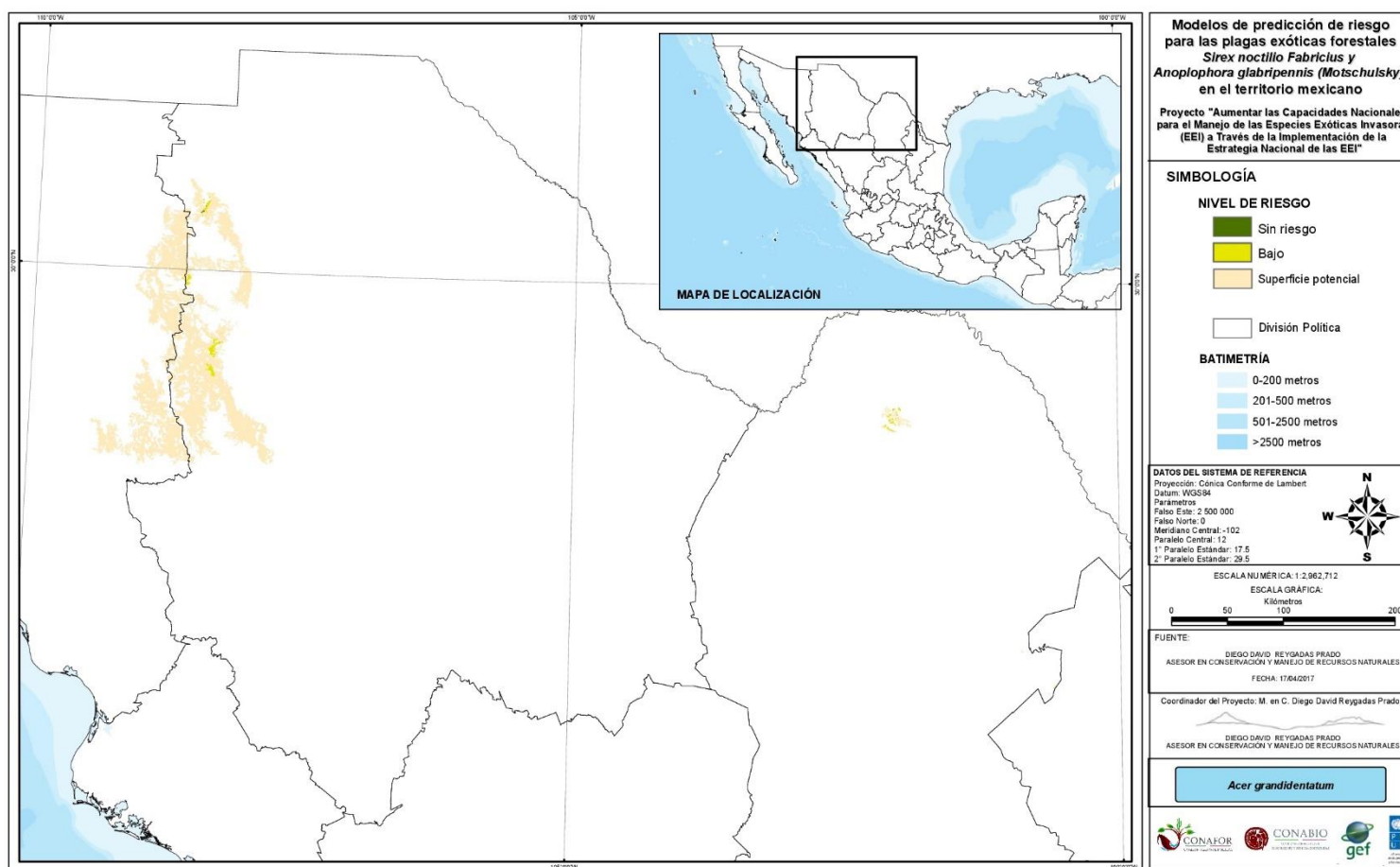


Figura 22. Mapa de riesgo para *Acer grandidentatum* (Model Builder)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

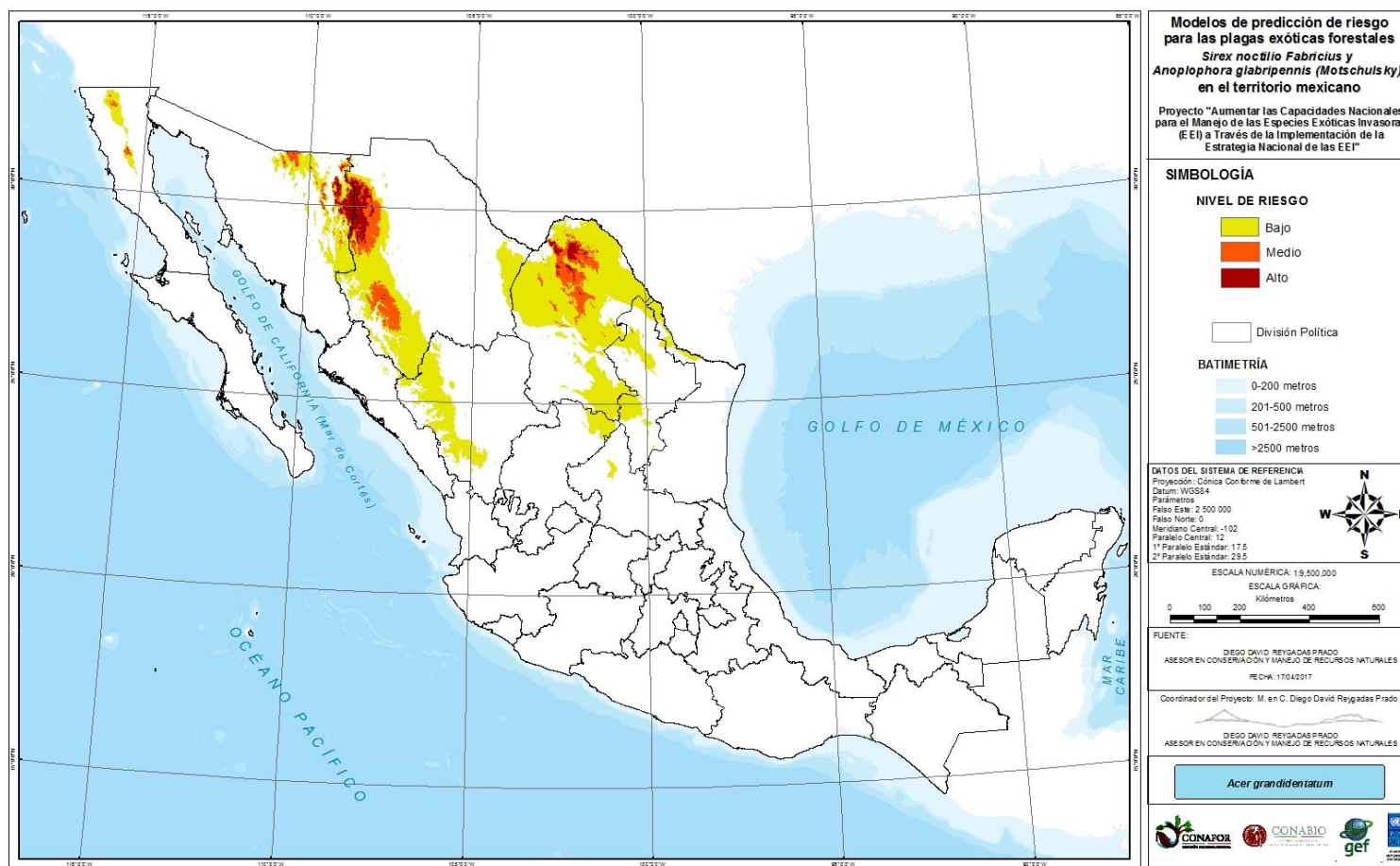


Figura 23. Mapa de riesgo para *Acer grandidentatum* (MaxEnt)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”



Figura 24. Mapa de riesgo para *Salix bonplandiana* (Model Buiden)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

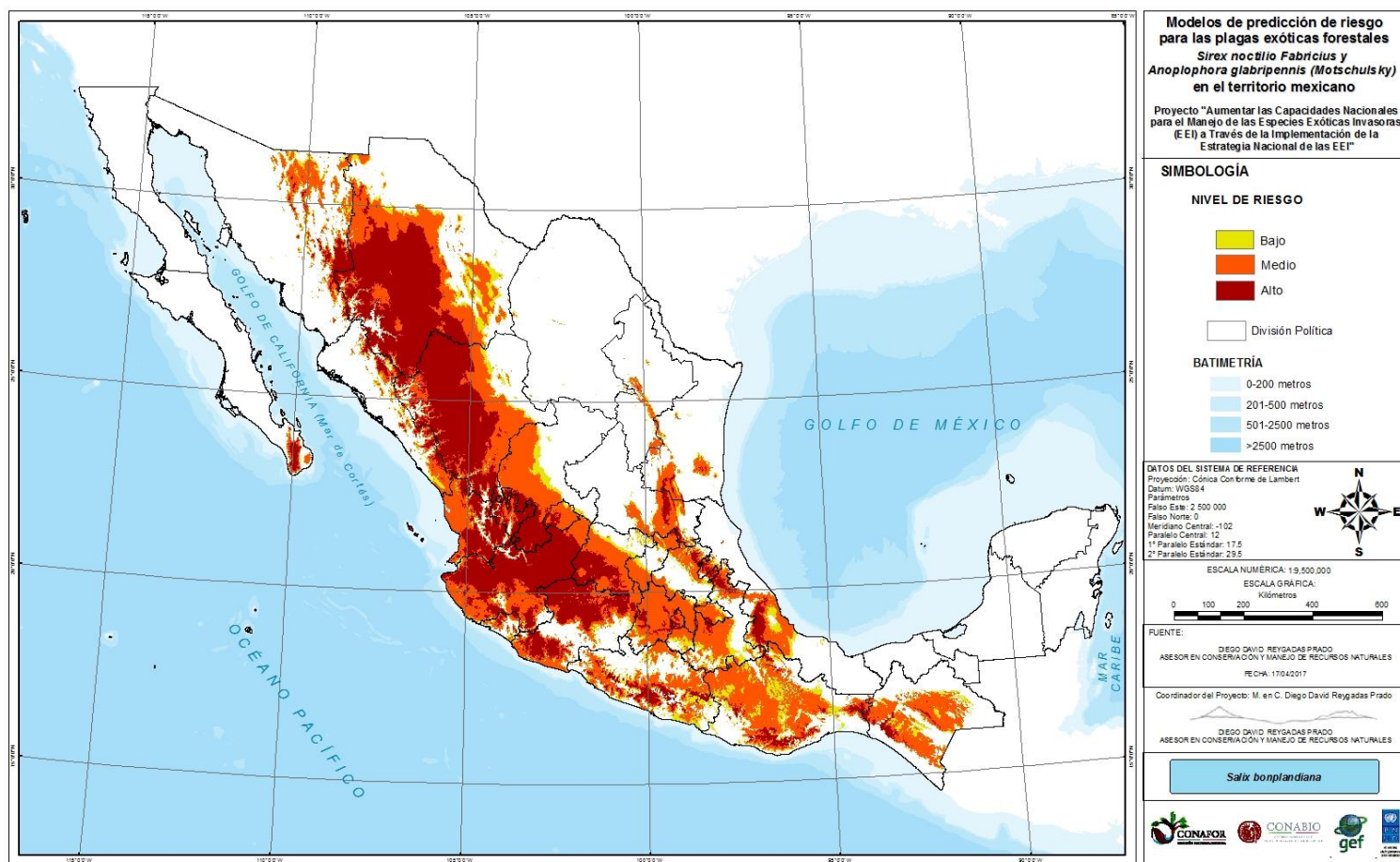


Figura 25. Mapa de riesgo para *Salix bonplandiana* (MaxEnt)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

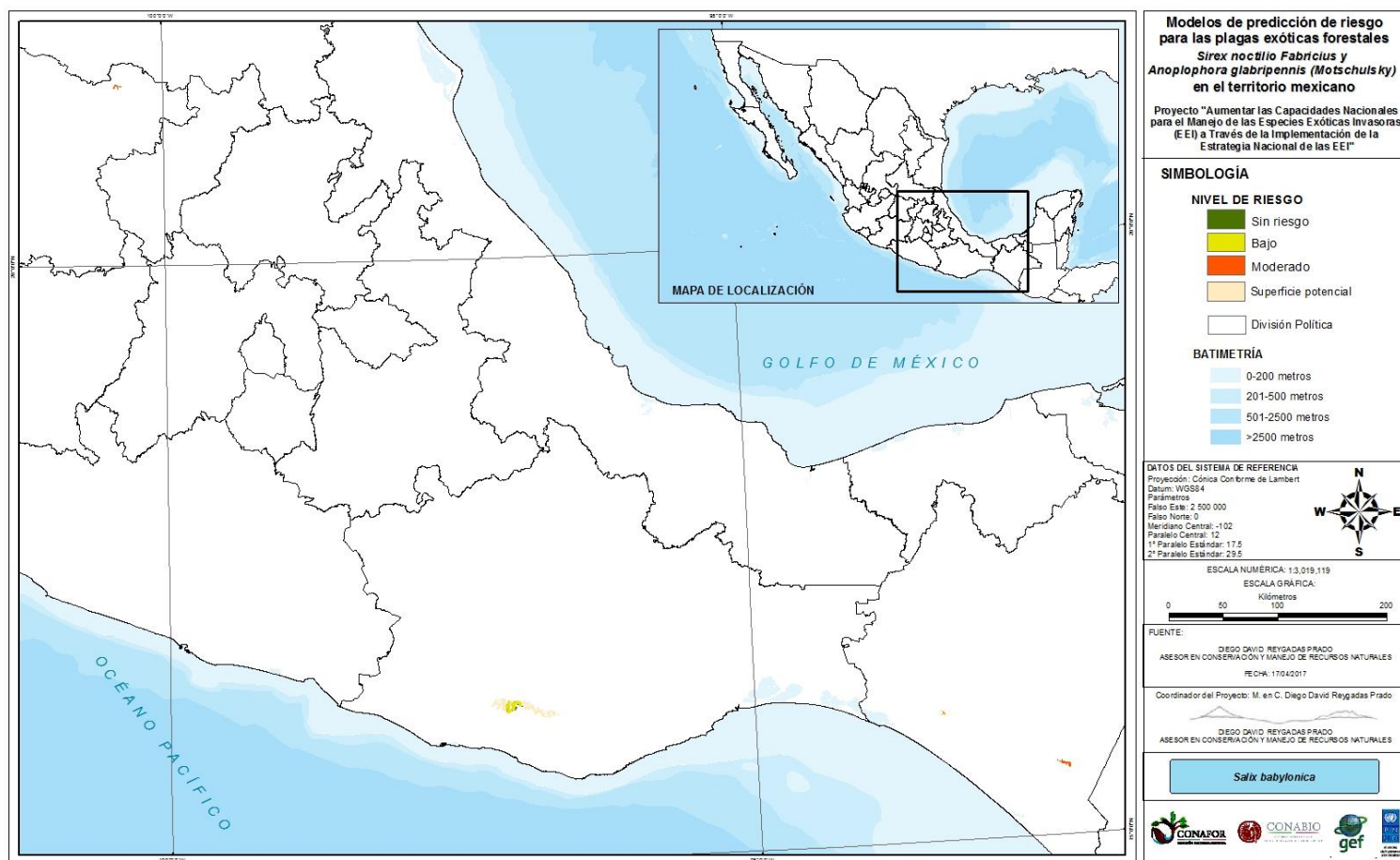


Figura 26. Mapa de riesgo para *Salix babylonica* (Model Buidar)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

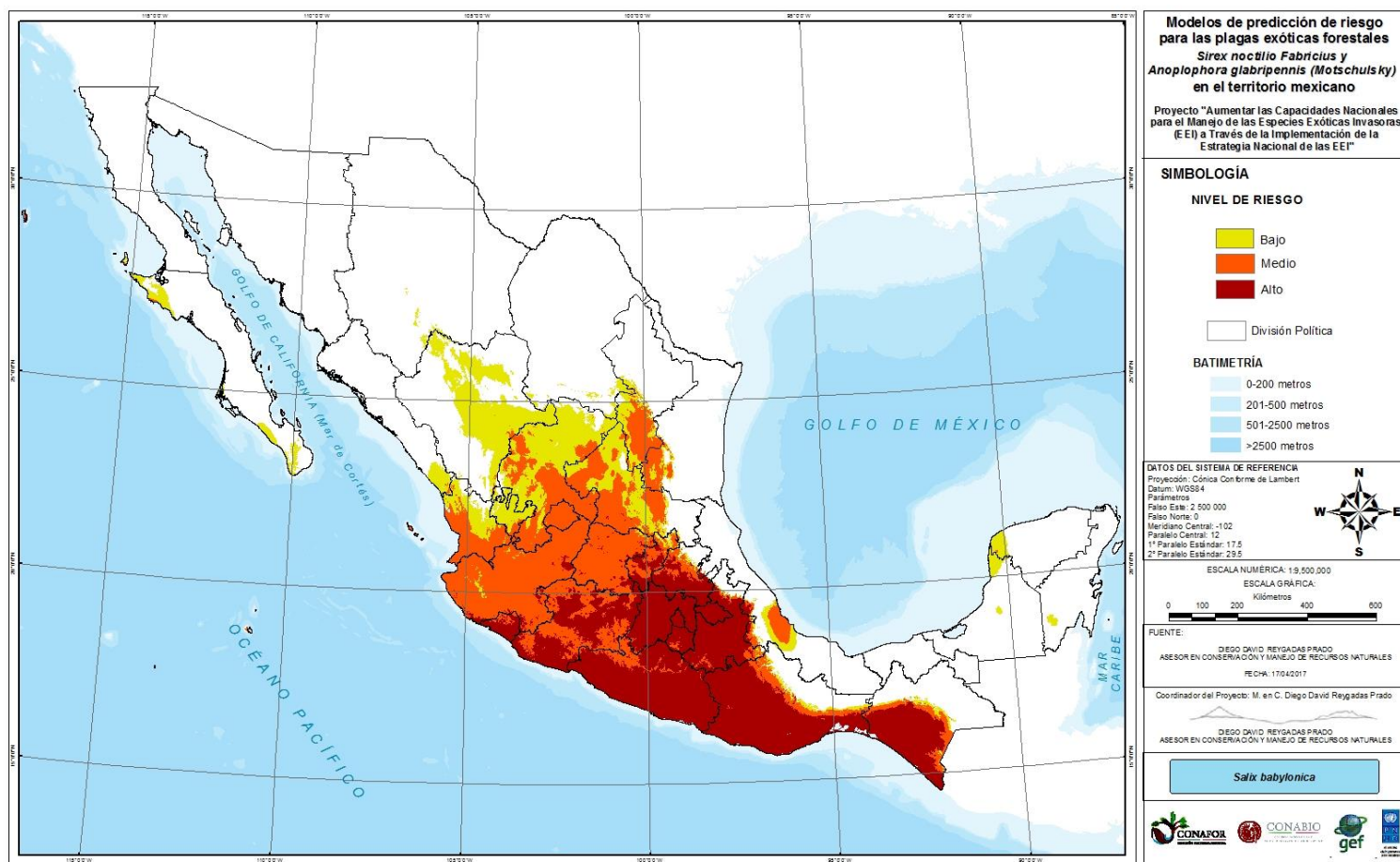


Figura 27. Mapa de riesgo para *Salix babylonica* (MaxEnt)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

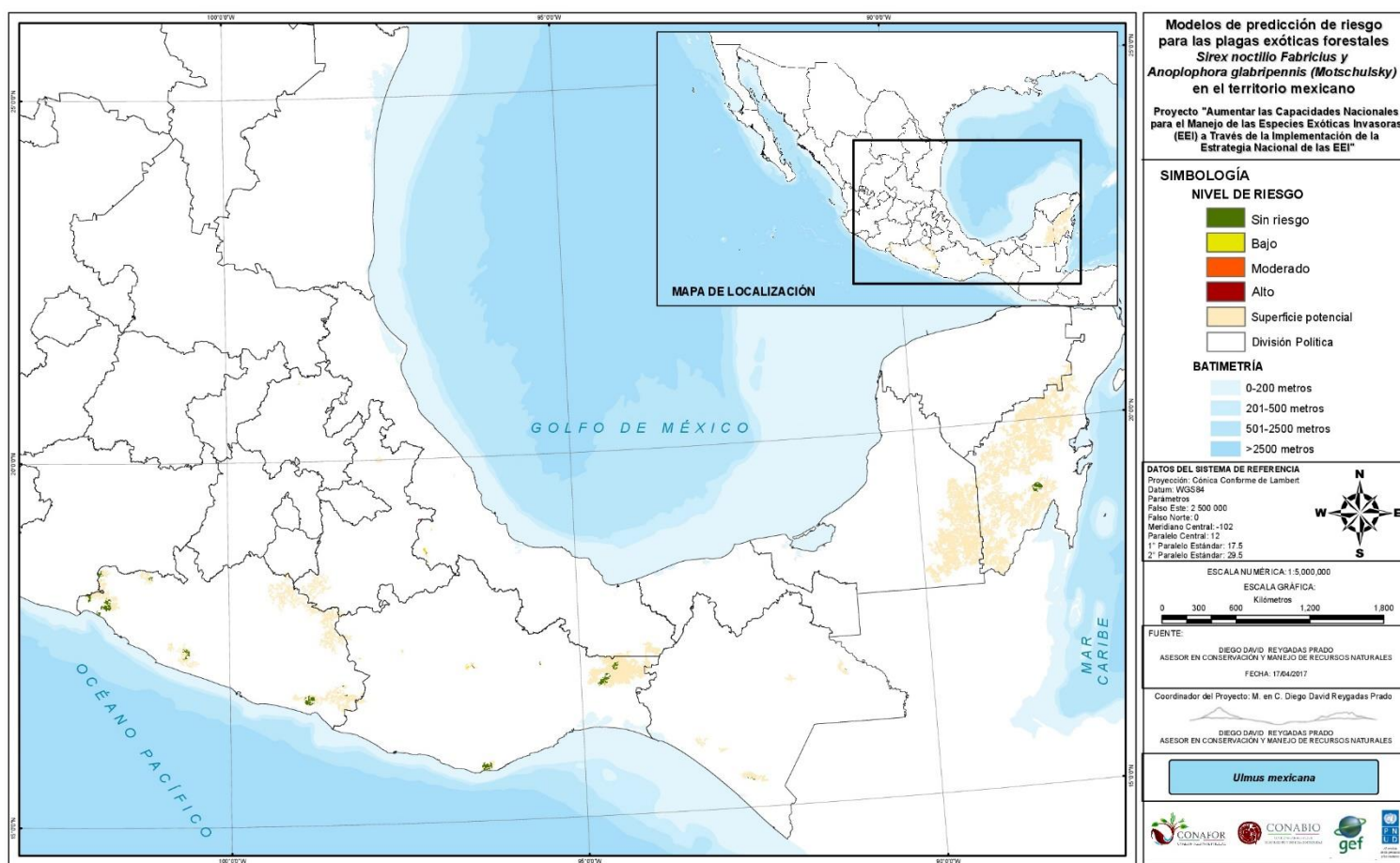


Figura 28. Mapa de riesgo para *Ulmus mexicana* (Model Buidier)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

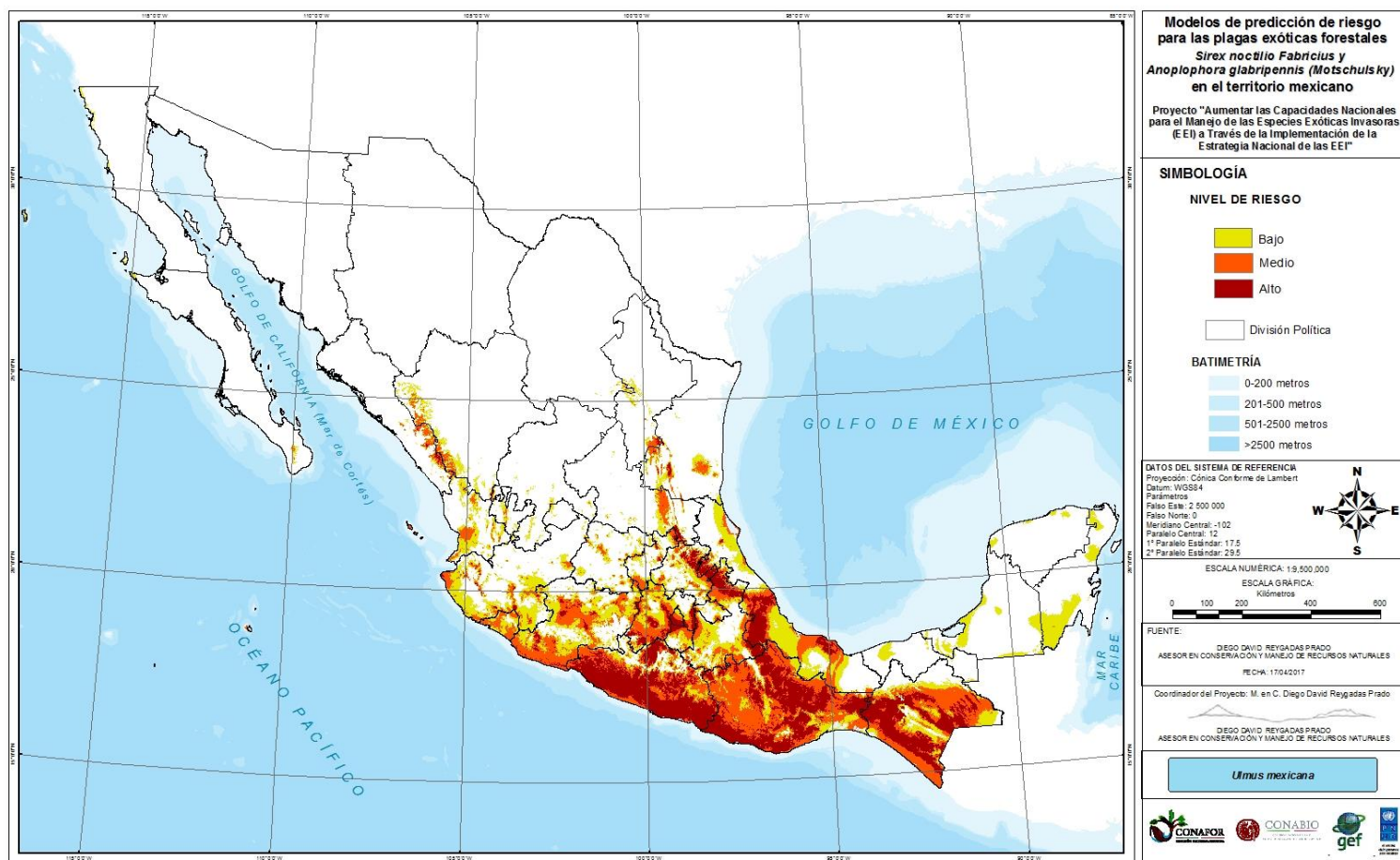


Figura 29. Mapa de riesgo para *Ulmus mexicana* (MaxEnt)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

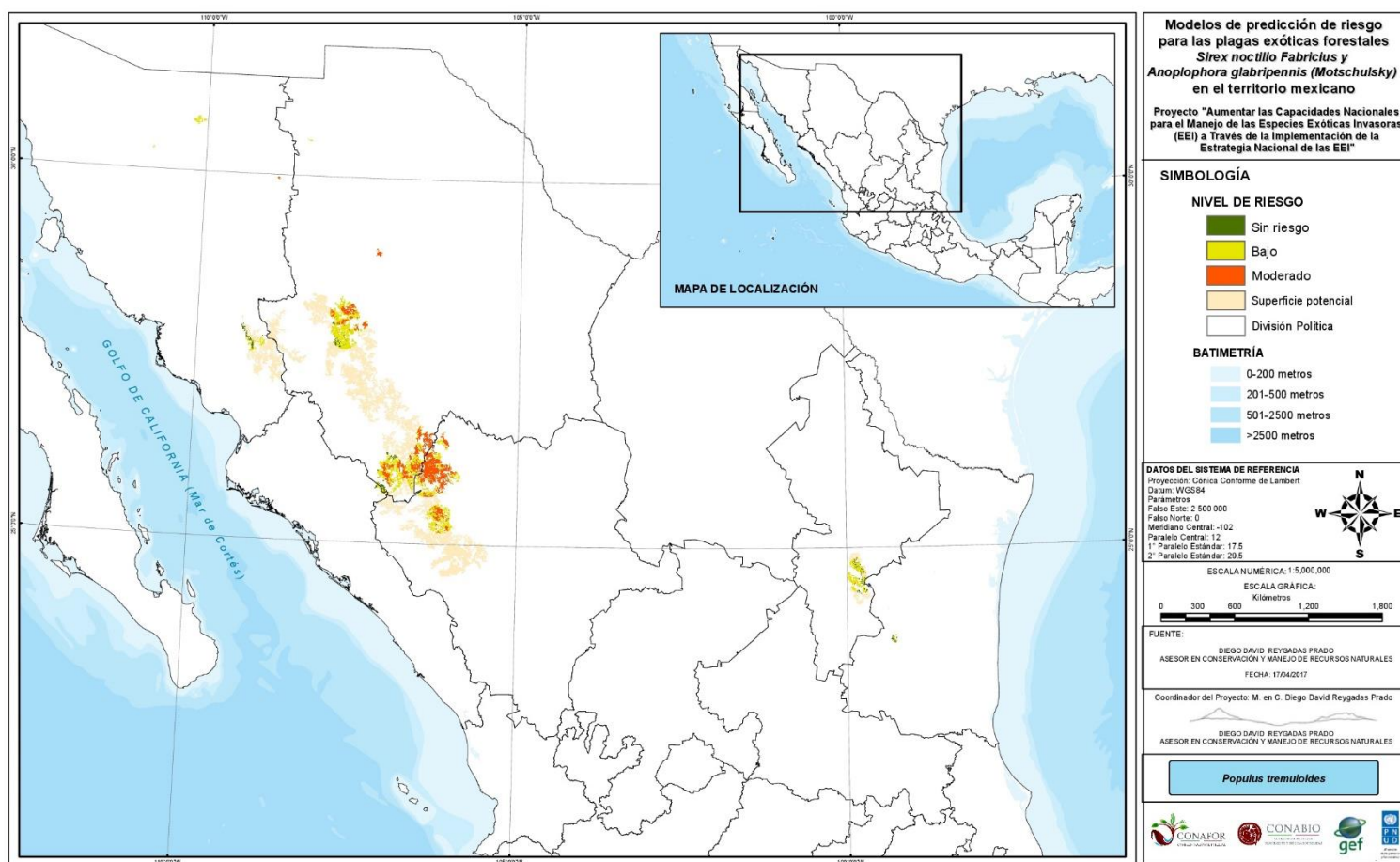


Figura 30. Mapa de riesgo para *Populus tremuloides* (Model Buidar)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

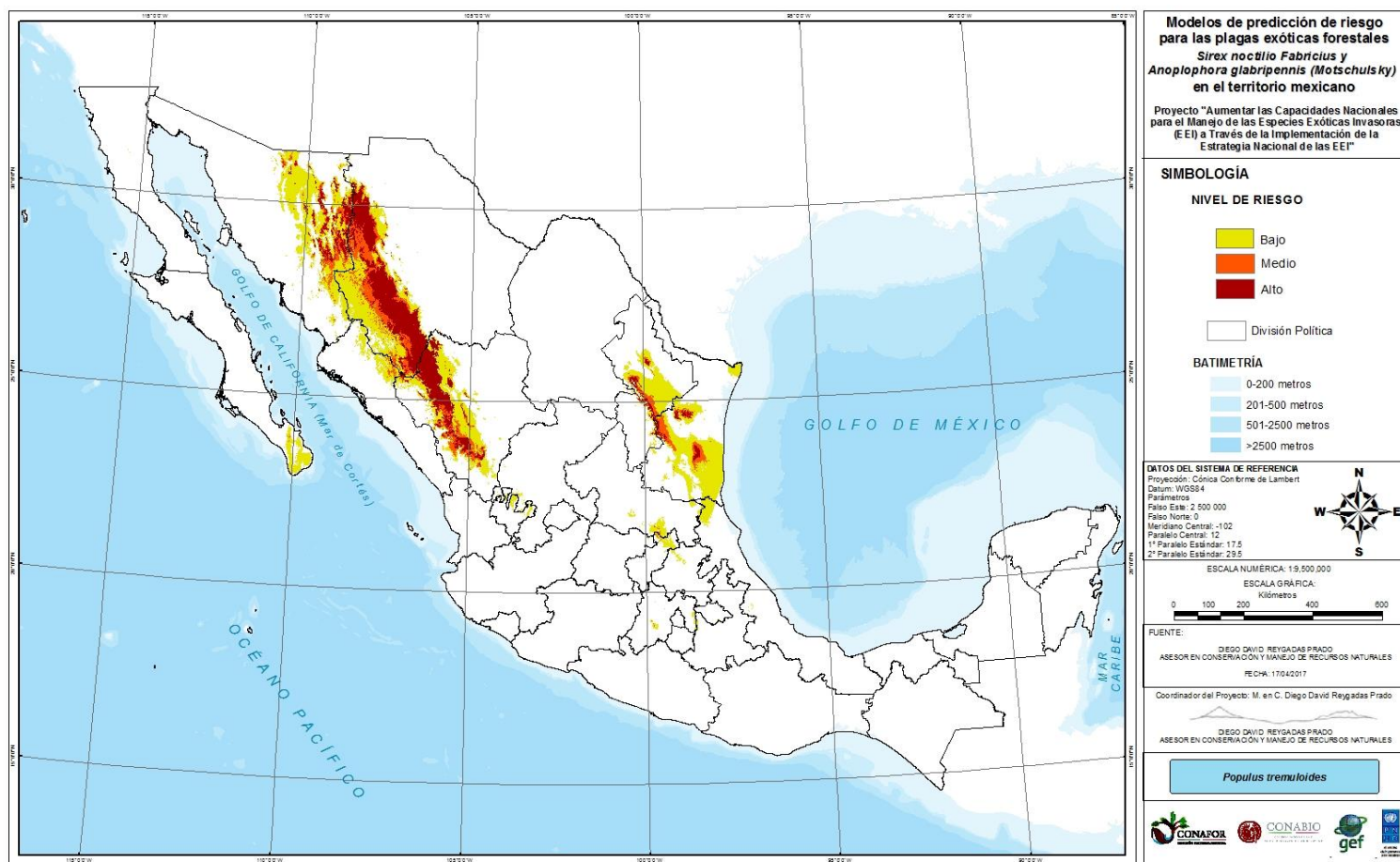


Figura 31. Mapa de riesgo para *Populus tremuloides* (MaxEnt)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

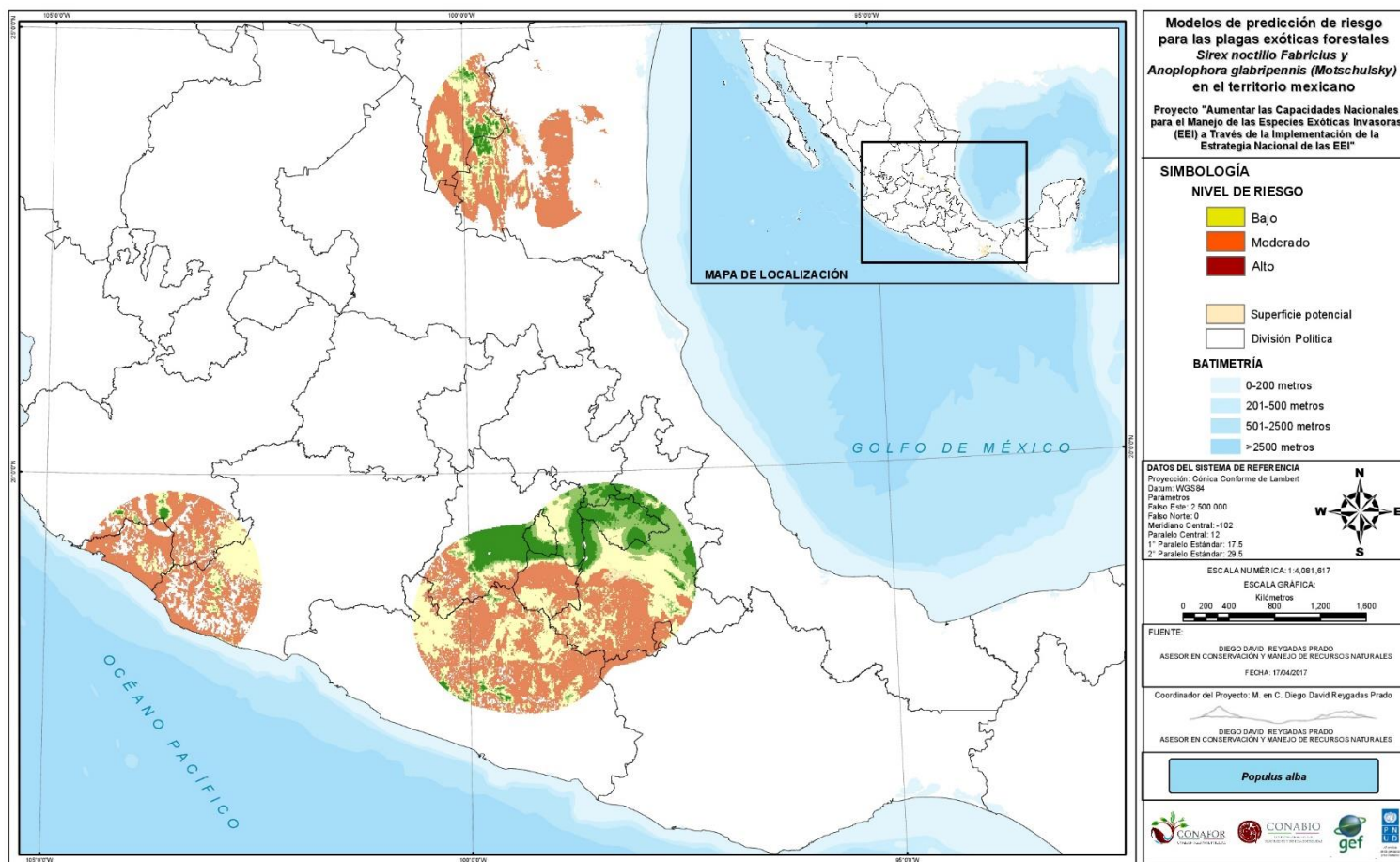


Figura 32. Mapa de riesgo para *Populus alba* (Model Buidar)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

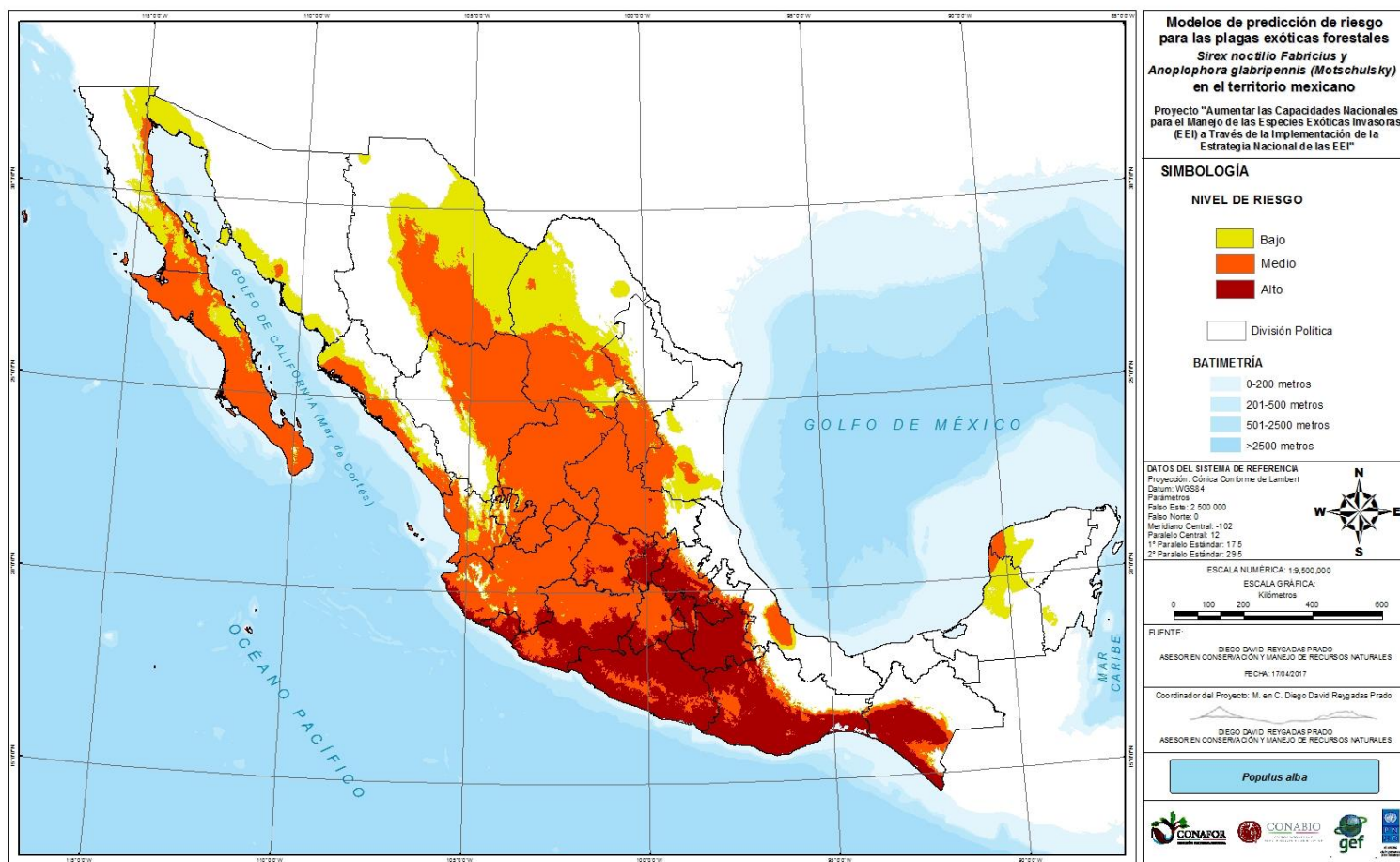


Figura 33. Mapa de riesgo para *Populus alba* (MaxEnt)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"



Figura 34. Mapa de riesgo para *Platanus mexicana* (Model Buiden)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

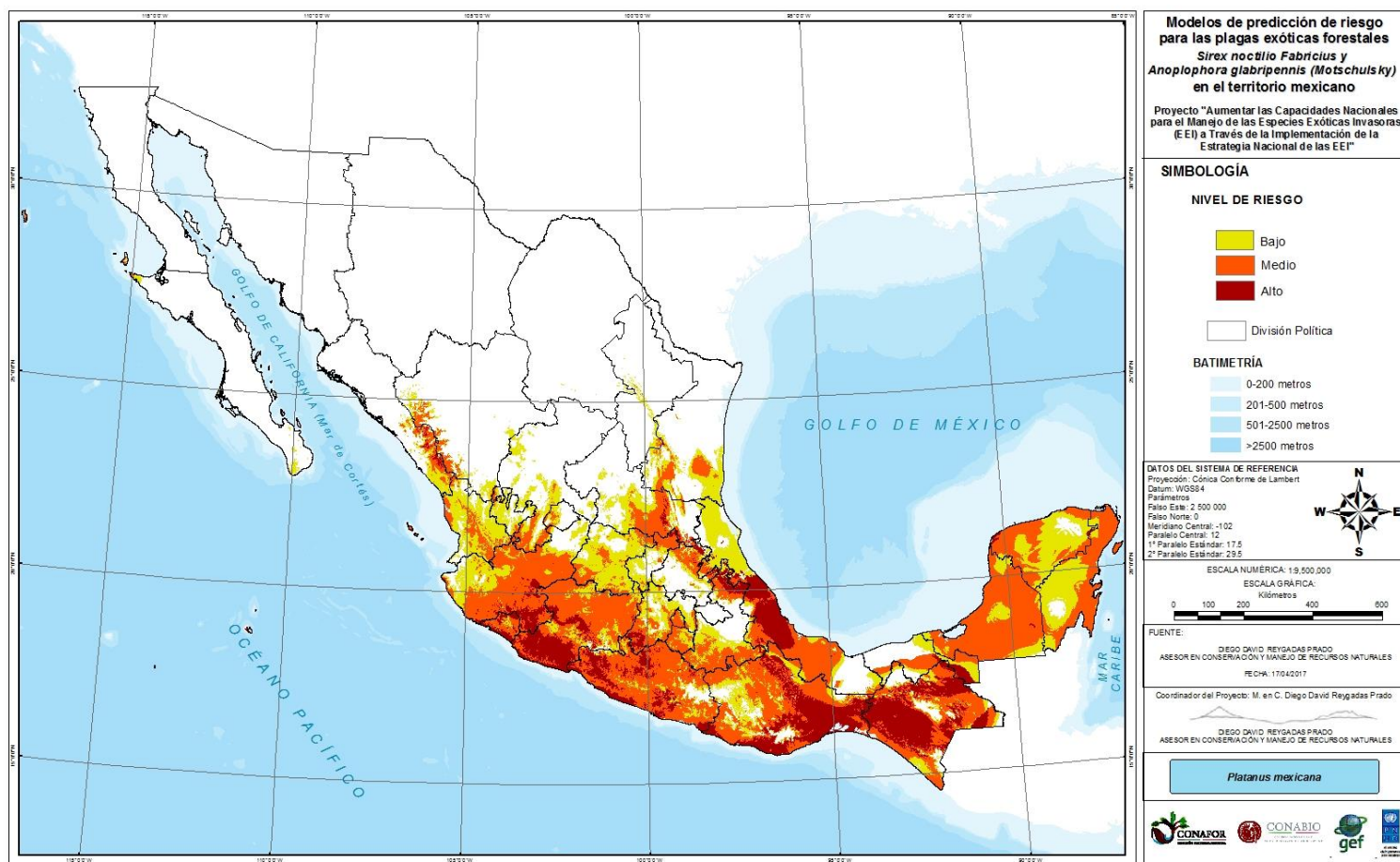


Figura 35. Mapa de riesgo para *Platanus mexicana* (MaxEnt)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

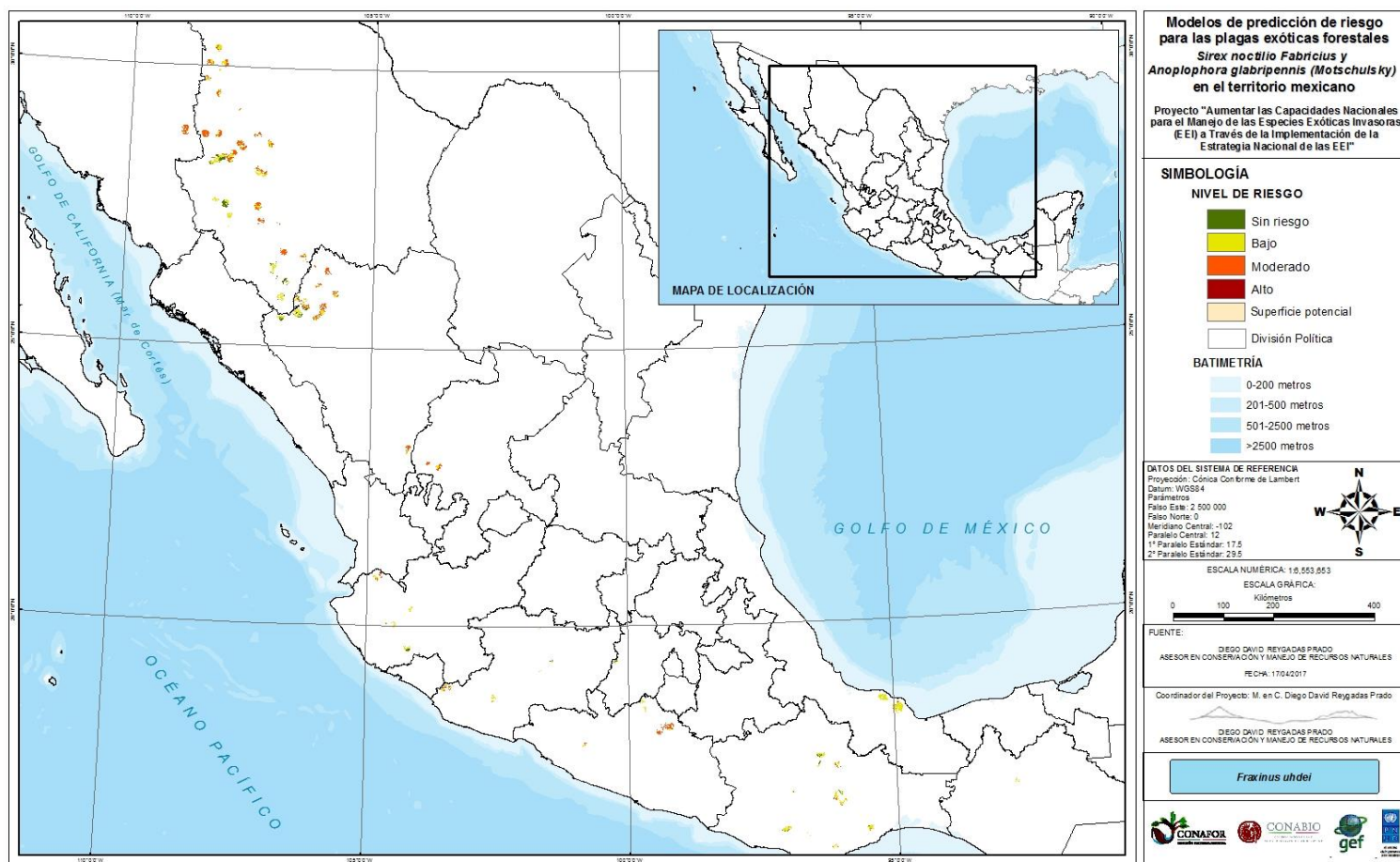


Figura 36. Mapa de riesgo para *Fraxinus uhdei* (Model Buidet)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

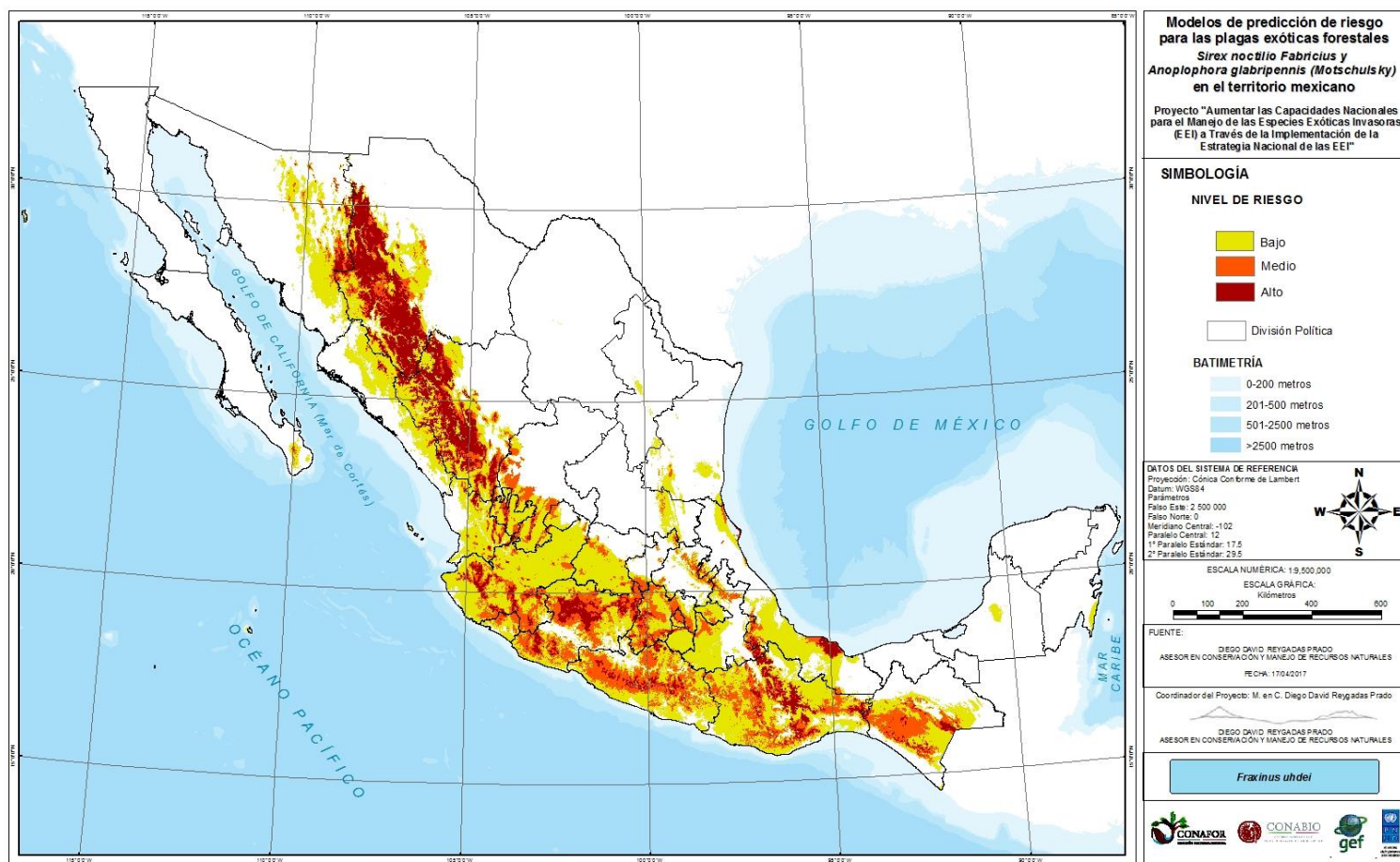


Figura 37. Mapa de riesgo para *Fraxinus uhdei* (MaxEnt)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

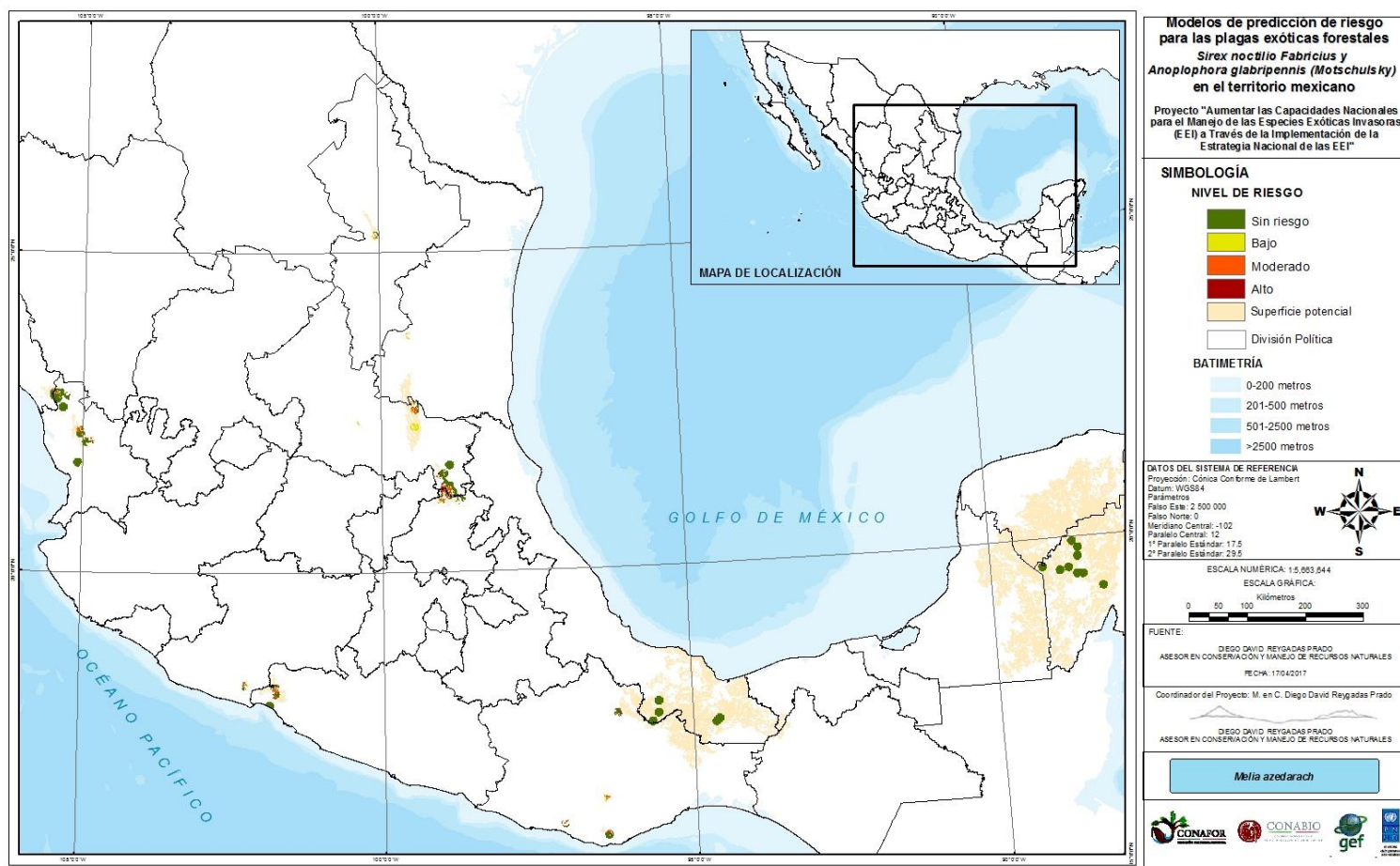


Figura 38. Mapa de riesgo para *Melia azedarach* (Model Buidier)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

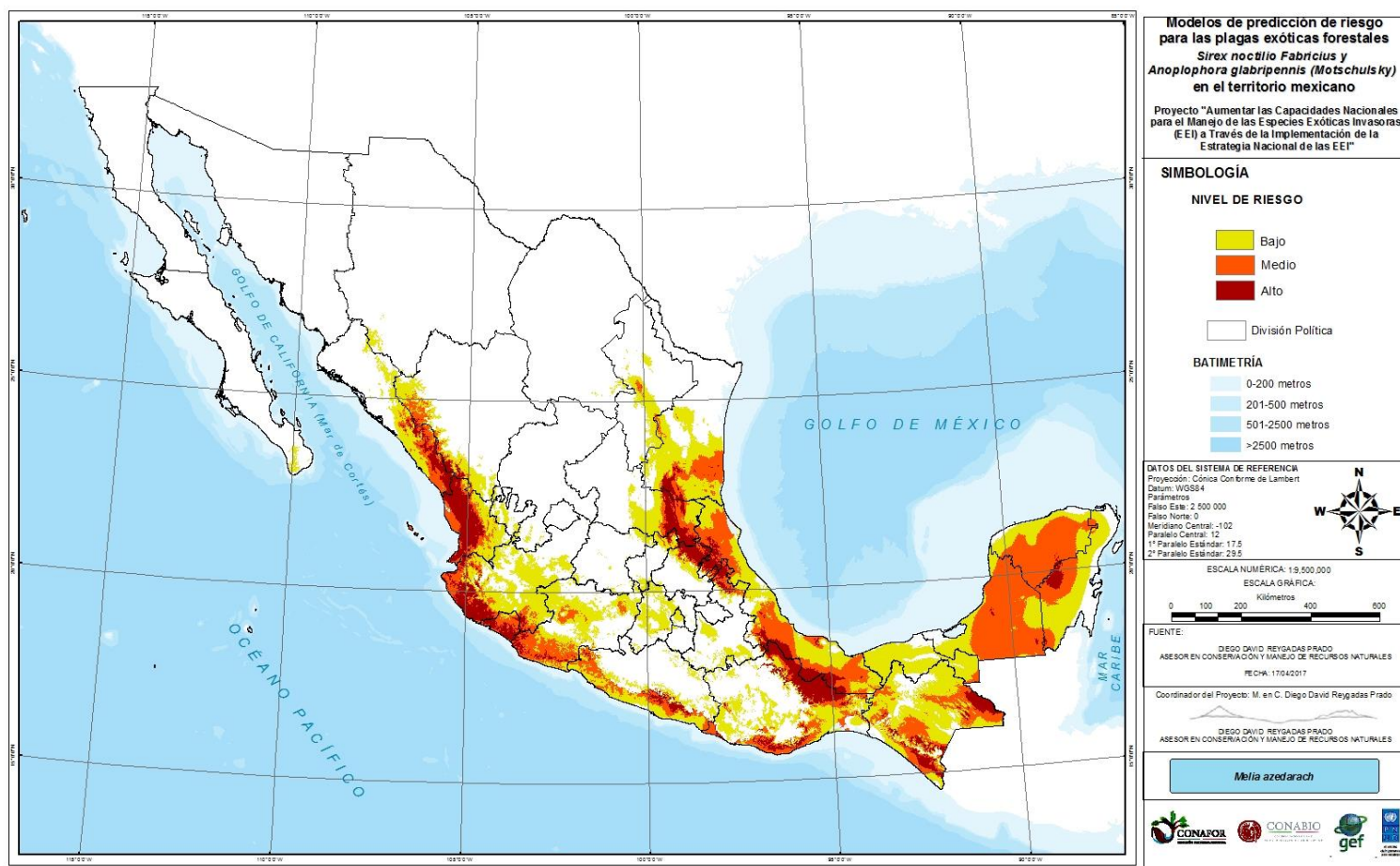


Figura 39. Mapa de riesgo para *Melia azedarach* (MaxEnt)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

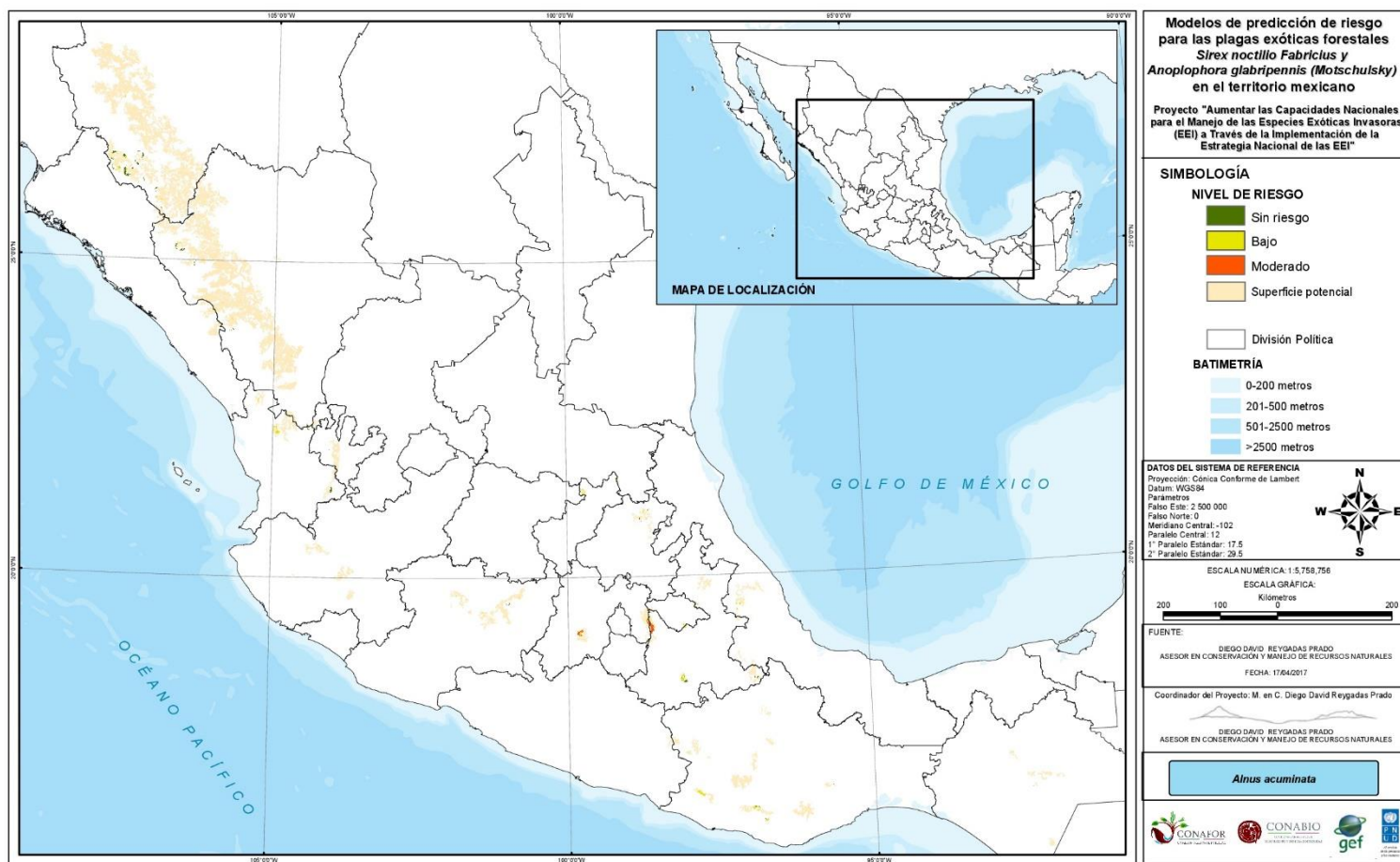


Figura 40. Mapa de riesgo para *Alnus acuminata* (Model Buidet)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

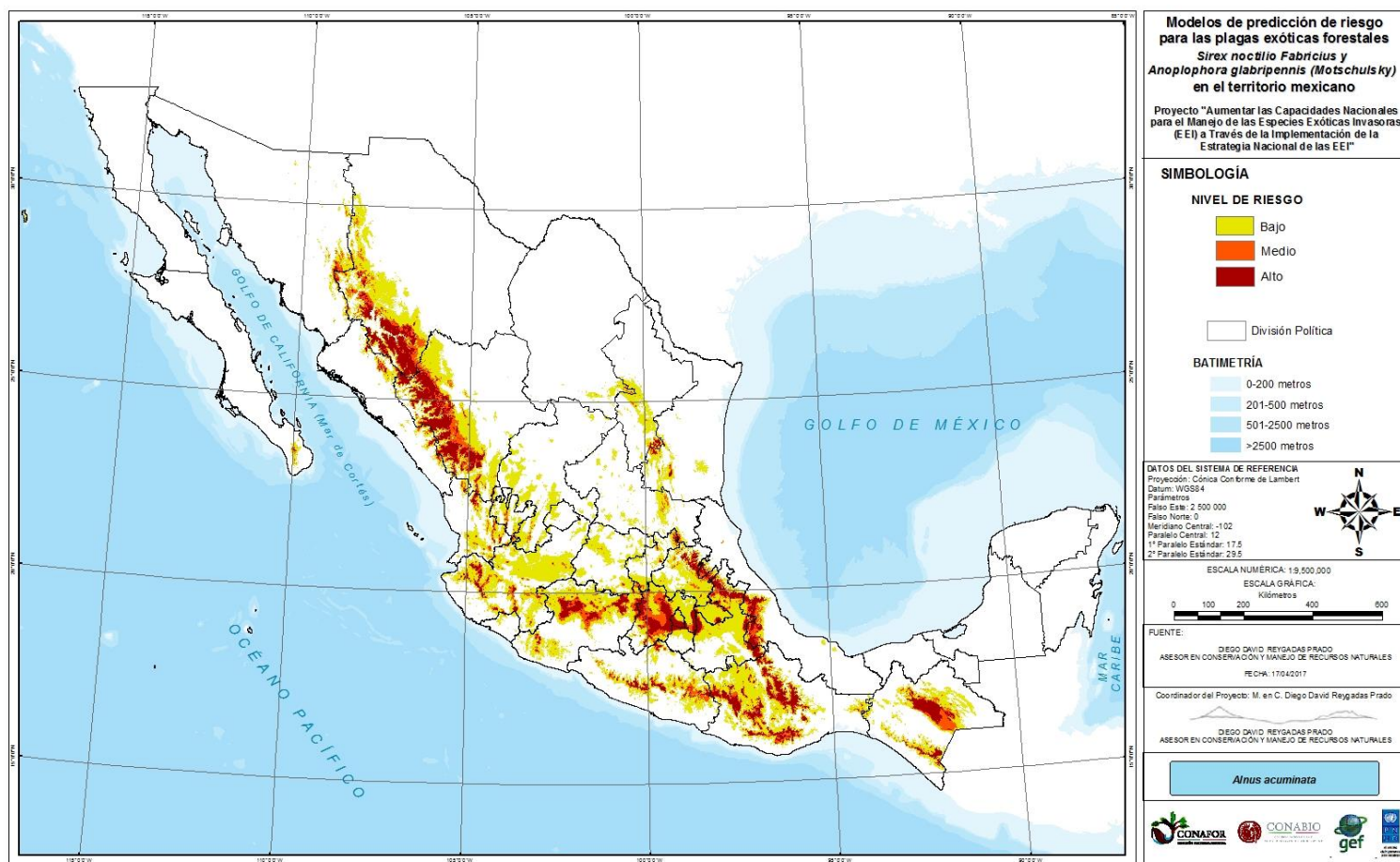


Figura 41. Mapa de riesgo para *Alnus acuminata* (MaxEnt)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

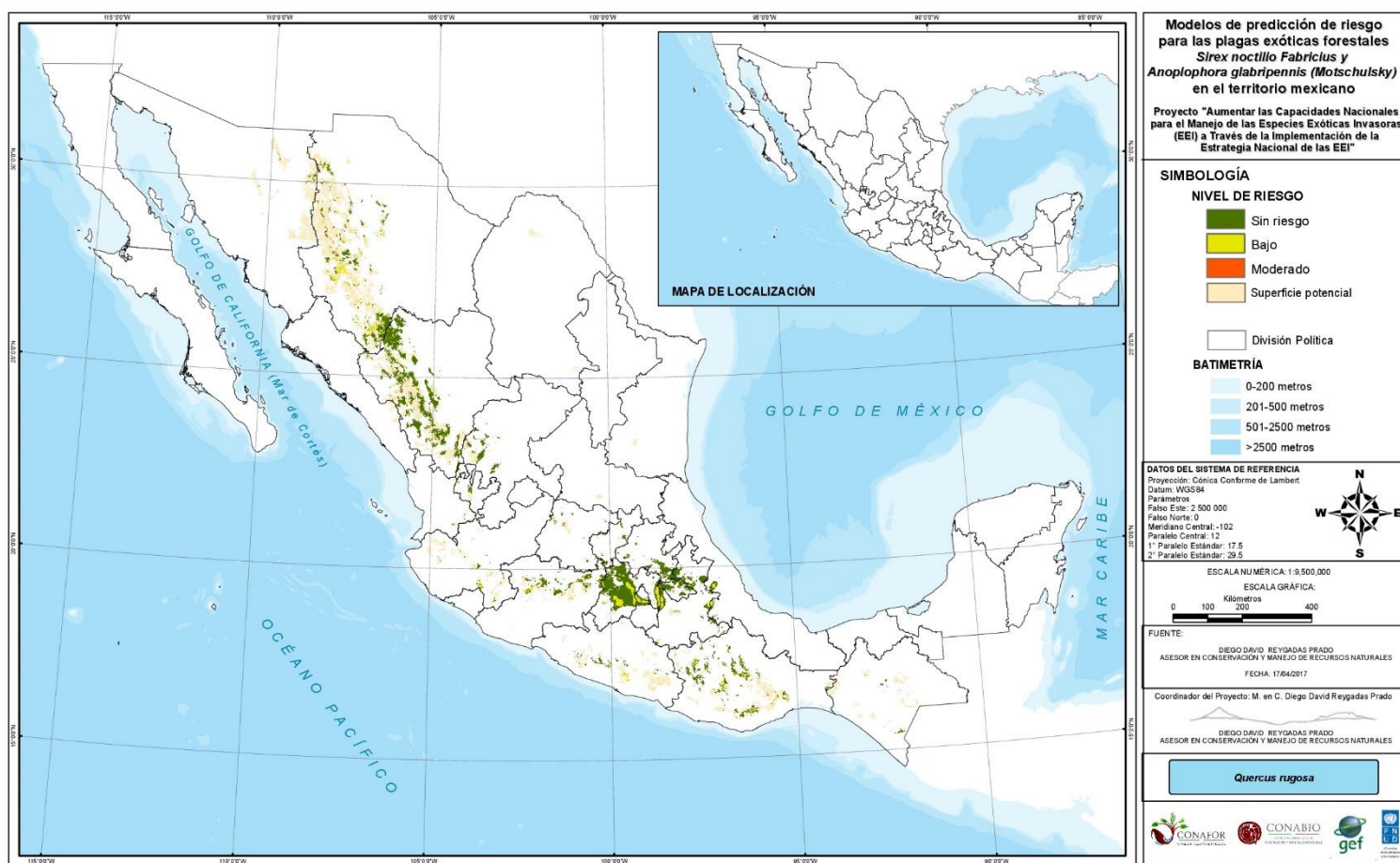


Figura 42. Mapa de riesgo para *Quercus rugosa* (Model Buidar)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

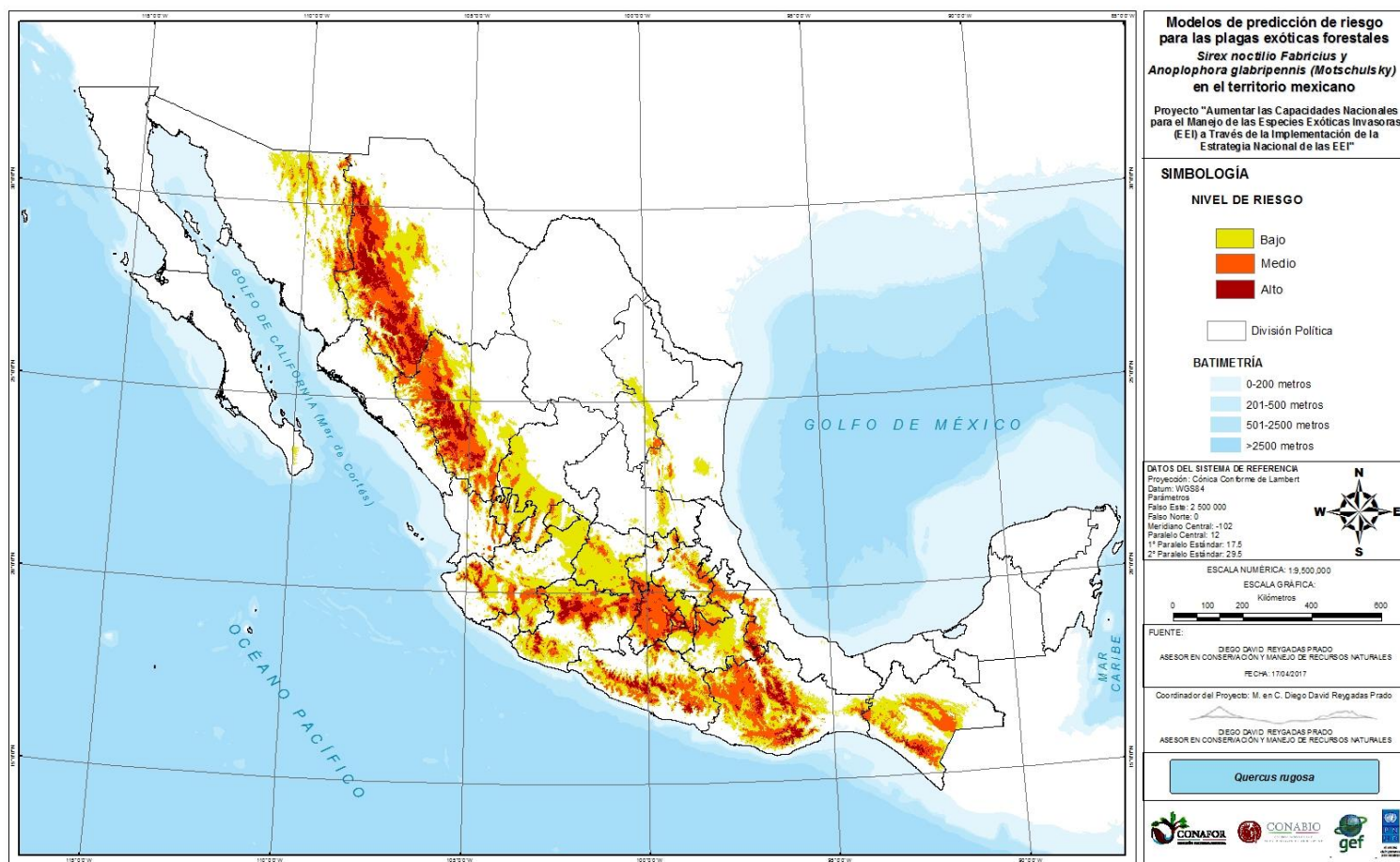


Figura 43. Mapa de riesgo para *Quercus rugosa* (MaxEnt)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"



Figura 44. Mapa de riesgo para *Quercus crassifolia* (Model Buiden)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

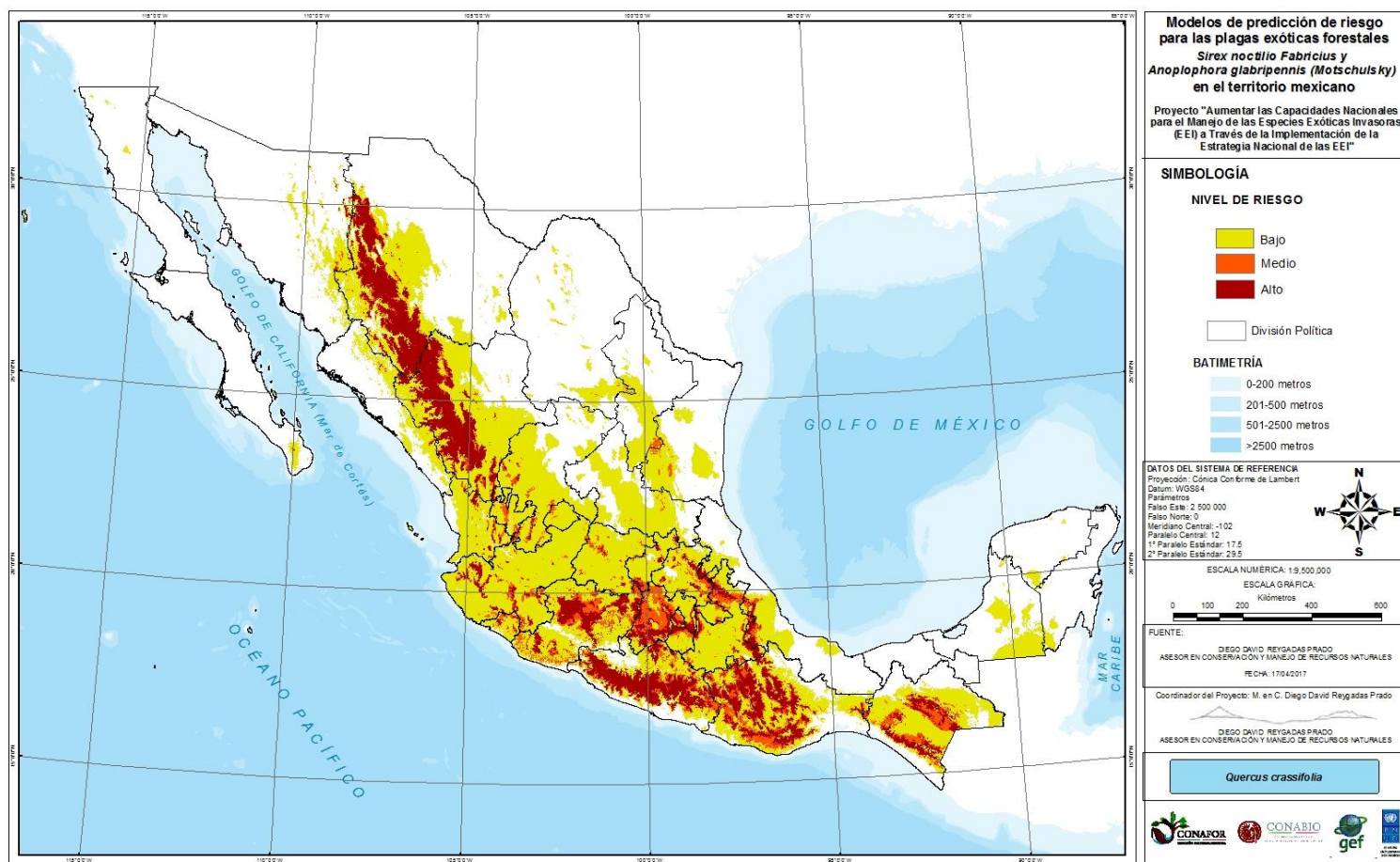


Figura 45. Mapa de riesgo para *Quercus crassifolia* (MaxEnt)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

Por último, en la Figura 46 se muestra la distribución de las áreas potenciales de riesgo basadas en todos los hospederos considerados en el presente trabajo para el caso del modelado con Model Builder



Figura 46. Mapa de riesgo para *Anoplophora glabripennis* (Model Builder)

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el caso de los resultados obtenidos mediante el método de multicriterio los niveles de riesgo son más acotados y en general se localizan en las escalas de bajo y moderado, lo cual se considera es debido a la variable de árboles por hectárea que se incluye en el modelado y que en la mayoría de los casos se concentra en un número de árboles por hectárea menores a 500 reduciendo niveles de riesgo más altos que se asocian con el incremento en la densidad del arbolado.

Aunado a lo anterior para este modelado los rangos ambientales establecidos para las especies de hospederos de *Anoplophora glabripennis* son en general amplios, discriminando el número de píxeles en donde dichos hospederos se encuentran en potenciales niveles de estrés que induzcan a niveles de riesgo más elevados.

Las ponderaciones empleadas para obtener la susceptibilidad y la vulnerabilidad fueron iguales (50 por ciento), ya que no existe una marcada diferencia entre el porcentaje de individuos que son susceptibles al ataque de *Anoplophora glabripennis* y los que mueren una vez que el arbolado es afectado, y en consecuencia los niveles de riesgo se considera que no se vieron influenciados de forma importante por esta asignación de pesos.

Si bien los rangos de riesgo no son elevados en términos generales, la superficie potencial puede acrecentarse si se toma en cuenta la co-existencia de muchos de los hospederos seleccionados con otras especies que pueden ser atacadas por *Anoplophora glabripennis*.

Respecto a los resultados del modelado con MaxEnt, los niveles de riesgo son similares a los obtenidos con el método multicriterio, pero con localización en áreas más extensas, debido a que este método solo considera variables ambientales y dada la amplitud de valores que éstas tienen en nuestro territorio derivado de la orografía y la latitud, la amplitud de áreas se incrementa.

No obstante, hay una coincidencia importante en la distribución general de cada nivel de riesgo obtenida con ambos métodos, lo cual da certeza de los procesos de modelado.

En la tabla siguiente se muestra un resumen de la superficie por nivel de riesgo para los hospederos de *Anoplophora glabripennis*.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano"

Tabla 15. Superficie por nivel de riesgo estimada para los hospederos de *Anoplophora glabripennis*

Especie hospedante	Niveles de riesgo				Total
	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto	
<i>Acer grandidentatum</i>	17509.21618	0	0	0	17509.21618
<i>Alnus acuminata</i>	43416.89369	14051.47001	0	0	57468.3637
<i>Fraxinus uhdei</i>	289040.9688	253701.1864	465.625	0	543207.7802
<i>Melia azedarach</i>	32254.65791	70730.34512	11019.39247	0	114004.3955
<i>Populus alba</i>	2049178.702	0	0	0	2049178.702
<i>Populus tremuloides</i>	448447.9981	319228.3689	0	0	767676.367
<i>Platanus mexicana</i>	9363.269157	27332.18594	3231.009722	500	40426.46482
<i>Quercus crassifolia</i>	735386.5834	12824.42517	0	0	748211.0086
<i>Quercus rugosa</i>	740371.991	3892.114258	0	0	744264.1053
<i>Salix babylonica</i>	9471.28085	4409.890884	0	0	13881.17173
<i>Salix bonplandiana</i>	23407.84037	42005.05114	100	0	65512.89151
<i>Ulmus mexicana</i>	16464.36056	104328.9418	15345.92872	0	136139.2311
Total	4414313.762	852503.9796	30161.95592	500	5297479.697

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El número de árboles por hectárea reducido, esto es, por debajo de los 500 árboles por hectárea propiciaron que los niveles de riesgo fueran bajos, por lo que es importante conocer el comportamiento de los datos de regeneración del inventario nacional forestal y su posible consideración en el modelado.

Para las especies con un amplio rango de distribución la superficie con mayor nivel de riesgo deberá ser monitoreada a fin de contar con una alerta temprana y establecimiento oportuno de medidas de control.

Para las especies con un amplio rango de distribución se tendrá que tener mayor cuidado en los métodos de control, mientras que aquellas con distribución restringida se deberá intensificar el monitoreo a fin de evitar su infestación y pérdida de un número importante de arbolado, en especial si cuentan con individuos jóvenes.

Es recomendable que se capacite a personal de la CONAFOR que realiza el monitoreo, así como a los manejadores y dueños de bosques en procesos de aprovechamiento acerca de este agente causal, ya que como lo mencionan algunas fuentes consultadas el control es costoso.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Los dos modelos son útiles para establecer niveles de riesgo y, en ambos casos, el contar con más información de la distribución y condiciones de los hospederos mejorará las predicciones, por lo que contar con información de calidad y cantidad del inventario nacional forestal es de vital importancia para este tipo de trabajos.

Se recomienda contar con datos de diámetros normales y número de árboles por hectárea y su correspondiente ubicación para las plantaciones forestales comerciales para su modelado, ya que éstas pueden ser áreas con niveles de riesgo elevados.

Se recomienda emplear los resultados de MaxEnt como áreas de distribución potencial ponderadas dentro del contexto del modelado con el método de multicriterio.

A continuación, se establecen conclusiones para cada especie modelada mediante el método de análisis multicriterio, prescindiendo de las mismas en el caso del modelado con MaxEnt debido a los resultados un tanto generales obtenidos mediante este método.

El nivel de riesgo obtenido con el método de análisis multicriterio para *Acer grandidentatum* fue bajo, con una superficie de 17,509.21 hectáreas distribuido en los estados de Chihuahua y Coahuila en zonas distante a los probables puntos de ingreso de *Anoplophora glabripennis* al país. Derivado de lo anterior se considera de baja prioridad en los programas de monitoreo y alerta temprana de las zonas forestales.

En el caso de *Alnus acuminata* el riesgo derivado del modelado con análisis multicriterio corresponde a los niveles bajo y moderado, con superficies de 43,416.89 y 14,051.47 hectáreas respectivamente. Dichos niveles de riesgo están distribuidos en los estados de Chihuahua, Durango, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Puebla, Hidalgo, Estado de México, Veracruz, Oaxaca y Chiapas, determinando que las zonas con mayor superficie de riesgo moderado se encuentran en el estado de México. Se considera que dichas áreas deberán ser consideradas como áreas prioritarias en los programas de monitoreo, por su valor ecológico y escénico.

Por lo que respecta a *Fraxinus uhdei*, los niveles de riesgo obtenidos mediante Model Builder son: bajo, moderado y alto. Para dichos niveles se obtuvieron 289,040.96; 253,701.18 y 465.62 hectáreas para los niveles bajo, moderado y alto respectivamente. Tales niveles de riesgo se localizan en los estados de Sonora, Zacatecas, Jalisco, Michoacán, Estado de México, Chiapas Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Chihuahua, Durango, siendo estos últimos cuatro estados los que presentan la mayor cantidad de superficie con riesgo moderado y alto. Considerando que por la frontera de Chihuahua se mueven aproximadamente 200 mil piezas de tarimas y 2,600 m³ de madera aserrada, le confieren a un valor prioritario de vigilancia, tanto en los puntos de ingreso de estos productos como las áreas forestales cercanas.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Los niveles de riesgo obtenidos con el método de análisis multicriterio para ***Melia azedarach*** fueron: bajo, moderado y alto. Para dichos niveles se obtuvieron 32,254.65; 70,730.34 y 11,019.39 hectáreas para los niveles bajo, moderado y alto respectivamente. Tales niveles de riesgo se localizan en los estados de Sinaloa, Nayarit, San Luis Potosí, Hidalgo, Michoacán, Guerrero, Veracruz, Oaxaca y Quintana Roo. Es importante señalar, que si bien San Luis Potosí presenta la mayor cantidad de superficie con categoría alta, es Oaxaca la que presenta una cercanía mayor a punto de posible ingreso como lo es el Puerto de Salina Cruz. A pesar que los registros de importación de madera aserrada y tarimas es nulo, sin embargo, material de embalaje puede ser el vector de ingreso al país.

El nivel de riesgo obtenido con el método de análisis multicriterio para ***Populus alba*** fue bajo, con una superficie de 2'049,178.70 hectáreas distribuido en los estados de Colima, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Tamaulipas, Guerrero, Estado de México, Puebla, Tlaxcala, Morelos y Ciudad de México. Sin embargo, deberán ser monitoreadas las zonas correspondientes en los estados de Colima y Jalisco, debido a la cantidad de madera que se importa por el Puerto de manzanillo (1'415,786.0982 m³). Con referencia a los estados del centro del país y sus zonas forestales, estos presentan la mayor superficie con nivel de riesgo bajo, no obstante, su cercanía a la Estación de Pantaco en la Ciudad de México, se recomienda tener especial atención en el monitoreo y alerta temprana de las zonas forestales aledañas a la Ciudad de México y el Estado de México, debido al volumen de tarimas de madera que ingresan por estas instalaciones de importación.

La especie ***Populus tremuloides*** presentó niveles bajo y moderado, derivado del modelado con análisis multicriterio mediante Model Builder, con superficies de 448,447.99 y 319,228.36 hectáreas respectivamente. Dichos niveles de riesgo están distribuidos en los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Nuevo León y Tamaulipas, observando que la mayor superficie de riesgo moderado se concentra en la zona limítrofe de los estados de Chihuahua y Durango, la cual es considerada como susceptible a la afectación por plagas nativas y exóticas, y por ende de importancia fitosanitaria. Es por lo anterior, que dicha zona deberá ser considerada como prioritaria en los programas de monitoreo.

Los niveles de riesgo obtenidos para ***Platanus mexicana*** fueron: bajo, moderado, alto y muy alto, con superficies de 9,363.26; 27,332.18; 3,231.00 y 500.00 hectáreas respectivamente. Las superficies se localizan en los estados de San Luis Potosí, Michoacán, Oaxaca y Chiapas, siendo estos dos últimos estados los que presentan superficies con niveles de riesgo alto y muy alto. Es importante señalar, que la zona forestal de Oaxaca señalada en el mapa correspondiente a *Platanus mexicana*, presenta una mayor cercanía a un punto de posible ingreso como es el Puerto de Salina Cruz. A pesar que no se presentan registros de importación de madera aserrada y tarimas, es importante considerar estas áreas dentro de zonas prioritarias para monitoreo.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

En el caso de *Quercus crassifolia* el riesgo derivado del modelado con Model Builder corresponde a los niveles bajo y moderado, con superficies de 735,386.58 y 12,824.42 hectáreas respectivamente. Dichos niveles de riesgo están distribuidos en los estados donde se ubica la Sierra Madre Occidental, Eje Neovolcánico y Sierra del Sur, ubicando la mayor superficie de riesgo moderado en el estado de Oaxaca. Considerando que la Sierra Norte y Sierra Sur del estado deberán ser consideradas como áreas prioritarias en los programas de monitoreo.

Los niveles de riesgo obtenidos con el método de análisis multicriterio para *Quercus rugosa* corresponden a niveles bajo y moderado, con superficies de 740,371.99 y 3,892.11 hectáreas respectivamente. Dichos niveles de riesgo están distribuidos en los estados donde se ubica la Sierra Madre Occidental, Eje Neovolcánico y Sierra del Sur, ubicando la mayor superficie de riesgo moderado en el estado de Oaxaca y Michoacán. De la información cartográfica se desprende que el Parque Nacional Benito Juárez y el Parque Nacional Pico de Tancítaro, deberán ser consideradas prioritarias en los programas de monitoreo, en virtud de su valor ecológico y escénico.

Por lo que respecta a *Salix babylonica*, los niveles de riesgo obtenidos mediante Model Builder son: bajo y moderado. Para dichos niveles se obtuvieron 9,471.28 y 4,409.89 hectáreas para los niveles bajo y moderado respectivamente, distribuidos en los estados de Oaxaca, Guanajuato y Chiapas, siendo estos dos últimos estados los que mayor superficie de nivel moderado presentan, sin embargo, las zonas se localizan distantes de los posibles puntos de ingreso de *Anoplophora glabripennis* al país. Derivado de lo anterior se considera de baja prioridad en los programas de monitoreo y alerta temprana de las zonas forestales.

Los niveles de riesgo obtenidos para *Salix bonplandiana* fueron: bajo, moderado y alto, con superficies de 23,407.84; 42,005.05 y 100.00 hectáreas respectivamente. Las superficies se localizan en los estados de Nayarit, Puebla, Guerrero, Chiapas, Chihuahua y Durango, siendo estos dos últimos estados los que presentan superficies con niveles de riesgo moderado y alto. Sin embargo, a nivel nacional, son pequeñas superficies dispersas y alejadas de los posibles puntos de ingreso, por lo que considera una especie de baja prioridad en cuanto a su consideración para monitoreo.

Los niveles de riesgo obtenidos con el método de análisis multicriterio para *Ulmus mexicana* fueron: bajo, moderado y alto. Para dichos niveles se obtuvieron 16,464.36; 104,328.94 y 15,345.92 hectáreas para los niveles bajo, moderado y alto respectivamente. Estos niveles de riesgo se localizan principalmente en los estados de Guerrero, Veracruz, Puebla, Oaxaca, Chiapas y Quintana Roo. De la información cartográfica se desprende que tanto la zona frontera entre Guerrero y Puebla como de Oaxaca y Veracruz, deberán ser consideradas prioritarias en los programas de monitoreo, siendo esta última, la que más próxima se encuentra al Puerto de Salina Cruz.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Por otra parte, la suma de todas las superficies con los distintos niveles de riesgo para todos los hospederos representa una superficie que, si bien no incrementa el nivel de riesgo en general, si motiva preocupación en el caso de establecimiento de *Anoplophora glabripennis*, pues se obtuvieron superficies de 4,414,313.76 hectáreas con riesgo bajo; 852,503.97 hectáreas con riesgo moderado y 30,161.95 hectáreas con riesgo alto y 500.00 hectáreas con riesgo muy alto, distribuidas en 27 estados de la República Mexicana.

Los aspectos anteriores aunado a la presencia de otras plagas como los descortezadores complicaría el escenario de control de esta plaga, por lo que es importante señalar que se deberán establecer programas de capacitación para la identificación de estas especies exóticas, diseñar protocolos de control y combate, así como los canales de comunicación que permitan una rápida respuesta por parte de las dependencias responsables, ante una identificación positiva.

10. BIBLIOGRAFÍA

Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS). 2016. Asian Longhorned Beetle About. USDA- Fecha de actualización: 15 de noviembre de 2016.

<https://www.aphis.usda.gov/aphis/resources/pests-diseases/asian-longhorned-beetle/About-ALB>.

Araujo, B. M. & Guisan, A. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. Journal of Biogeography (J. Biogeogr.) (2006) 33, 1677–1688.

Arizaga, S., Martínez Cruz, J., Salcedo-Cabral, M. & Bello-González, M. A. 2009. Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). 146 p.

Ayala, M. & Solano, E. 2011. Flora del Valle Tehuacán-Cuicatlán (Fascículo 87). Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 21 pp.

Botello, F., V. Sánchez-Cordero y M. A. Ortega-Huerta. 2015. Disponibilidad de hábitats adecuados para especies de mamíferos a escalas regional (estado de Guerrero) y nacional. México. Rev. Mex. Biodiv. vol.86 no.1.

Brabbs, T., Collins, D., Hérard, F., Maspero, M. & Eyre, D. 2014. Prospects for the use of biological control agents against *Anoplophora* in Europe. Pest Management Science 71(1): 7-14.

Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI). 2016. *Anoplophora glabripennis* (Asian longhorned beetle). Fecha de actualización: 03 de agosto 2016.

<http://www.cabi.org/isc/datasheet/5557>

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). *Ulmus mexicana*. Fecha de actualización: 21 de septiembre del 2016.

<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0008s/A0008s91.pdf>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2016. Sistema de información sobre especies invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Fecha de actualización: 03 de agosto 2016.

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

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) *Salix babylonica*. Fecha de actualización: 9 de noviembre del 2016.

<http://naturalista.conabio.gob.mx/taxa/58316-Salix-babylonica>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) *Salix bonplandiana*. Fecha de actualización: 9 de noviembre del 2016.

http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/62-salic2m.pdf

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) *Platanus mexicana*. Fecha de actualización: 9 de noviembre del 2016.

http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/56-plata1m.pdf

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) *Populus alba*. Fecha de actualización: 9 de noviembre del 2016.

<http://www.naturalista.mx/taxa/47570-Populus-alba>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) *Populus tremuloides*. Fecha de actualización: 9 de noviembre del 2016.

<http://www.naturalista.mx/taxa/54840-Populus-tremuloides>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). *Melia azedarach*. Fecha de actualización: 9 de noviembre del 2016.

<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/meliaceae/melia-azedarach/fichas/ficha.htm>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)-Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Fecha de actualización: 12 de noviembre de 2016.

<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/meliaceae/meliaazedarach/fichas/ficha.htm>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)-Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Fecha de actualización 12 noviembre de 2016.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/9-betul1m.pdf

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)-Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Fecha de actualización 12 noviembre de 2016.

<http://www.CONAFOR.gob.mx:8080/documentos/docs/13/995Quercus%20rugosa.pdf>

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)-SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN FORESTAL (SNIF)-SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). Fecha de actualización: 9 de noviembre de 2016.

<file:///C:/Users/Diego/Downloads/SalixBonplandiana.pdf>

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)-SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN FORESTAL (SNIF)-SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). Fecha de actualización: 1 de noviembre de 2016.

<http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/usos/fichas-snif>

Departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA). 2016. Fecha de actualización: 05 de agosto del 2016.

<http://pest.ceris.purdue.edu/map.php?code=ISBBADA#>

Diario Oficial de la Federación. Notas explicativas de la tarifa arancelaria. (D.O.F. 2 de julio 2007).

Eleazar Carranza, G. 1995. Flora del Bajío y regiones adyacentes (Fascículo 37). Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional del Bajío Pátzcuaro, Michoacán. Fecha de actualización: 29 octubre de 2016.

<http://www1.inecol.edu.mx/publicaciones/resumeness/FLOBA/Flora%2037.pdf>

Elith, J., Graham, C., Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R., Huettmann, F., Leathwick, J. & Lehmann, A. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29: 129-151.

Especies forestales de uso tradicional en el Estado de Veracruz. *Ulmus mexicana*. Fecha de actualización 12 de noviembre de 2016.

<http://www.verarboles.com/Zempoalehuatl/zempoalehuatl.html>

Environmental Systems Research Institute (ESRI). 2014. ArcGis for Desktop.

<http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/main/get-started/whats-new-in-arcgis.htm>

European & Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). 2016. Erradication programme in Italy (April 2009). Fecha de actualización 15 de noviembre de 2016.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

https://www.eppo.int/QUARANTINE/special_topics/anoplophora_glabripennis/ANOLGL_IT.htm

Gilman, E. & Watson, D. 1993. *Acer grandidentatum*, Bigtooth Maple. Fecha de actualización: 7 de noviembre de 2016.

http://hort.ufl.edu/database/documents/pdf/tree_fact_sheets/acegraa.pdf

Global Invasive Species Database (GISD). 2016. *Anoplophora glabripennis*. Fecha de actualización: 29 de julio del 2016.

<http://www.iucngisd.org/gisd/speciesname/Anoplophora+glabripennis>

Hernández, P. A., Graham, C. H., Master, L. L. & Albert, D. L. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, 29: 773-785.

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 (15): 1965–78. doi:10.1002/joc.1276.

Hu, J., Angeli, S., Schuetz, S., Luo, Y. & Hajek, A. 2009. Ecology and management of exotic and endemic Asian longhorned beetle *Anoplophora glabripennis*. *Agricultural and Forest Entomology*. 11:359-375.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Mapa de Estados Unidos Mexicanos. Climas. Fecha de actualización 15 de noviembre de 2016.

<http://cuentame.inegi.org.mx/mapas/pdf/nacional/tematicos/climas.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Estadísticas de la balanza comercial de mercancías de México. Fecha de actualización 22 de julio de 2016.

http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?proy=comex_2012

Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS). 2016. Datos proporcionados por la Comisión Nacional Forestal. Agosto de 2016.

Li, W. & Wu, C. 1993 Integrated Management of Longhorn Beetles Damaging Poplar Trees. Forest Press, China [In Chinese].

Lingafelter, S. W. & Hoebeke, E. R. 2002. Revisión of *Anoplophora* (Coleoptera: cerambycidae). Washington, D.C. Entomological Society of Washington. 236 p. ISBN: 0-9720714-1-5.

Liu, C., Berry, P. M. Dawson, T. P. & Pearson, R. G. 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, 28 (2005), pp. 385–393.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

MacLeod, A., Evans, H.F. & Baker, R.H.A. 2002. An analysis of pest risk from an Asian longhorn beetle (*Anoplophora glabripennis*) to hardwood trees in the European community. *Crop Protection*, 21, 635–645.

Margules, C. R. & Sarkar, S. 2007. *Systematic conservation planning*. Cambridge University Press. UK. 270 pp.

Martínez González, R. E. & González Villarreal, L. M. 2002. La Familia Salicaceae (*Populus*), en el estado de Jalisco, México. Instituto de Botánica, Departamento de Botánica y Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara.

Moruela-Holme, N., Flojgaard, C. & Svenning, J. C. 2010. Climate change risk and conservation implications for a threatened small-range mammal species. *PLoS ONE*, 5, p. e10360 doi: 10.1371/journal.pone.0010360

Naturalista. Álamo temblón (*Populus tremuloides*). Fecha de actualización: 14 de junio de 2017.

http://www.naturalista.mx/taxa/54840-Populus-tremuloides#Distribuci.C3.B3n_y_h.C3.A1bitat

Niembro, R. A. 1990. Árboles y arbustos útiles de México. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Bosques. Editorial Limusa. 206 p.

Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias NIMF n.º 15. Directrices para reglamentar el embalaje de madera utilizado en el comercio internacional (NIMF n.º 15, 2002).

Norma Oficial Mexicana NOM-016-SEMARNAT-2013. Importación de madera aserrada nueva (D.O.F. 4 marzo 2013).

Norma Oficial Mexicana NOM-144-SEMARNAT-2004. Medidas fitosanitarias reconocidas internacionalmente para el embalaje de madera, que se utiliza en el comercio internacional de bienes y mercancías (D.O.F. 18 enero 2005).

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. (D.O.F. 30 diciembre 2010).

Parker, L. B., Skinner M., Dodds, K. & Bohne, M. 2012. Asian Longhorned Beetle and its Host Trees. Vermont University and USDA-FS Northeastern Area. 64 p.

Phillips, S. J. Anderson, R. P. & Schapire, R. E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190 (2006), pp. 231–259

Phillips, S. J. & Dudík, M. 2008. “Modeling of Species Distributions with MaxEnt: New Extensions and a Comprehensive Evaluation.” *Ecography* 31 (2): 161–75. doi:10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). 2016. Base de datos de importaciones de madera aserrada. Información proporcionada por el Área de Inspección Ambiental de Puertos, Aeropuertos y Fronteras. Fecha de actualización: junio de 2016.

SAGARPA-SENASICA. 2011. Potencial de introducción y establecimiento escarabajo asiático de los cuernos *Anoplophora chinensis*. Fecha de actualización: 03 de agosto del 2016.

<http://studylib.es/doc/915556/potencial-de-introducci%C3%B3n-y-establecimiento>

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2003. Alerta Fitosanitaria: Escarabajo asiático de cuernos largos. *Anoplophora glabripennis* – *Coleoptera*.

Sistema de información comercial vía internet (SIAVI4)-SECRETARIA DE ECONOMÍA. 2016. Fecha de actualización: 10 de julio de 2016.

<http://www.economia-snci.gob.mx/siavi4/partida.php>

Sjöman, H., Östberg, J. & Nilsson, J. 2014. Review of Host Trees for the Wood-Boring Pests *Anoplophora glabripennis* and *Anoplophora chinensis*: An Urban Forest Perspective.

Takahashi, N. & Ito, M. 2005. Detection and eradication of the Asian longhorned beetle in Yokohama, Japan. Res. Bull. Plant Protection Serv. 41: 83-85.

Tognelli, M.F., Roig-Junent, S.A., Marvaldi, A.E., Flores, G.E. & Lobo, J.M. 2009 An evaluation of methods for modelling distribution of Patagonian insects. Revista Chilena De Historia Natural, 82, 347–360.

Tomiczek C., Krehan H. & Menschhorn, P. 2002. Dangerous Asiatic longicorn beetle found in Austria new danger for our trees? Allg. Forst Z. Waldwirtschaft Umweltvorsorge 57: 52–54.

USDA, Forest Service, Northern Research Station and Forest Health Protection. “Alien Forest Pest Explorer - species map.” Database last updated 28 July 2016. Fecha de actualización: 15 de noviembre de 2016.

<http://foresthealth.fs.usda.gov/portal/Flex/APE>

USDA, Forest Service. 2015. Asian Longhorned Beetle Eradication Program. Final Programmatic Environmental Impact Statement. 102p.

Proyecto GEF-Invasoras_Servicios de consultoría para integrar dos modelos de predicción de riesgo para las plagas exóticas forestales *Sirex noctilio* Fabricius y *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) en el territorio mexicano”

11. ANEXOS

11.1 Anexo 1 (cartografía)

11.2 Anexo 2 (modelos)

11.3 Anexo 3 (mapas)